



République Algérienne Démocratique et
Populaire Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique



Université Larbi Tébessi - Tébessa
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Mathématiques et Informatique

Mémoire de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme de **MASTER**
Domaine : Mathématiques et Informatique
Filière : Informatique
Option : Réseaux Et Sécurité Informatique

Thème

**Une ingénierie du trafic pour la
diffusion d'informations pour le
Fog Computing véhiculaire**

Présenté Par :

Djelbani Wafa

Encadrer par :

Mr A. Sahraoui MCB Université Larbi Tébessa Encadreur

Devant le jury :

Mr A. Metrouh MCB Université Larbi Tébessa Président

Mr Y. Menassel MAA Université Larbi Tébessa Examineur

Date de soutenance :

28 juin 2020

Une ingénierie du trafic pour la diffusion d'informations pour le Fog Computing véhiculaire

Djelbani Wafa
Université de Larbi Tébessi

*Le courage et la persévérance ont un talisman magique devant lequel les difficultés
Disparaissent et les obstacles s'évaporent.*

John Quincy Adams

Résumé

Le réseau de véhicules est un élément essentiel de système de transport intelligent. Ces systèmes couvrent de vastes domaines de la sécurité routière, améliorent les données de localisation et de navigation et échangent et diffusent des informations avec des meilleures performances. En particulier, le nombre croissant de véhicules sur les routes promet d'alléger la charge de trafic des réseaux cellulaires via une gestion efficace et intelligente. Cependant, le modèle traditionnel de communication véhicule à véhicule (V2V) souffre d'une connectivité intermittente, ce qui rend la qualité des services et les exigences de la latence ultra faible et difficiles. Bien que certaines solutions aient été étudiées pour répondre aux exigences de communication et de calcul de la gestion du trafic pour les villes intelligentes, elles sont loin d'être suffisantes.

En conséquence, un trafic de véhicules lent se produit fréquemment et le nombre de véhicules stationnés ne cesse d'augmenter. En particulier, dans de nombreuses zones urbaines, est un gros problème. Cela est généralement considéré comme un scénario de plus en plus complexe. Ce problème incite la communauté des chercheurs à considérer ce phénomène comme une nouvelle perspective et les véhicules lents coincés dans l'embouteillage d'énormes ressources informatiques inutilisées. Actuellement, plusieurs nouveaux paradigmes ont vu le jour pour résoudre ce problème à savoir le calcul de Fog véhiculaire (VFC). Ce paradigme utilise les véhicules comme infrastructure pour tirer le meilleur parti de ces moyens de communication et de calcul. L'objet de ce mémoire est de développer une ingénierie du trafic pour la diffusion d'informations en utilisant le paradigme Fog Computing Véhiculaire. L'objectif de cette ingénierie est d'assurer un niveau souhaité de la sécurité routière. En particulier, pour la dissémination d'information, nous proposons un mécanisme d'échange d'information Uplink/Downlink entre les serveurs Fog et les véhicules. La dissémination est effectuée seulement en utilisant la communication V2I(Vehicule-to-Infrastructure). De plus, nous proposons un ensemble des applications du trafic qui peuvent utiliser ce mécanisme comme une base pour améliorer leurs performances réseau. Dans la phase d'évaluation, nous développons un cadre de simulation sous OMNET++ pour évaluer les performances réseau de la proposition.

Mots clés : Fog Computing Véhiculaire (FCV), Cloud Computing Véhiculaire (CCV), Réseaux Véhiculaire, disséminations d'informations, Communication V2V, Communication V2I.

Abstract

The vehicle network is an essential element of intelligent transport systems. These systems cover large areas of road safety, improve location and navigation data, and exchange and disseminate information with better performance. In particular, the growing number of vehicles on the road promises to lighten the traffic load of cellular networks through efficient and intelligent management. However, the traditional vehicle-to-vehicle (V2V) ad hoc communication model suffers from intermittent connectivity, which makes service quality and latency requirements ultra low and difficult. Although some solutions have been studied to meet the communication and calculation requirements of traffic management for smart cities, they are far from sufficient.

As a result, slow vehicle traffic occurs frequently and the number of parked vehicles continues to increase. In particular, in many urban areas, is a big problem. This is generally considered to be an increasingly complex scenario. This problem prompts the research community to view this phenomenon as a new perspective and slow vehicles stuck in the traffic of huge unused IT resources. Currently, several new paradigms have emerged to solve this problem, namely vehicle fog calculation (VFC). This paradigm uses vehicles as an infrastructure to make the most of these means of communication and computing. The purpose of this thesis is to develop traffic engineering for the dissemination of information using the Fog Computing Vehicle paradigm. The objective of this engineering is to ensure a desired level of road safety. In particular, for the dissemination of information, we offer a Uplink / Downlink information exchange mechanism between Fog servers and vehicles. Dissemination is done only using V2I communication. In addition, we offer a set of traffic applications that can use this mechanism as a basis to improve their network performance. In the evaluation phase, we are developing a simulation framework under OMNET ++ to evaluate the network performance of the proposal.

Keywords : Vehicle Fog Computing (FCV), Vehicle Cloud Computing (CCV), Vehicle Networks, information dissemination, V2V Communication, V2I Communication.

ملخص

شبكة المركبات هي عنصر أساسي في أنظمة النقل الذكية. تغطي هذه الأنظمة مساحات كبيرة من السلامة على الطرق ، وتحسين بيانات الموقع والملاحة ، وتبادل المعلومات ونشرها بأداء أفضل. على وجه الخصوص ، يعد العدد المتزايد من المركبات على الطريق بتخفيف العبء المروري للشبكات الخلوية من خلال إدارة فعالة وذكية. ومع ذلك ، فإن نموذج التواصل المخصص التقليدي من مركبة إلى مركبة يعاني من الاتصال المتقطع ، مما يجعل جودة الخدمة ومتطلبات الكمون منخفضة للغاية وصعبة. على الرغم من دراسة بعض الحلول لتلبية متطلبات الاتصال والحساب لإدارة حركة المرور للمدن الذكية ، إلا أنها ليست كافية .

ونتيجة لذلك ، تحدث حركة المرور البطيئة بشكل متكرر ويستمر عدد المركبات المتوقفة في الزيادة. على وجه الخصوص ، في العديد من المناطق الحضرية ، مشكلة كبيرة. يعتبر هذا بشكل عام سيناريو معقد بشكل متزايد. تدفع هذه المشكلة مجتمع البحث إلى النظر إلى هذه الظاهرة على أنها منظور جديد ومركبات بطيئة عالقة في حركة مرور موارد تكنولوجيا المعلومات الضخمة غير المستخدمة. في الوقت الحالي ، ظهرت عدة نماذج جديدة لحل هذه المشكلة ، وهي حساب ضباب السيارة. يستخدم هذا النموذج المركبات كبنية تحتية لتحقيق أقصى استفادة من وسائل الاتصال والحوسبة هذه. الغرض من هذه الرسالة هو تطوير هندسة المرور لنشر المعلومات باستخدام نموذج مركبة الضباب. الهدف من هذه الهندسة هو ضمان المستوى المطلوب من السلامة على الطرق. على وجه الخصوص ، لنشر المعلومات ، نقدم آلية تبادل معلومات الإرسال / الوصلة الهابطة بين خوادم ومركبات الضباب. يتم النشر فقط باستخدام اتصال . بالإضافة إلى ذلك ، نقدم مجموعة من تطبيقات حركة المرور التي يمكنها استخدام هذه الآلية كأساس لتحسين أداء شبكتها. في مرحلة التقييم ، نقوم بتطوير إطار محاكاة لتقييم أداء الشبكة.

الكلمات الرئيسية: حوسبة ضباب السيارة ، الحوسبة السحابية للمركبة ، شبكات المركبات ، نشر المعلومات ، اتصالات المركبات إلى مركبات ، اتصالات المركبات إلى البنية التحتية .

Dédicace

A

Mes chers parents,

Mes Sœurs, Mes frères,

Mon Encadreur Dr. Sahraoui Abdellatif

Tous ceux qui me sont chers.

Remerciement

Avant tout, Mes remerciements vont tout premièrement à Dieu de m'avoir donnée le courage et la bonne volonté pour réaliser ce Modeste travail.

Je voudrai exprimer mes sincères remerciements à mon encadreur, le Dr. Sahraoui Abdellatif, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail, Merci.

À mon cher père, Dieu vous a sauvé et fait de vous un atout et une fierté pour nous. Rien ne peut suffire pour vous. Merci mon Père.

A ma très chère maman, aucune expression ne pourra exprimer mes sentiments envers vous, que dieux vous garde pour nous maman. Merci Maman.

À ma très chère sœur Sabrina et sa petite famille.

À mes chers frères Hassni, Waheb, Fayçel.

Amina mon ame soeur , ma soeur, juste une fille qui est devenue ma petite amie, puis un morceau de mon coeur, cette fille ne compense jamais.

À mes adorables petits neveux Djoud, Tassnim, Mezen, Mizou.

Il m'est impossible de ne pas remercier mes copines douja, hadjer, youna ceux qui savent adoucissent la route.

À mon cher voisin Saida et sa fille Ritej.

Un merci spécial à mon amie Oussama pour m'avoir aidé dans ce travail.

Enfin, je remercie tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin. Merci à tous.

Résumé.....	4
Abstract.....	5
ملخص	6
Dédicace	7
Remerciement	8
Introduction Générale.....	16

CHAPITRE01 : LES RÉSEAUX VÉHICULAIRES 18

1. Introduction.....	19
2. Les Systèmes de transports intelligent (STI).....	20
2.1. Définition.....	20
2.2. Le véhicule intelligent.....	21
2.3. Les technologies de communications dans les VANET.....	22
2.3.1. La communications radio.....	22
2.3.2. La communication sans fil.....	23
2.4. Les modes de communication.....	24
2.4.1. La communication de véhicule à véhicule (V2V).....	24
2.4.2. Communication Véhicule-à-Infrastructure (V2I).....	25
2.4.3. La communication hybride.....	25
2.5. Les domaines d'applications des STI.....	26
2.5.1. La gestion du trafic.....	26
2.5.2. La sûreté et la sécurité routières.....	27
3. La dissémination des informations.....	27
3.1. Les type de dissémination.....	28
3.1.1. La dissémination des informations de confort.....	28
3.1.2. La dissémination des informations de sécurité.....	28
3.2. Les stratégies de dissémination.....	28
3.2.1. La stratégie de diffusion.....	29
3.2.2. Les stratégies probabilistes.....	29

3.2.3.	Les stratégies géographiques	29
3.2.4.	Les messages orientée priorité	30
3.3.	Les types de message	30
3.3.1.	Message de contrôle	30
3.3.2.	Message d’alerte	30
3.3.3.	Autres types de messages	30
4.	La convergence des applications VANET vers les applications Fog Computing Véhiculaire.....	31
4.1.	Le Cloud Computing Véhiculaire (CCV).....	31
4.2.	Fog Computing Véhiculaire (FCV).....	32
4.2.1.	Les Avantages du Fog Computing Véhiculaire	34
4.2.2.	Interaction entre le Fog et les services cloud.....	35
5.	Les architectures Fog Computing véhiculaire pour la diffusion des informations	36
5.1.	architectures Vehicular Fog Computing (FCV).....	36
5.2.	Les architectures basées sur le Fog et le SDN (Software Defined Networks)	38
6.	Les données de dissémination d’information	39
7.	Conclusion	40

CHAPITRE02 : La dissémination des informations du trafic dans les environnements Fog Computing Véhiculaire (FCV)..... 41

1.	Introduction.....	42
2.	Les problèmes de dissémination d’information dans les réseaux véhiculaires	43
3.	Les applications de dissémination des informations	45
3.1.	Le crowdsourcing vidéo	45
3.2.	Map 3D pour Échange efficace de données	47
3.3.	Smart Traffic Lights	48
4.	Les techniques des disséminations d’informations	50
4.1.	Migration VM de machine virtuelle.....	50
4.2.	Codage	51
4.3.	Clustering.....	53
4.4.	Comparaison entre les techniques	55
5.	Conclusion	57

CHAPITRE03 : Un mécanisme d'échange des informations de trafic dans le Fog Computing Véhiculaire (FCV) 58

1. Introduction.....	59
2. Architecture Fog Computing pour l'échange d'information du trafic	60
2.1. Le principe de l'architecture	62
3. Mécanisme de la diffusion de données dans le FCV	63
3.1. Mécanisme de communication	63
3.2. Le mécanisme d'échange de données	65
4. Les algorithmes de traitement des messages	67
4.1. Algorithme de message de traitement de service Fog.....	67
4.2. Algorithme de message de manipuler de véhicule.....	68
5. Les applications Fog Computing Véhiculaire soutenant le mécanisme d'échange de données du trafic	69
5.1. Smart Parking.....	70
5.2. Systèmes d'avertissement de collision de véhicule	73
5.3. Les healthy véhicules	74
6. Conclusion	77

CHAPITRE04 : Implémentation et simulation 78

1. Introduction.....	79
2. Environnement de simulation	80
2.1. Simulateur OMNET++.....	80
2.1.1. Les Plateformes de simulation	81
3. Le scénario d'étude	83
3.1. L'architecture de la communication.....	83
3.2. L'application de dissémination d'information.....	84
4. Le projet DDVFC.....	85
4.1. Data Dissemination in Vehicular Fog Computing Project (DDVFC).....	85
4.2. Construire et exécuter des simulations	90

5. La simulation	91
5.1. Le lancement du projet	91
5.2. Le lancement du projet	95
5.3. Les résultats	99
6. Conclusion	102
Conclusion Générale	103
Bibliographies	104

Liste de tableaux

<i>Tableau 1 : Comparaison entre les techniques.</i>	55
<i>Tableau 2 : Paramètres de simulation.</i>	95

Liste de Figures

Figure 1 : Exemple d'un système de transport intelligent.....	20
Figure 2: Les éléments constituant le véhicule intelligent. [4].....	21
Figure 3 : La communication V2V	24
Figure 4 : La communication Véhicule à Infrastructure (V2I).....	25
Figure 5: La communication hybride [6]	26
Figure 6: Comparaison du nombre de sauts, de la latence et de la bande passante des nœuds périphériques au cloud [17].....	36
Figure 7: Architecture de Fog Computing véhiculaire [18].....	37
Figure 8: architecture de Fog Computing en SDN dans les réseaux véhiculaires.....	39
<hr/>	
Figure 9: Applications véhiculaires basées sur le crowdsourcing vidéo [28]	47
Figure 10: Smart Traffic Light System utilisant Fog Computing.....	50
Figure 11: Un exemple de codage d'index pour la diffusion de données	52
<hr/>	
Figure 12: L'architecture Fog Computing Véhiculaire (FCV) proposer à trois couches.	60
Figure 13: Communication inter-véhicules/Communication extra-véhicules.....	64
Figure 14: Communication Fog vers le cloud	65
Figure 15: Interactions entre véhicules et parking.....	72
Figure 16: Diagramme de séquence de Systèmes d'avertissement de collision de véhicule ...	74
Figure 17 : Diagramme de séquence pour l'efficacité de healthy véhicules.....	76
<hr/>	
Figure 18 : L'architecture de communication des véhicules.....	84
Figure 19 : DataDisseminationApp	85

Liste de figures

Figure 20 : les dossier Src	Figure 21 : Le Dossier Siulation.	86
Figure 22 : le fichier de configuration Omnetpp.ini		87
Figure 23 : FogServeur.....		87
Figure 24 : LTEAccesPoint.....		88
Figure 25 : Un noeud véhiculaire		89
Figure 26 : Les descriptions des messages.....		90
Figure 27 : La topologie de notre projet.....		91
Figure 28 : IPv4 Configurator		92
Figure 29 : Channel Control.....		93
Figure 30 : Scenario Manager		94
Figure 31 : DataDisseminationFogServe		94
Figure 32 : DataDisseminationScenario.....		95
Figure 33 : Lancer une simulation		96
Figure 34 : L'échange de message entre les nœuds		97
Figure 35 : Messages d'événement 1		98
Figure 36 : Messages d'événement 2		99
Figure 37 : MacDelay graph.....		100
Figure 39 : Taux de perte		101
Figure 40 : Sentdownpackets.....		101

Introduction Générale

Avec l'évolution et la croissance rapides des grandes villes et des stratégies économiques, les Systèmes de Transport Intelligents (STI) deviennent un élément crucial de la gestion. L'objectif est de construire une infrastructure de transport intelligente qui s'adapte à l'expansion, ce qui non seulement résout principalement les problèmes de transport existants, mais les exacerbe parfois. Les grandes villes explorent donc la technologie STI pour résoudre les problèmes quotidiens de circulation.

L'intégration des dispositifs et technologies de Cloud Computing (CC) et Internet-Of-Things (IdO) convergent ces applications vers un nouveau paradigme appelé Cloud Computing véhicule (CCV). L'émergence de ce paradigme a révolutionné les réseaux de véhicules en passant ces applications traditionnelles aux systèmes fonctionnant avec des objets connectés, à savoir les caméras intelligentes et les boucles inductives. Dans lequel, la détection du trafic routier est effectuée à l'aide de données collectées et échangées en temps réel par les véhicules et les infrastructures. De plus, ce nouveau paradigme permet également aux véhicules de communiquer non seulement avec les véhicules traditionnels, via les communications V2V véhicule à véhicule (V2V) et véhicule à infrastructure (V2I), mais aussi avec la communication véhicule à X (V2X) et Vehicle-To-Cloud (V2C). Cependant, cette transformation a également conduit à l'émergence d'écosystèmes appelés IoV (Internet des véhicules) qui permettent de s'affranchir des enjeux de communication, d'interopérabilité et de gestion de grandes quantités de données.

Le CCV en tant que nouveau domaine de recherche vise à fournir des services de trafic à la demande, à utiliser efficacement les ressources des véhicules, à clarifier l'interaction entre les véhicules, les infrastructures et les objets connectés. Ainsi, d'améliorer le processus de collaboration lorsque les véhicules interagissent pour détecter l'environnement, traiter les données, la prise de décision, la dissémination des informations et le partage des ressources. Pour atteindre un tel objectives, les capacités de communication, de calcul et de stockage des véhicules peuvent être agrégées avec celles d'autres ou louées dynamiquement aux véhicules qu'ils demandent. En raison de la grande distance géographique entre les services Cloud et le réseau véhiculaire, les performances réseaux restent un défi major pour cette initiative.

Introduction Générale

Notamment le soutien à la mobilité, les informations de localisation, la faible latence et la géodistribution. En conséquence, un concept similaire au CCV en tant que nouveau paradigme a été introduit pour résoudre ces problèmes, mais les services Cloud seront très proches géographiquement aux véhicules, il s'agit du Fog Computing Véhiculaire (FCV).

L'architecture du FCV consiste à amener le traitement aux données au lieu de transmettre les données au traitement comme le CCV. Grâce à une multitude collaborative de véhicules et d'objets dans la couche Edge et les services Cloud, l'architecture peut considérablement améliorer la qualité du stockage, répondre aux exigences spécifiques du traitement et de la mise en réseau et du contrôle des capacités.

Le FCV et ces concepts permettent d'utiliser les véhicules comme une infrastructure de communication qui devrait bientôt être opérationnelle, afin de faciliter la vie quotidienne et de nombreuses applications associées aux véhicules peuvent également être envisagées. Par exemple, l'intégration de la technologie FCV pour soulager le trafic routier et accroître la sécurité routière. En particulier, cette structure est un concept d'une technologie d'intervention dans les cas d'urgences routière comme les accidents, qui nécessite un calcul et un stockage riches et un temps de réponse réduit.

L'objet clé de ce mémoire est de développer une ingénierie du trafic pour le Fog Computing véhiculaire permettant de simuler les scénarios de dissémination des informations du trafic. La structure générale de notre travail est organisée en quatre chapitres comme suit :

- Dans le premier chapitre, nous allons présenter les réseaux véhiculaires, la convergence de réseaux véhiculaires vers les réseaux Fog Computing Véhiculaires. Ainsi, nous allons introduire le concept de dissémination des informations.

- Le deuxième chapitre décrit les différents problèmes, techniques et application de dissémination d'information dans les environnements VANET, les VANET-Cloud et le Fog Computing Véhiculaire.

- Dans le troisième chapitre, nous avons proposé notre contribution pour la dissémination des informations dans un l'environnement Fog Computing Véhiculaire que se basant sur la diffusion des informations via un mécanisme d'échange de données.

- Dans ce chapitre, nous allons présenter la réalisation et l'évaluation des performances de notre architecture sous le simulateur OMNET++.

CHAPITRE01

LES RÉSEAUX VÉHICULAIRES

1. Introduction

Tous les automobilistes qui se déplacent sur la route courent de grands risques lorsqu'ils conduisent, comme ils peuvent être victimes ou responsables de réactions qui empêchent une conduite sûre. Pour cette raison, les Systèmes de Transport Intelligents (STI) doivent être mis en place sur tous les territoires nationaux pour diffuser les instructions de sensibilisation et de prévention aux différents usagers de la route.

La sécurité routière référant à étudier, sensibiliser et prévenir les différentes catégories d'usagers de la route sur l'ensemble des risques liés à leur conduite, ainsi que les facteurs qui peuvent grandement influencer le déplacement normal de ces risques et provoquer des accidents, comme l'alcool, la harassement, l'excès de vitesse, etc.

L'évolution des grandes villes exige de déploiement les Systèmes de Transport Intelligents (STI) en vue d'augmenter la sécurité routière. Ces systèmes promouvoir une conduite plus sûre en améliorant l'expérience de conduite et le temps de déplacements des voitures à leurs points d'intérêt.

Récemment, la technologie du Cloud Computing (CC) est intégrée avec les réseaux véhiculaire pour rendre les véhicules des objets intelligents sur les routes et assuré une meilleure qualité d'expérience (QoE). Bien que les modèles Client-Serveur ou de Publish/Subscribe soient des modèles de communication de base pour les services cloud, ces modèles ne peuvent pas répondre aux demandes croissantes de stockage ou de calcul. Pour résoudre ce problème, une autre forme de service cloud est mettre en évidence, c'est le Fog Computing Véhiculaire (FCV),

Dans ce chapitre, nous allons présenter les concepts de base des Systèmes de Transport Intelligent (STI) en mentionnant leur définition, Les technologies de communications dans les réseaux VANET, ces modèles de communication et ces domaines d'applications et leur utilisation. Ensuite, nous allons présenter la convergence des applications VANET vers les applications Fog Computing Véhiculaire (FCV).

2. Les Systèmes de transports intelligent (STI)

2.1. Définition

Les systèmes de transport intelligents (STI) sont définis comme un ensemble d'applications avancées visant à appliquer les technologies de l'information et de communication dans le domaine automobile pour fournir des services de gestion du trafic et de transport modernes. Ces systèmes permettent d'éviter de nombreux problèmes de navettage quotidiens tels que les embouteillages et les accidents. Les effets de ces problèmes peuvent avoir plusieurs conséquences indésirables telles que des retards, de longs trajets, un environnement polluant [1]. Les STI permettent de collecter, stocker, traiter et diffuser des informations relatives à l'état de l'infrastructure, fournir des données de circulation en temps réel, contrôler la mobilité des véhicules, des marchandises et des personnes qui traversent les piétons. Par conséquent, le principal défi pour le succès et le passage à l'échelle des applications ITS consiste à mettre en place un système efficace pour le collecte/partage des informations captées par les véhicules (la forte mobilité et la connectivité intermittente d'un réseau ad hoc de véhicules (VANET, Vehicular Ad hoc NETWORK) doivent être prises en considération). [2] En plus, ces systèmes basés principalement sur les communications V2V (véhicule à véhicule) et V2I (véhicule à infrastructure), comme montre la figure 1.

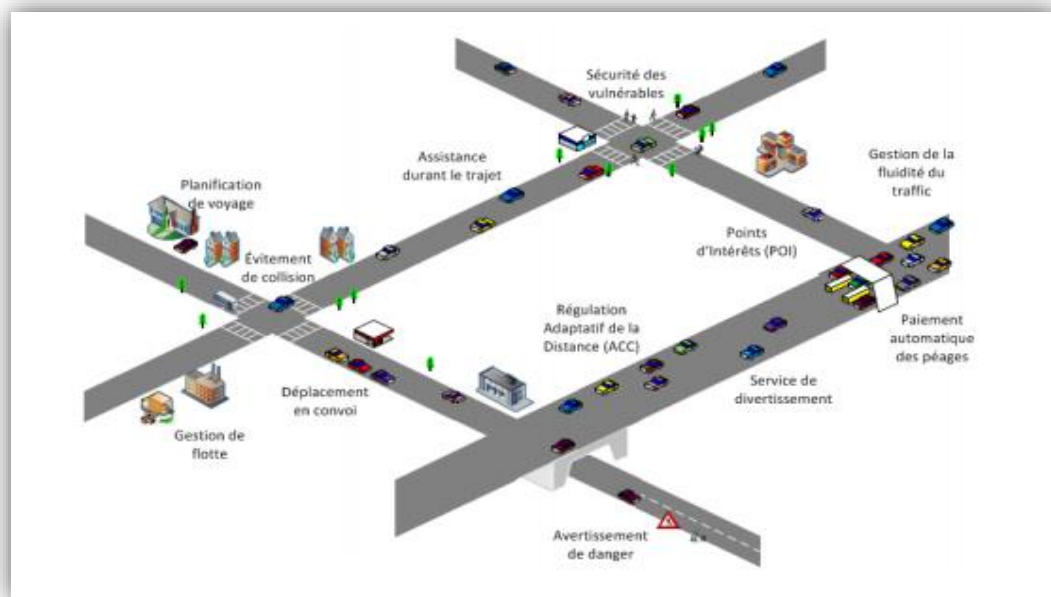


Figure 1 : Exemple d'un système de transport intelligent

2.2. Le véhicule intelligent

Un véhicule intelligent peut être considéré comme un véhicule caractérisé par un ensemble d'équipements embarqués et possédant des fonctions d'intelligence avancées telles que l'autonomie. Ce qui peut rendre la conduite autonome à la discrétion du conducteur, ou un véhicule qui l'assiste ou le remplace. Les équipements embarqués sont les capteurs et les unités de calcul « On Board Unit » ou (OBU) qui gèrent et traitent les informations reçues. L'OBU est un appareil de communication monté sur des véhicules. Il permet des communications DSRC avec d'autres OBU ou RSU. De plus, est une interface pour calculer, localiser et envoyer / recevoir des messages dans le réseau. Le véhicule intelligent avec ces équipements, comme montre la figure 2, ainsi que l'intégralité des protocoles et des standards mise en place pour la communication sont appelés DSRC (Dedicated Short Range Communication). [3]

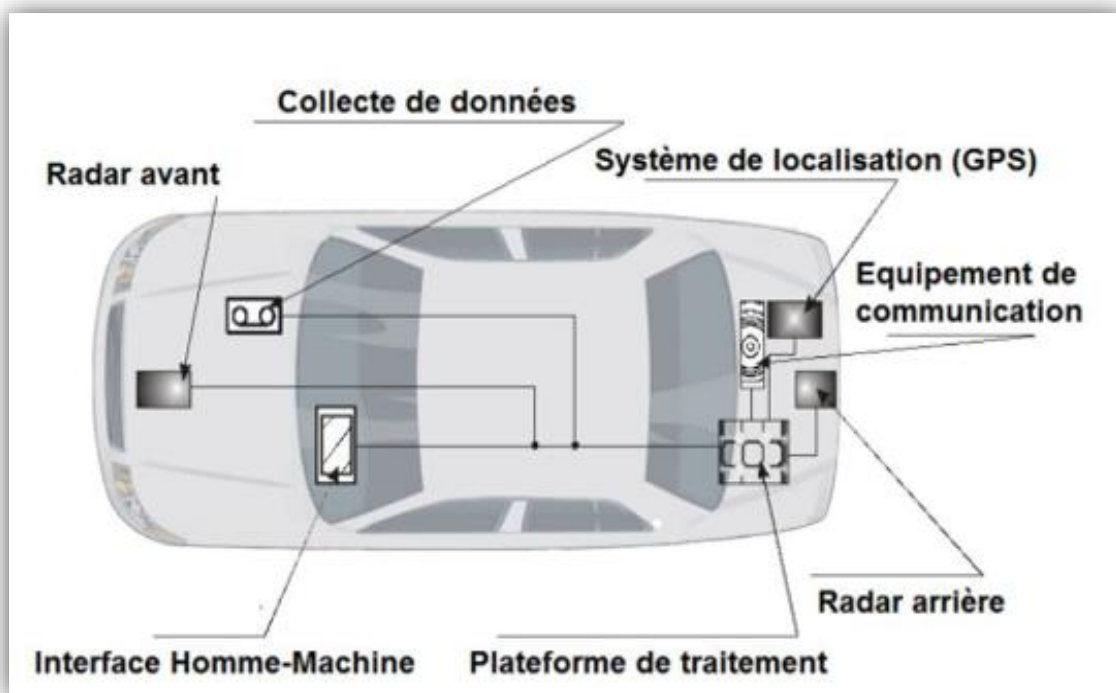


Figure 2: Les éléments constituant le véhicule intelligent. [4]

- **Le dispositif de collection de données (Event Data Recorder(EDR))** : est une appareil installé dans certaines véhicules permet d'enregistrer des information relatives aux accidents.
- **Système de localisation GPS (Positioning System)** : est un outil populaire et utile pour trouver l'emplacement géographique de véhicule.
- **Les radars** : est un appareil installé dans certain véhicule permet de détecter les obstacles qui se présente sur la route.
- **Une plateforme de traitement (Computing Plateforme)** : est un dispositif software permet de générer les informations utiles à échanger avec les autres véhicules ou avec l'infrastructure.

2.3. Les technologies de communications dans les VANET

La technologie sans fil fait désormais partie intégrante de nos activités quotidiennes. La transmission des données d'un véhicule à un autre s'effectue via des canaux radio bien définis. Les informations sont transmises avec des contraintes de distance. D'une part, avec le DSRC (Dedicated Short Range Communication), les véhicules ne doivent pas dépasser 500 mètres pour transmettre un message. En revanche, la communication entre un véhicule et une station de base peut être jusqu'à 2 kilomètres. Dans un réseau véhiculaire, il existe deux types de communications, à savoir :

2.3.1. La communications radio

Un système de communication comprend tous les éléments capables de véhiculer des informations (son, données informatiques, vidéo.) vers une ou plusieurs destinations. Depuis la maturité des réseaux sans fil, les communications sont passées de la communication analogique filaire à la communication numérique, ad hoc et sans fil. De nombreuses technologies de communication peuvent être utilisées pour assurer l'échange de données entre véhicules, ces techniques en relation décrites avec radio communication. [5]

- **Le système RDS (Radio Data System)** : cette technique est basée sur un système de diffusion de données par la radio, elle permet de diffuser en parallèle un flux permanent d'informations numériques avec les émissions des radios FM. Nous pouvons citer comme exemple : TA (Traffic Announcement) diffuse des informations routières. TP

(Traffic Program) désigne une station offrant le radioguidage. Le media RDS-TMC (Radio Data System – Traffic Message Channel). Les véhicules équipés de récepteurs RDS-TMC peuvent recevoir des messages à raison de 20 par minute. Ce mode de communication est adapté pour les liaisons à moyenne distance (de 10 à 100 km). [6]

Le système DAB (Digital Audio Broadcasting) : c'est un système de transmission du son numérique, Deux bandes de fréquence sont allouées au DAB terrestre : la bande III dans l'intervalle de fréquence 174 - 230 MHz et la bande L utilisée en France qui se situe entre 1452 MHz et 1467.5 MHz. En plus du son à qualité numérique, on peut diffuser par le media DAB des services de données textuelles ou graphiques. Il s'agit soit de données insérées dans la composante audio elle-même et qui sont appelés PAD (Program Associated Data) soit de données diffusées par un canal indépendant de l'audio et ce sont les NPAD (No Program Associated Data). [6]

- Le système DVB (Digital Vidéo Broadcasting) : Les spécifications de la norme du DVB définissent un ensemble de moyens permettant la diffusion de tous types de données, accompagnées d'informations les concernant sur tous types de médias. [6]

2.3.2. La communication sans fil

Les technologies de communication sans fil sont en plein développement. Parmi les technologies utilisées dans les communications inter-véhicules, on peut citer : [6]

- Les systèmes qui réutilisent des infrastructures existantes, systèmes cellulaires de 2G vers 3G et d'autres évolutions (GSM, GPRS, 3GPP, etc.).
- Les réseaux locaux sans fil (WLAN) qui sont principalement constitués des normes IEEE 802.11 (Wifi), IEEE 802.16 (Wi-MAX) et 802.11p (DSRC).

La communication sans fil dans un environnement de véhicule repose sur deux entités : les points d'accès installés sur les sections critiques autour de l'infrastructure (arrêt, intersections, etc.), et ceux trouvés à bord du véhicule. [7]

2.4. Les modes de communication

2.4.1. La communication de véhicule à véhicule (V2V)

Avec ce mode de communication, les véhicules peuvent échanger leurs informations (vitesse, position, itinéraire, etc.) via des canaux sans fil. L'envoi et la réception de messages sont omnidirectionnels car ils peuvent dépasser dix messages par seconde. Pour des raisons de sécurité, les véhicules prenant en charge la communication V2V sont équipés d'un logiciel spécifique pour déterminer les risques potentiels et traduire les messages échangés en vibrations acoustiques (alerte) pour avertir les conducteurs. Ce dernier peut prendre des contre-mesures appropriées pour éviter le danger. En revanche, l'architecture du réseau de véhicules est totalement décentralisée et seule la communication point à point (V2V) est omniprésente. En d'autres termes, ces architectures sont caractérisées par l'absence de l'infrastructure routière, comme le montre la figure 3. En outre, la portée de communication est limitée, à laquelle un véhicule utilise le mode de communication multi-sauts pour transmettre les messages source aux 2 nœuds de destination. La communication V2V est très efficace pour l'échange d'informations, mais elle a une connectivité moins permanente entre les nœuds.

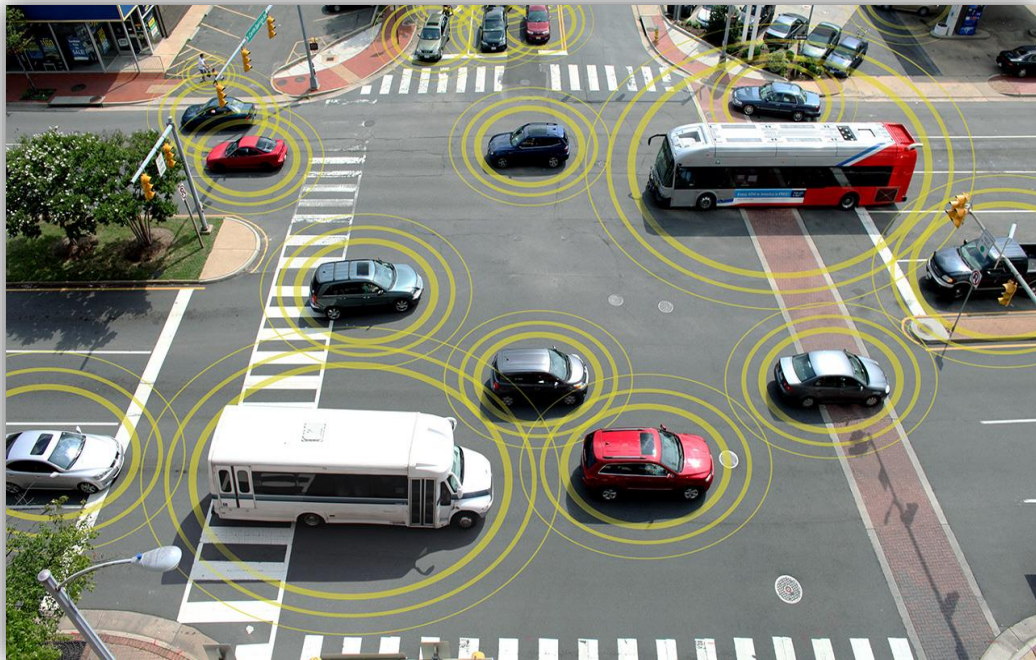


Figure 3 : La communication V2V

2.4.2. Communication Véhicule-à-Infrastructure (V2I)

La communication V2I est un mode de communication sans fil bidirectionnel, permettant à plusieurs véhicules de partager des informations avec des stations de base, qui sont installées juste à côté de la route. Les véhicules peuvent facilement recevoir des informations transmises par des stations de base et vice versa. Ce mode utilise des fréquences de communication à courte portée (DSRC) dédiées pour la transmission. Contrairement à la communication V2V, l'architecture du réseau est complètement centralisée, c'est-à-dire que la présence d'un point central est essentielle pour la communication. Ces stations peuvent être reliées à des lecteurs RFID, des panneaux de signalisation, des caméras, des voies de circulation, etc. La communication V2I permet de diffuser des informations sur le trafic (météorologique, trafic réel, etc.) et de transmettre les informations aux nœuds de destination situés dans un autre réseau, dans lequel ce réseau est accessible par l'interconnexion entre les stations de base. [8]

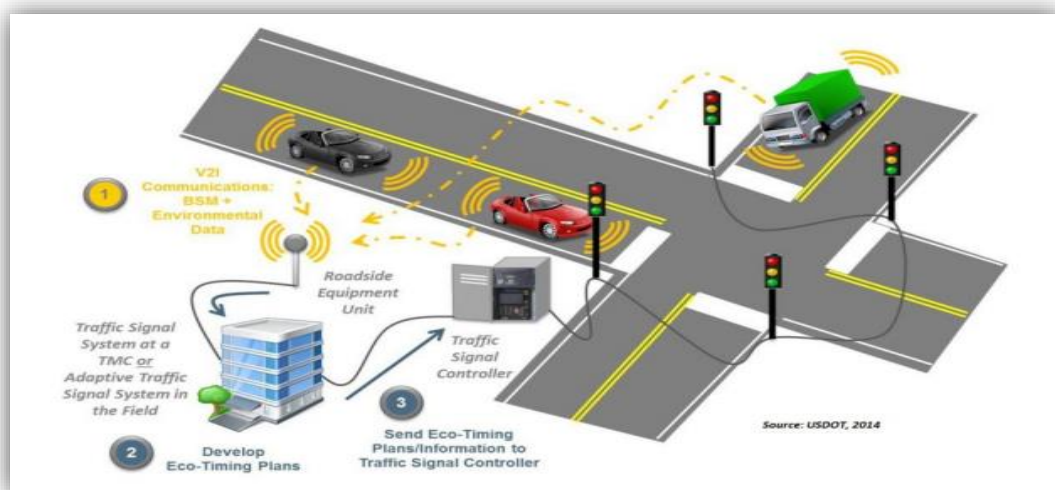


Figure 4 : La communication Véhicule à Infrastructure (V2I)

2.4.3. La communication hybride

L'architecture de communication hybride est un mode de communication qui entraîne à la fois la communication V2V et V2I. La combinaison entre ces deux types d'architecture permet d'obtenir une architecture hybride intéressante. Bien que les zones de couvertures des stations de base étant limitées, l'utilisation de véhicules voisins comme des nœuds passerelles

(i.e., des relais) permet d'étendre le porté global de ce réseau en limitant le nombre des réseaux intermittente. De point de vue économique, au lieu de multiplier le nombre des stations de base dans chaque coin de rue, l'utilisation de la communication par sauts entre les véhicules est cruciale pour optimiser le nombre de ces stations. Néanmoins, les communications inter-véhiculaires souffrent de problèmes de routage lors de transmission longue distance en utilisant la communication V2V. Dans ce cas, l'utilisation de la communication V2I peut améliorer les performances réseau. [6]

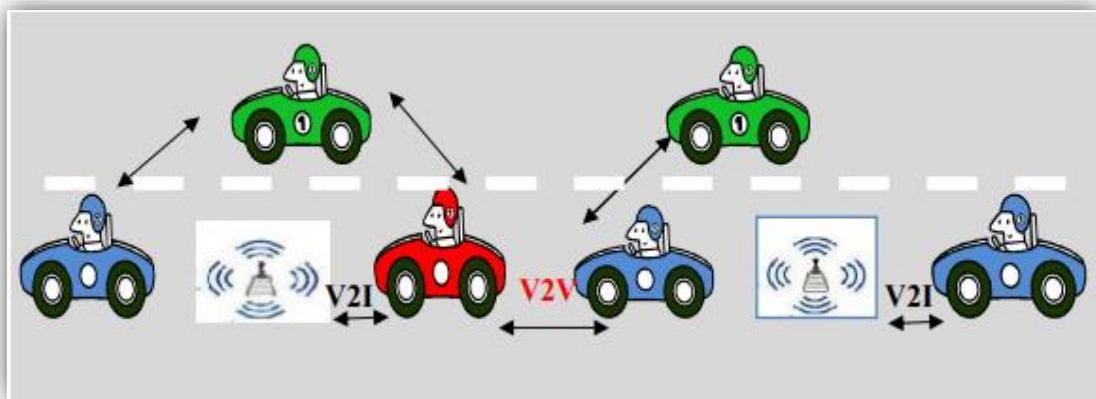


Figure 5: La communication hybride [6]

2.5. Les domaines d'applications des STI

Les applications de systèmes de transports intelligent (STI) ont été intégrer avec succès dans nombreux domaines réel tels que la gestion efficace de trafic, le transport en commun, améliorer la sûreté et la sécurité routier. Dans cette section, nous allons présenter quelques applications de STI qui s'inscrit dans un contexte de développement durable.

2.5.1. La gestion du trafic

La congestion du trafic routier se produit en raison d'un déséquilibre entre le nombre de demandes sur la route et la capacité de l'infrastructure routière, ce qui ralentit la vitesse du trafic et provoque plusieurs problèmes, tels que le temps de trajet supplémentaire (i.e., le retard) lors du déplacement. Selon les statistiques actuels, la congestion aux États-Unis oblige les habitants des zones urbaines à voyager sept milliards d'heures supplémentaires et, par conséquent, à consommer quatre milliards de gallons de carburant supplémentaire, un problème qui s'est

considérablement aggravée dans ces dernières années. Dans la plupart des recherches proposées pour la gestion du trafic, l'objectif est de se concentrer sur l'amélioration, le développement et la construction de nouvelles infrastructures routières pour répondre à la demande croissante d'infrastructures. Malgré ces efforts, les solutions d'ingénierie du trafic restent toujours coûteuses et non viables. L'application de systèmes de transport intelligents (STI), devenue une stratégie innovante, permet de rationaliser l'utilisation des infrastructures routières à moindre coût.

2.5.2. La sûreté et la sécurité routières

La sécurité routière consiste à utiliser un ensemble de dispositifs de communication et de logiciels spécifiques visant à accroître la prévention sur la route, à sauver des vies, à mettre en place des contre-mesures appropriées en atténuant les conséquences de risques tels que les accidents et les événements imprévus. Les STI peuvent contribuer directement ou indirectement à la sécurité routière, ce qui rend les transports plus sûrs et plus sûrs. En particulier, la collaboration entre un réseau de capteurs internes du véhicule et les systèmes de surveillance installés au niveau des infrastructures permet d'atteindre un objectif de prévention. Par exemple, certaines applications de planification routière aident à réduire les temps de réponse aux urgences et à créer des itinéraires d'évacuation en donnant la priorité à leur accès en cas de catastrophe. Il peut favoriser une réduction durable du nombre d'accidents et de leur gravité en signalant aux voyageurs les conditions et situations dangereuses et en intervenant dans la tâche de conduite. [9]

3. La dissémination des informations

Avec l'évolution rapide des capacités de communication des réseaux Adhoc, les données de trafic peuvent d'être disséminer en déplacement. La dissémination d'informations dans le réseau de véhicules consiste à acheminer des messages via le réseau de véhicules en tenant compte des caractéristiques du réseau tels que, la taille du réseau, la vitesse du nœud, la priorité entre les messages (avertissement ou de< contrôle), le message sera envoyé d'un véhicule à un autre ou à plusieurs, de manière fiable et en peu de temps [10]. La dissémination des données dans ces réseaux permet d'améliorer considérablement la sécurité routière et le confort lorsque le déplacement. Cependant, cette dissémination n'est pas une tâche triviale, principalement en raison des changements rapides de la topologie ce qui engendre des réseaux intermittents. Ces

changements fréquentes de la topologie conduisant à une grande variabilité de la connectivité, comme ils ne peuvent pas être traités de manière proactive, c'est-à-dire difficiles à prévoir et à gérer. Par conséquent, la dissémination est d'assurer une dissémination évolutive des données avec moins de redondances est un objectif non triviale. Dans cette section, nous allons présenter les types, les stratégies de dissémination des informations et les types de message.

3.1. Les types de dissémination

Les applications VANET peuvent diffuser deux types d'informations : les informations de confort et les informations de sécurité [11]

3.1.1. La dissémination des informations de confort

Les applications confort consomment une grande quantité de bande passante en raison des types d'applications utilisées. Par exemple, la messagerie, le téléchargement de fichiers, jeux en ligne, etc. Par conséquent, la bande passante doit être optimisée, afin que le contenu du message puisse être dynamique et modifiable lors de la transmission d'un nœud à un autre.

3.1.2. La dissémination des informations de sécurité

Comme nous l'avons vu dans les sections précédentes, les applications de sécurité rendent la route plus sûre, les protocoles de dissémination doivent prendre en compte les contraintes d'envoi de messages d'urgence. La dissémination doit garantir des contraintes spatiales et temporelles, tous les véhicules doivent informer les véhicules à proximité en cas d'urgence (accident, brouillard, neige, etc.)

3.2. Les stratégies de dissémination

Dans un réseau VANET, de nombreux paramètres doivent être pris en compte lors de la dissémination, tels que la taille du réseau, la vitesse du trafic, la connectivité et l'intermittence entre les nœuds. Par conséquent, la dissémination d'informations nécessitant un processus de diffusion efficace et de nombreux paramètres à configurer. De plus, la latence est un autre problème qui peut sérieusement affecter la dissémination efficace. En effet, les informations de trafic doivent être transmises rapidement et réparties entre les nœuds. Dans la littérature, nous distinguons plusieurs stratégies de dissémination dans VANET (s). En général, nous pouvons citer les approches suivantes :

3.2.1. La stratégie de diffusion

Un message diffusé par un véhicule est un message qui sera transmis à tous les véhicules voisins, puis ces voisins deviennent des émetteurs qui peuvent retransmettre ce message à ces voisins, jusqu'à ce que ce message arrive à destination (s). Cette approche est la stratégie la plus utilisée pour la diffusion d'informations dans les VANET, car elle ne nécessite aucune information sur les véhicules entourant l'émetteur, dont chaque véhicule destinataire reçoit plusieurs messages. Par conséquent, la fiabilité de la transmission dans cette stratégie est dégradée, en revanche le débit et la vitesse de diffusion sont augmentés. Cela nécessite également une concurrence pour l'accès au canal de communication et la consommation de bande passante. [12].

3.2.2. Les stratégies probabilistes

Les stratégies probabilistes de dissémination des informations consistent à transmettre des informations avec une certaine calcul de probabilité en vue de réduire la réplication de transmission. Pour cela, il existe plusieurs protocoles qui ont été proposer basés sur les probabilités dont le nœud le plus éloigné transmet le paquet avec une probabilité plus élevée. Cependant, il existe une forte relation entre la distance, la densité de trafic et la probabilité de transmission. Par exemple, dans conditions congestionnés où la densité du trafic est plus élevée, la distance entre les véhicules entraînera une réplication des transmissions [13].

3.2.3. Les stratégies géographiques

Dans les stratégies de diffusion géographique, l'envoi de messages doit tenir compte des informations de localisation du véhicule émetteur. Ces messages peuvent être diffusés périodiquement, à proximité si le véhicule est proactif, sinon le message sera diffusé à la demande avec une approche réactive. Chaque nœud enregistre l'historique de routage avec les autres nœuds voisins dans une table qui sera mise à jour régulièrement, puis les protocoles de routage utilisent cette table pour déterminer le chemin le plus court pour atteindre la destination. Cela réduit donc le temps nécessaire pour envoyer des messages. Cette approche peut notamment avertir les véhicules menacés d'un accident probable sur une route utilisant ces coordonnées géographiques.

3.2.4. Les messages orientée priorité

La priorité des messages est utile pour assurer la qualité de service (QoS) des applications VANET. L'objectif est d'assurer une adaptation à la diffusion des informations en fonction de l'importance des informations véhiculées dans le message échangé. Pour éviter la suppression automatique des messages en cas de collision.

3.3. Les types de message

Au cours de déplacement, les nœud de réseaux peuvent échanger un ensemble des messages, dans la quelles les applications de systèmes de transport intelligent (STI) offrent ce service, la diversité de cas de changement de message exige la diversité de type messages. Nous allons présenter dans ce qui suit trois types de messages :

3.3.1. Message de contrôle

Ce message contient des informations sur la position, la vitesse, la direction et l'itinéraire du véhicule émetteur, il est généré périodiquement, toutes les (100 ms). Ce type de message est généré pour informer les voisins des véhicules de son état actuel, les autres véhicules qui traitent ces messages peuvent anticiper d'éventuels cas graves. [7]

3.3.2. Message d'alerte

Le message d'alerte est généré pour informer les autres véhicules voisins d'un cas dangereux qui se produit, d'un accident, d'un obstacle, ou lorsqu'il reçoit un autre message d'alerte, en l'absence d'un cas dangereux. Les messages d'alerte ne seront pas diffusés, ce type de message comprend la position, l'heure et le type d'événement, il a une priorité élevée et l'émetteur doit être sûr que tous les autres récepteurs reçoivent le message. [7]

3.3.3. Autres types de messages

Les applications de confort offrent la possibilité d'échanger des messages de messagerie, les transactions financières et autres messages de services. Tous les messages seront enregistrés dans un mémoire cache pendant une période, puis seront supprimés automatiquement. [7]

4. La convergence des applications VANET vers les applications Fog Computing Véhiculaire

4.1. Le Cloud Computing Véhiculaire (CCV)

Avec l'avènement de la technologie Cloud Computing (CC), les utilisateurs peuvent facilement louer des ressources informatiques et même les ressources logicielles nécessaires pour exécuter leurs applications. La technologie CC permet aux utilisateurs d'économiser sur les coûts d'investissement dans l'infrastructure. L'avantage le plus important de CC était son accès évolutif aux ressources de traitement. Avec une demande accrue de communications et d'applications informatiques dans les réseaux de véhicules, la technologie CC a été intégrée dans le domaine d'automobiles pour augmenter ses performances réseau. Le CC fournit un réseau en tant que service (NaaS) et un stockage en tant que service (SaaS) aux véhicules. Il utilise également des serveurs cloud distants dans divers emplacements qui gèrent le stockage et le traitement des données. Les données collectées par les capteurs dans les véhicules doivent atteindre ces serveurs cloud distants via le réseau pour le stockage et le traitement.

Le nombre de véhicules connectés dans le réseau augmenté de façon exponentielle ces dernières années avec une mobilité dynamique. Les applications ont commencé à exiger une meilleure QoS dans les réseaux de véhicules intelligent. Par conséquent, le CCV est confronté à un certain nombre de limitations. Les principales limitations rencontrées par le CCV sont résumées comme suit :

- **Retard dans les réponses en temps réel** : le trafic aller-retour entre les serveurs cloud et les appareils dans les véhicules entraîne un retard accru dans le traitement et la réponse aux messages.
- **Mobilité accrue des utilisateurs** : les serveurs Cloud ont du mal à traiter les milliards de demandes de service des véhicules hautement mobiles.
- **Coût élevé de la bande passante sans fil** : une communication constante entre le véhicule et le serveur Cloud nécessite une bande passante élevée. Ce trafic intense entraîne également un drainage de l'énergie dans de nombreux appareils sans fil.

4.2. Fog Computing Véhiculaire (FCV)

Le terme Fog Computing est inventé par Cisco, fait référence à un modèle architectural décentralisé qui amène les ressources Computing et les services d'application au Edge où les données sont générées et traitées [14]. La technologie Fog Computing, parfois appelée Edge Computing, fournit une plate-forme virtuelle pour le traitement locale. Il peut calculer, fournir des données, stocker et appliquer des services aux utilisateurs finaux plutôt que dans les serveurs de données centralisés.

Le Fog forme une couche intermédiaire entre le cloud et les autres équipements intelligents pour traiter toutes les opérations de connexion requises. Le cloud est plus centralisé tandis que le Fog est plus proche du Edge avec une faible latence. Le Fog Computing offre des services aux déploiements largement distribués, peut répondre aux exigences des applications STI telles que la réduction de la charge du cloud, une réponse rapide aux appareils essentiels et sa capacité à analyser les données de flux en temps réel. Tout dispositif tel que l'infrastructure routière et les véhicules mobile peut fonctionner comme un nœud de Fog s'il est équipé d'une connectivité réseau, un stockage et une unité de traitement. Comme le Fog Computing traite de l'emplacement de la périphérie, il peut donc réaliser toutes les applications à faible latence. Le Fog Computing est un nouveau paradigme et il est toujours en cours de développement. En étendant le Cloud Computing, le Fog Computing fournissant des actifs virtualisés et des « services géo-dépendants » engagés aux confins des réseaux mobiles afin qu'il puisse aider les trafics mobiles. Les applications les plus candidates pour le Fog Computing sont : WSN, véhicules connectés, IoT et SDN.

Un certain nombre de caractéristiques du Fog Computing sont à l'encontre de notre intuition. Les différentes caractéristiques du Fog Computing sont énumérées comme suit : [15]

- **Emplacement de périphérie, connaissance de l'emplacement et faible latence :** aux Edge du réseau, le Fog Computing prend en charge les points d'extrémité avec les meilleurs services, ce qui réduit considérablement le mouvement des données sur le réseau. Les nœuds de Fog peuvent ingérer des données à partir de différents types d'appareils terminaux dans le réseau local, les données de localisation dans le contexte permettent une connaissance de l'emplacement.

- **Répartition géographique :** le Fog Computing se compose d'un très grand nombre de nœuds distribués, en raison de la large géodistribution, comme en témoignent les réseaux de capteurs en général, et le smart réseau en particulier. Les services et l'objectif d'application du Fog sont largement distribués, par exemple, le Fog jouera un rôle important dans la fourniture de streaming de haute qualité aux véhicules connectés via des proxy et des points d'accès positionnés à proximité.
- **Prise en charge de la mobilité :** à l'aide du protocole LISP (ID Séparation Protocol. LISP est une architecture de routage et d'adressage développée par Cisco Systèmes. Elle fournit des techniques de mobilité telles que le découplage de l'identité de l'hôte à l'identité de l'emplacement), les applications de Fog peuvent communiquer directement avec les appareils mobiles. Le Fog permet aux administrateurs de contrôler où les utilisateurs arrivent et comment ils accèdent aux informations, prend en charge la mobilité basée sur la localisation et améliore les performances et la qualité des services.
- **Interactions en temps réel :** le Fog Computing nécessite des interactions en temps réel pour un service rapide avec une faible latence, réduisant ainsi un bloc majeur et un point de défaillance. Les applications de Fog importantes impliquent des interactions en temps réel plutôt que le traitement par lots.
- **Hétérogénéité :** le Fog est une organisation hiérarchique à plusieurs niveaux, et les nœuds de Fog sont très dynamiques et hétérogènes à différents niveaux de la hiérarchie des réseaux pour des exigences de faible latence et d'évolutivité. Les nœuds de Fog peuvent être déployés dans une grande variété d'environnements sous la forme d'un nœud de Fog physique et / ou d'un nœud de Fog virtuel.
- **Interopérabilité :** les composants Fog doit pouvoir interopérer, une large gamme de services (comme le streaming) nécessite la coopération de différents fournisseurs. Le brouillard donnera naissance à de nouvelles formes de concurrence et de coopération entre prestataires.

Contrairement aux services de cloud Computing qui sont plus centralisés, le Fog Computing cible les applications avec des déploiements largement distribués. Les capteurs et autres dispositifs dans les véhicules collectent des données et ces données sont stockées et traitées dans des serveurs de brouillard intermédiaires. Le Fog Computing véhiculaire (FCV) étend le paradigme de Fog Computing aux réseaux véhiculaires conventionnels, à la communication et

au calcul, des services de stockage sont fournis à la périphérie du réseau. Une couche de serveur de Fog est déployée entre les véhicules et le serveur cloud. Les utilisateurs finaux et les véhicules sont également considérés comme faisant partie de la communication et du calcul, il cible les applications avec des déploiements largement distribués et nécessite beaucoup de ressources et un support de communication et de calcul puissant, dans ce paradigme, les véhicules jouent le rôle d'infrastructure pour répondre aux besoins des deux. La communication et le calcul, qui est une architecture qui utilise une multitude collaborative de clients utilisateurs finaux ou de dispositifs périphériques quasi-utilisateurs pour effectuer la communication et le calcul. Telles que les techniques de réalité augmentée (RA), la conduite autonome, le streaming vidéo, etc., traitent toutes des opérations complexes de traitement et de stockage de données, qui nécessitent un niveau plus élevé de communication, de calcul et de stockage des données. Cela pose de grands défis aux réseaux de véhicules conventionnels existants, en particulier en termes de communication et de capacités de calcul.

4.2.1. Les Avantages du Fog Computing Véhiculaire

- **Faible latence** : le traitement des données en temps réel a lieu en périphérie, beaucoup plus près du véhicule. Cela fournit des résultats plus rapides qui peuvent être envoyés sous forme de messages à d'autres véhicules et unités routières.
- **Mise en commun des ressources locales** : la puissance de traitement inactive et la capacité de détection au sein des périphériques en périphérie peuvent être mises en commun pour de meilleurs services dans un réseau de Fog.
- **Meilleure qualité de service** : avec le Fog Computing les applications peuvent offrir des débits de données beaucoup plus rapides avec un temps de latence et de réponse minimum.
- **Amélioration de l'efficacité du réseau** : le Fog Computing évite le trafic aller-retour entre les serveurs Cloud et les appareils dans les véhicules. Cela économise la bande passante du réseau.
- **Réduction de la consommation d'énergie** : la réduction du trafic sur le réseau fédérateur permet de conserver l'énergie dans les appareils. La conservation de l'énergie dans les appareils avec une prise en charge limitée de la batterie est un avantage très important du calcul du Fog.

- **Amélioration de l'agilité des services** : le Fog Computing favorise l'innovation rapide et une mise à l'échelle abordable. Au lieu d'attendre que des modifications soient apportées aux serveurs et services cloud, les utilisateurs peuvent personnaliser de nouvelles applications qui sont disponibles beaucoup plus près d'eux.

4.2.2. Interaction entre le Fog et les services cloud

CCV et FCV sont des alternatives prometteuses pour fournir des connexions Internet omniprésentes et répondre aux énormes demandes de trafic pour les systèmes de transport intelligents de la ville. Le CCV gère les ressources réseau de manière centralisée pour une gestion hautement efficace, tandis que FCV utilise l'Edge Computing et le stockage de périphérie pour réduire la latence et améliorer l'utilisation des ressources. Étant donné que les philosophies de conception de CCV et FCV sont complémentaires, leurs interactions nécessitent une étude approfondie. Un système Fog Computing au Cloud espère regrouper les voitures dans un parking et construire des Clouds en bordure de route en contrôlant dynamiquement les feux de circulation. Dans le but de fournir des services de réseau, tels que la virtualisation des fonctions réseau, au-dessus de l'infrastructure d'un opérateur de télécommunications, une architecture Computing de Cloud Fog sécurisée et distribuée est présentée [16]. Les services déployés sur les nœuds de Fog peuvent fournir des réponses réseau rapides et flexibles. Cependant, le modèle économique de Fog Computing est toujours ouvert, sans parler du FCV. Le chargement et le déchargement coopératifs par des véhicules stationnés et en mouvement peuvent être une nouvelle tendance de l'économie partagée, nécessitant un système de crédit et de paiement fiable.

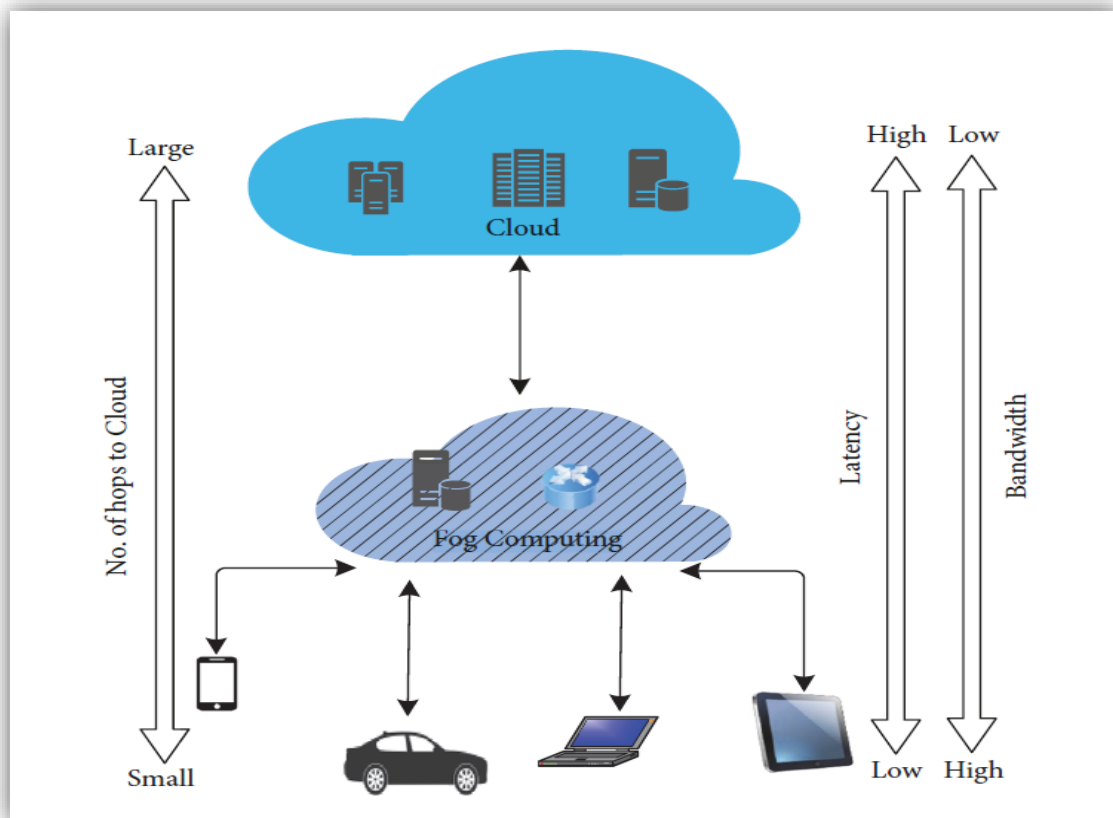


Figure 6: Comparaison du nombre de sauts, de la latence et de la bande passante des nœuds périphériques au cloud [17]

5. Les architectures Fog Computing véhiculaire pour la diffusion des informations

5.1. architectures Vehicular Fog Computing (FCV)

Huang et autres [18] a proposé une architecture de Fog Computing véhiculaire composée de trois couches. Les véhicules, les unités routières et les serveurs cloud sont considérés respectivement comme une couche de génération de données, une couche de Fog et une couche de Cloud. La figure 7 présente une architecture de haut niveau de Fog Computing véhiculaire, qui comprend trois types d'entités, à savoir les véhicules intelligents comme couche de génération de données, les unités routières / nœuds de Fog comme couche de Fog et les serveurs cloud comme couche de cloud.

Véhicules intelligents : les véhicules intelligents jouent un rôle important en tant que générateur de données clés dans un système Fog Computing automobile, en raison de leurs capacités de calcul en temps réel, de détection (par exemple, caméras, radars et GPS), de communication et de stockage.

Roadside Units / nœuds de Fog : les stations de base sont généralement déployées dans différentes zones d'une ville, peuvent facilement être mises à niveau pour servir de nœuds Fog. Cela permettra la collecte de données envoyées par des véhicules intelligents, le traitement des données collectées et la communication des données (traitées) aux serveurs cloud. Ces unités / nœuds agissent également en tant que middleware / dispositifs intermédiaires sur la fonction d'une liaison de connexion entre les serveurs cloud et les véhicules intelligents dans un système informatique de Fog véhiculaire. Contrairement aux réseaux de véhicules existants, ces unités / nœuds auront plus de fonctions et fourniront des services plus diversifiés pour les véhicules intelligents, tels que la navigation, la diffusion vidéo et les feux de circulation intelligents. En d'autres termes, ces unités / nœuds ne sont pas seulement des relais ou des diffuseurs ; ils traitent également les données, stockent les données et prennent des décisions en tant que couche de Fog.

Serveurs Cloud : les serveurs Cloud fournissent une surveillance au niveau de la ville et un contrôle centralisé à partir d'un emplacement distant. Ces serveurs obtiendront les données téléchargées par les nœuds de Fog tout en effectuant des analyses intensives en calcul pour prendre des décisions optimales dans une perspective holistique (par exemple, une décision au niveau de la ville).

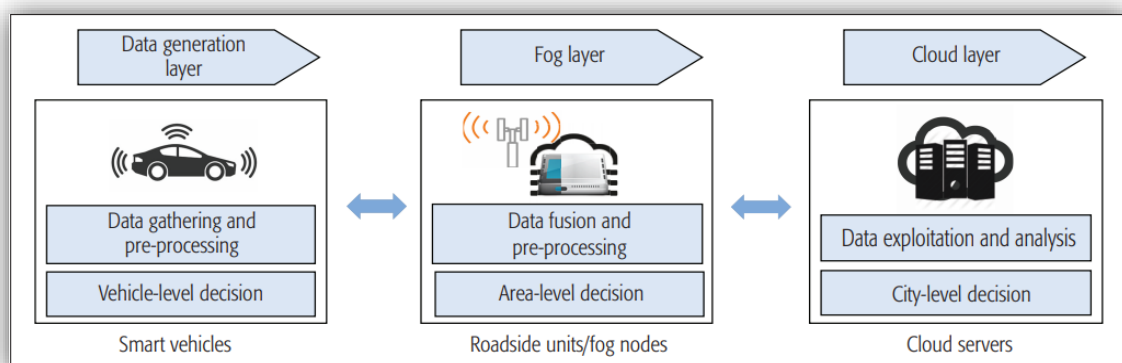


Figure 7: Architecture de Fog Computing véhiculaire [18]

5.2. Les architectures basées sur le Fog et le SDN (Software Defined Networks)

Les SDN est un concept dans le CC en pleine croissance, est un concept associé au Fog Computing résoudra les principaux problèmes de connectivité irrégulière des réseaux de véhicules, les collisions et le taux élevé de perte de paquets. Les SDN prennent en charge le véhicule à véhicule avec les communications du véhicule à l'infrastructure et le contrôle principal. Dans [19] Truong N B, Lee G M et Ghamri-Doudane ont proposé une architecture basée sur le Fog et le SDN (FSDN) pour les réseaux de véhicules intelligents La figure 8 montre une instance de cette architecture. Le réseau de véhicules est connecté à la couche de Fog par les réseaux cellulaires. Le réseau de Fog est connecté au contrôleur SDN. La couche SDN assure les services d'orchestration de Fog et de gestion de réseau. Le contrôleur SDN est connecté à la couche de Cloud Computing. L'architecture FSDN de réseau véhiculaire peut configurer de manière optimale les déploiements de services, se reconfigurer dynamiquement pour une meilleure qualité de service. Les différentes couches de l'architecture FSDN sont les suivantes.

- **Contrôleur SDN** : il a la connaissance globale qui permet de contrôler tout le comportement du réseau du système. L'orchestration du Fog et la gestion des ressources se font également ici.
- **Nœuds sans fil SDN** : les véhicules fonctionnent à la fois comme utilisateurs finaux et comme élément de transfert.
- **SDN Road-Side-Unit (RSU)** : Il s'agit d'un dispositif antibrouillard. Il exécute OpenFlow et est contrôlé par le contrôleur SDN.
- **Contrôleur SDN Road-Side-Unit (RSUC)** : un groupe de RSU est connecté à un RSUC via une connexion à large bande avant d'accéder au contrôleur SDN. Il a également OpenFlow et il est également contrôlé par le contrôleur SDN. Ce sont également des dispositifs anti Fog.
- **Station de base cellulaire (BS)** : elle peut également fournir des services de fog et est contrôlée par le contrôleur SDN

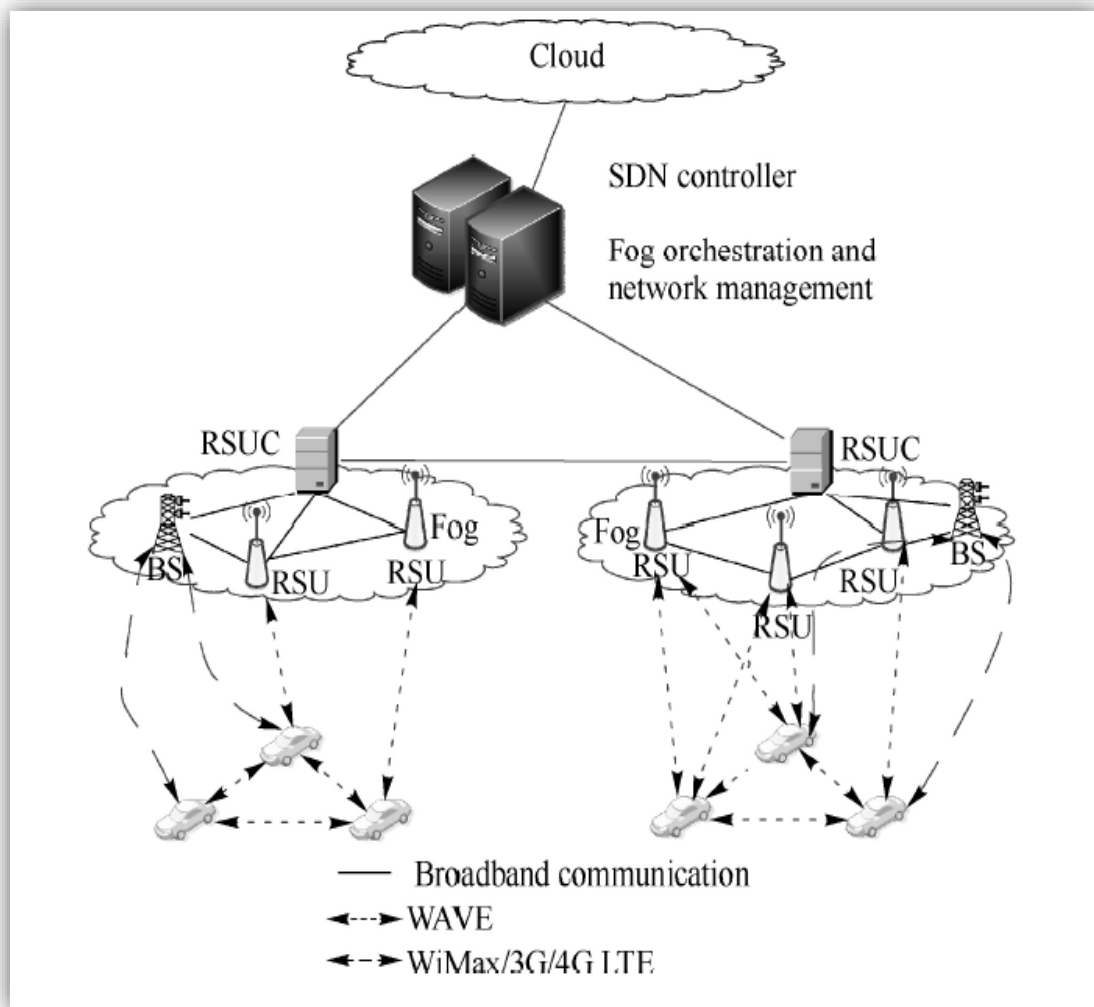


Figure 8: architecture de Fog Computing en SDN dans les réseaux véhiculaires [19]

6. Les données de dissémination d'information

Les données Uplink : Les données upLink indique les données envoyées de véhicules vers le serveur Fog.

Les données downlink : Les données downlink indique les données envoyées de serveur Fog vers le/les véhicules.

7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons d'abord présenté les systèmes de transport intelligents (STI) en général, puis nous avons évoqué les techniques de diffusion des messages dans les réseaux de véhicules et enfin, l'intégration des services de calcul du brouillard dans les réseaux de véhicules et la convergence des applications de trafic vers le Fog Computing Véhiculaire (FCV).

Dans le chapitre suivant, nous présenterons un état de l'art concernant les techniques de diffusion de l'information dans les environnements intelligentes des véhicules.

CHAPITRE02

La dissémination des informations du trafic
dans les environnements Fog Computing
Véhiculaire (FCV)

1. Introduction

Les réseaux véhiculaires jouent un rôle important dans l'efficacité du trafic routier en améliorant la sécurité et en agissant en tant que facilitateur de services pour les passagers, les conducteurs et les agents de sécurité publique. Les améliorations récentes des protocoles de routage et des techniques utilisées dans les réseaux véhiculaires ont contribué à l'amélioration de l'évolutivité, de la fiabilité et de la qualité de l'expérience de partage d'informations. Les véhicules peuvent coopérer les uns avec les autres pour diffuser des informations d'accidents ou de catastrophes et fournir des informations visuelles sur la zone surveillée avec grande précision.

Ce chapitre décrit dans un premier temps les différents problèmes de quelques applications de dissémination d'information dans les environnements VANET, les VANET-Cloud et le Fog Computing Véhiculaire. Ensuite, nous allons présenter les techniques de dissémination d'informations dans ces environnements.

2. Les problèmes de dissémination d'information dans les réseaux véhiculaires

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, il existe un grand volume d'informations sur le trafic qui peut être utilisé pour prédire les paramètres de trafic (c.-à-d. vitesse, fluidité, capacité, etc.), les événements inattendus (c.-à-d. Les incidents, les embouteillages, les travaux routiers, les urgences, etc.). Les véhicules autonomes peuvent collaborer entre eux et avec les stations de base pour prévoir ces événements en temps réel. Il est également intéressant que toutes ces données soient partagées et échangées entre ces véhicules dans le cadre d'une conduite collaborative et plus sûre, l'autre part de ces informations sont enregistrées dans une infrastructure de stockage centralisée ou distribuée. Malgré les avancées technologiques dans le domaine automobile, la diffusion de l'information dans ces réseaux reste un enjeu majeur dans lequel les différents problèmes de diffusion de l'information sont répertoriés comme suit [17]:

La LATENCE

La latence des données est la période de temps (délais) entre le temps de transmission d'un véhicule source et le temps de réception du véhicule de destination. La latence est un paramètre crucial pour évaluer les performances globales d'un réseau véhiculaire. Pour calculer le délai de transmission, les formules suivantes sont appliquées [20]

$$\text{Débit binaire} = \text{Taille des données} / \text{Délai de transmission}$$

Retard du temps de transmission = Taille des données / Débit binaire

Taille des données = Données utilisateur + en-tête.

Le DÉBIT

Le débit est la quantité d'information échanger par unité de temps comme les bits par seconde. Le débit est lié au taux de livraison des paquets qui est le rapport entre le nombre de paquets reçus par la destination et le nombre de paquets envoyés par l'expéditeur. Fondamentalement, c'est le point majeur à prendre en compte dans le transfert de paquets. Plusieurs facteurs essentiels tels que la taille du paquet, la plage d'action, la mobilité des nœuds et la taille du cluster l'affectent. Une diffusion robuste des messages est décrite comme la distribution de parfaits paquets [20].

La CONGESTION

Dans les réseaux de véhicules, il existe deux types de congestion, la congestion des véhicules et la congestion des messages qui se produisent pendant la communication entre les véhicules [21]. Dans cette mémoire, nous nous intéressons à la congestion des messages. En effet, lorsque le nombre de demandes sur la route dépasse la densité critique de véhicules, ceci représente la maturité de l'encombrement des messages, voire une saturation des canaux de transmission. En cas de saturation, aucun message ne peut s'échanger entre les nœuds. Cela empêche l'échange d'informations utiles lors du déplacement. Cette surcharge supplémentaire provoque une mauvaise circulation des véhicules, aggrave la circulation et augmente la probabilité d'avoir un retard supplémentaire et un mauvais rapport d'accident.

La DISPONIBILITÉ

Dans les applications de sécurité telles que l'avertissement post-crash, le signal de diffusion sans fil doit être accessible pour la communication du véhicule afin de recevoir des messages d'avertissement. Si la chaîne radio s'éteint (brouillage), l'avertissement ne peut pas être diffusé et l'application elle-même devient inutile. En cas d'encombrement des messages, le système n'est pas non plus entièrement disponible pour une communication fluide et davantage de pertes de paquets peuvent se produire. La haute disponibilité des systèmes de communication est donc assez difficile [22]

ROUTAGE

Dans le processus de communication et en raison de la grande mobilité entre les nœuds, il est très difficile de trouver le meilleur chemin entre les véhicules source et la destination. Dans les réseaux de véhicules, la topologie change rapidement en raison de la mobilité excessive et inattendue des véhicules. Dans ce cas, le chemin de bout en bout n'est pas évident et le véhicule voisin peut être sélectionné selon plusieurs critères tels que la direction des véhicules, la vitesse et la position du véhicule vers la destination. Un routage efficace basé sur la localisation peut garantir moins de retard dans la livraison des paquets. Il conduit à un chemin optimal en ayant moins de connexion de saut afin de transférer des données. [23]

SÉCURITÉ

La sécurité du réseau véhiculaire est un axe de recherche importante dans le sens d'éviter les risques d'attaques. Il existe plusieurs attaques telles que les attaques bidon sur IVC basées sur une communication directe entre les véhicules pour répondre aux exigences de l'application telles que la prévention des collisions [24]. L'un des problèmes majeurs de ces systèmes est l'assurance de la sécurité des données transmises et l'authentification pour l'accessibilité des utilisateurs [25] [26]. Dans les réseaux sociaux véhiculaires, la diffusion sécurisée des messages pour les messages d'urgence peut être effectuée à l'aide de l'authentification basée sur le code QR en préparant la topologie à partir des utilisateurs actifs du réseau social dans ce domaine [27].

3. Les applications de dissémination des informations

3.1. Le crowdsourcing vidéo

Avec l'adoption croissante des caméras de tableau de bord, ils voient un grand potentiel d'innovations dans l'analyse de la vidéo collectée des véhicules. D'un autre côté, la transmission et l'analyse d'une grande quantité de vidéo, en particulier la vidéo haute résolution en temps réel nécessite beaucoup de communications et de ressources informatiques. Dans [28] Chao Zhu, Giancarlo Pastor, Yu Xiao, et Antti Yläjääski étudient la faisabilité et les défis de l'application du Fog Computing pour l'analyse en temps réel de la vidéo de caméra de tableau de bord participative. Au lieu de transmettre toute la vidéo au cloud, les auteurs proposent de transformer les flottes commerciales (par exemple, les autobus et les taxis) aux nœuds Fog et utiliser ces nœuds pour collecter et traiter la vidéo dans les zones de communication. Les vidéos capturées par les caméras du tableau de bord peuvent fournir plus de détails sur l'environnement à l'extérieur du véhicule en les comparant aux données d'autres capteurs en collectant et en partageant également des vidéos. Le crowdsourcing vidéo basé sur le FCV est en train de devenir un nouveau paradigme pour mesurer et cartographier les phénomènes d'intérêt commun. Cependant, le crowdsourcing vidéo à partir de véhicules générerait un grand volume de données, qui peut être mieux géré par Fog Computing à partir de sa nouvelle fonctionnalité. De plus, les termes associés au crowdsourcing vidéo dans VFC peut être définie comme suite :

- **Les nœuds Fog** : On considère deux types de nœuds Fog.

- Nœud Fog cellulaire : nœuds de calcul colocalisés avec des stations de base cellulaires.
- Nœuds Fog véhiculaires : nœuds de calcul transportés par des véhicules en mouvement avec des modules de communication DSRC et LTE embarqués.
- **Les véhicules clients** : les véhicules qui génèrent une vidéo de la caméra sont définis comme des véhicules clients.
- **Les zones de service** : Aujourd'hui, les villes modernes sont entièrement couvertes par les réseaux cellulaires. Ils divisent une zone urbaine en zones de service et sélectionnent un nœud Fog cellulaire (tête de zone) dans la zone pour gérer et coordonner tous les nœuds Fog. Les nœuds Fog des véhicules et les véhicules clients informent toujours le chef de zone lorsqu'ils entrent ou sortent de la zone, en utilisant les mécanismes d'enregistrement cellulaires existants.

Aperçu du processus de crowdsourcing vidéo dans FCV

La figure 9 illustre le processus de crowdsourcing vidéo dans FCV. L'ensemble du processus comprend quatre opérations.

Découverte des nœuds Fog : dans la phase initiale, un véhicule client doit déterminer quels nœuds Fog véhiculaires sont situés dans sa zone de communication. Il diffuse des messages de sonde à un saut sur DSRC et recueille les réponses des nœuds Fog des véhicules. Tous les nœuds Fog véhiculaire qui répondent sont inclus dans la liste des candidats au Fog.

Envoi de demandes : après avoir découvert des candidats au Fog, le véhicule client envoie une demande au chef de zone via LTE. La demande contient des informations sur la vidéo de la caméra de tableau de bord (Dash) à transmettre aux candidats au Fog.

Profils vidéo de caméra de tableau de bord (Dash) : description de la vidéo de caméra de tableau de bord générée, telle que la durée de la vidéo et les résolutions vidéo prises en charge.

Générateur vidéo : véhicule client qui génère une vidéo de caméra de tableau de bord et envoie la demande.

Candidats au Fog : nœuds Fog véhiculaires dans la zone de communication du véhicule client.

Collecte de la vidéo de la caméra de tableau de bord (Dash) : lors de la réception d'une demande d'un véhicule client, le chef de zone attribue le nœud Fog du véhicule le plus proche du véhicule client pour collecter la vidéo de la caméra de tableau de bord.

Conduite du service d'application de véhicule : comme illustré sur la figure 9, après la collecte de la vidéo de la caméra de tableau de bord, un service d'application de véhicule spécifique (par exemple, la détection de la construction de routes et la navigation dans le stationnement) serait effectué dans les nœuds Fog.



Figure 9: Applications véhiculaires basées sur le crowdsourcing vidéo [28]

3.2. Map 3D pour Échange efficace de données

En connectant des véhicules intelligents ainsi que l'infrastructure routière, la plage de perception des véhicules peut être considérablement étendue, et les objets cachés dans les angles morts peuvent être efficacement détectés et évités. Pour cela, des données précises de la carte routière doivent être téléchargées en temps réel sur ces véhicules intelligents à des fins de navigation et de localisation. En outre, le cloud doit être mis à jour avec les changements

dynamiques survenus dans le réseau routier. Celles-ci impliquent la transmission de données de cartes routières 3D haute définition pour représenter avec précision les environnements physiques. Dans ce travail [29], ils proposent des solutions sous l'architecture de Fog Computing dans un réseau hétérogène de véhicules pour optimiser l'échange de données entre les véhicules intelligents, l'infrastructure routière ainsi que les bases de données régionales. Plus précisément, l'efficacité de la diffusion des données de la feuille de route 3D aux nœuds de Fog en bordure de route est obtenue en exploitant des techniques de codage d'index pour réduire la charge globale des données, tandis qu'une planification opportuniste des transmissions hétérogènes peut être effectuée pour gérer judicieusement les ressources du réseau et minimiser les coûts d'exploitation. De plus, des techniques de codage et de hachage de nuage de points 3D sont appliquées pour accélérer les mises à jour de divers changements dynamiques dans le réseau.

Les principales contributions de cette application sont résumées comme suit.

- Dans le cadre du Fog Computing véhiculaire, ils intègrent l'algorithme de codage d'index pour diffuser de manière optimale les données de la carte routière 3D haute définition parmi les véhicules intelligents et l'infrastructure routière afin de réduire le nombre de transmissions et la charge de données requises tout en satisfaisant les exigences des véhicules.

- Ils proposent des algorithmes de planification opportunistes basés sur le Fog basés sur des plans de déplacement des véhicules pour le téléchargement des données cartographiques dans les réseaux de véhicules à l'échelle de la ville. Ces ordonnanceurs dynamiques déterminent le mode de transmission (diffusion à courte portée ou monodiffusion à longue portée) en fonction des ressources disponibles au niveau des dispositifs de brouillard afin de réduire le coût d'exploitation global du réseau. De plus, des techniques de codage différentiel et de hachage pour le téléchargement de données de Fog de points 3D au niveau des véhicules sont également proposées pour éviter la redondance des données et donc réduire la charge de traitement et de calcul des nœuds de Fog en bordure de route.

3.3. Smart Traffic Lights

Un dynamiques Traffic Lights système (DTLS) est une application importante de réseau véhiculaire qui optimise efficacement le trafic aux jonctions de Traffic Lights en utilisant le

concept de Fog Computing. Comme cette application est distribuée (spécifique à la localisation et sensible au temps), une solution centralisée telle que CCV ne peut pas être utilisée. Différents Fog peuvent être utilisés aux jonctions des feux de circulation pour calculer la durée de chaque signal en fonction de la circulation autour de la jonction. Le système actuel de feux de circulation attribue un temps dédié à chaque direction, rendant ainsi l'ensemble du système statique. La limitation de ce système est que la circulation d'un côté doit attendre le feu vert même s'il n'y a pas de véhicule traversant la route dans la direction actuelle du feu vert. Un DTLS dynamique attribue le temps de chaque signal en fonction du trafic présent autour de la jonction.

Un exemple de système smart Traffic light system est illustré à la figure 3.

Les Traffic Lights peuvent servir de dispositifs de Fog pour envoyer des messages d'avertissement aux véhicules qui approchent dans une direction particulière. L'interaction entre le véhicule et les RSU est basée sur la communication à courte portée dédiée. Les RSU peuvent communiquer entre elles pour former un Fog et envoyer les informations de sécurité perçues agrégées au feu de circulation. Les Traffic Lights peuvent être commutés d'un mode à un autre sous forme de numéro ou type de véhicules approche vers eux. DTLS est l'une des principales applications du Fog Computing. La portée de communication de chaque RSU est généralement de 500 à 1 000 m et c'est une norme habituelle que chaque véhicule envoie des paquets de balises périodiquement. Par conséquent, les RSU peuvent estimer le trafic sur un segment de route particulier. Sur la base des informations calculées, les unités RSU peuvent propager les informations aux serveurs de brouillard et, par conséquent, la durée des feux de circulation peut être décidée en conséquence.

Dans [30] discutée différents scénarios de DTLS :

1. S'il y a un trafic intense d'un côté du tronçon de route et que l'autre côté de la route est libre, le Traffic Lights peut devenir vert pour le côté trafic intense et rouge pour la route libre. Cela peut être mis en œuvre en utilisant des serveurs Fog collectant des informations à partir des RSU et en prenant des décisions en temps opportun en effectuant des calculs.

2. Dans un scénario, où un véhicule d'urgence comme une ambulance se rapproche d'un croisement routier. Les RSU à proximité peuvent identifier l'ambulance grâce aux informations qu'elle envoie. Les caméras vidéo déployées dans les RSU sont également capables de reconnaître les feux clignotants. RSU observant l'événement a propagé cette information dans

le Fog. Les feux intelligents voisins servant de Fog peuvent coordonner et créer un signal de feu vert en plus d'envoyer des signaux d'avertissement aux véhicules qui approchent.

3. Traffic Lights peut également détecter la présence de véhicules et mesurer la vitesse et la distance des véhicules à proximité. Les capteurs déployés sur les serveurs Fog peuvent faciliter l'allumage de ces feux lors de l'identification des véhicules et vice versa. Les feux intelligents le long de la route servent de dispositifs de Fog qui peuvent utiliser en collaboration les ressources de manière efficace.

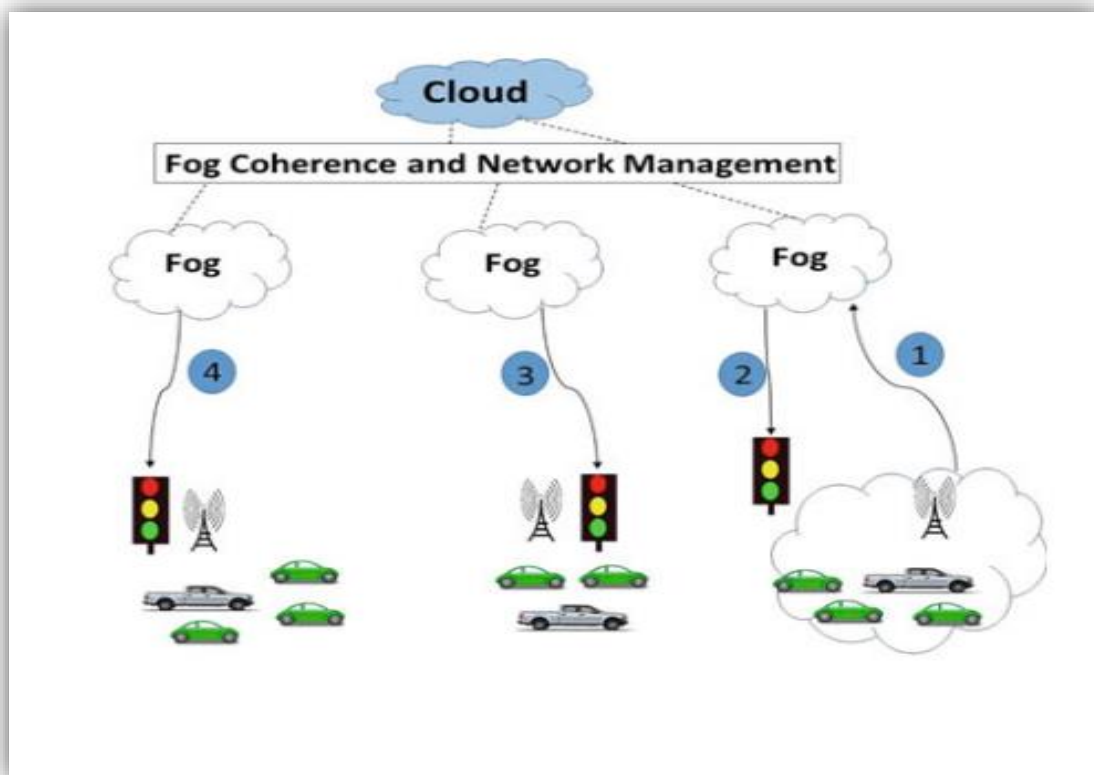


Figure 10: Smart Traffic Light System utilisant Fog Computing

4. Les techniques des disséminations d'informations

4.1. Migration VM de machine virtuelle

Cette technologie permet d'améliorer l'utilisation des ressources physiques intensives. Dans le nouveau paradigme des réseaux de brouillard véhiculaire, la mobilité des véhicules est un

enjeu majeur pour la continuité des services dans le cloud, ce mécanisme aborde ce problème en configurant un environnement Par manque de pression sur les ressources physiques.

Les ressources matérielles des véhicules et des infrastructures routières sont strictement limitées dans les réseaux véhiculaires. La technologie d'application du Fog Computing améliore l'utilisation de ressources physiques intensives. Dans le nouveau paradigme des réseaux de véhicules assistés par le Fog, la mobilité des véhicules est un enjeu majeur pour la continuité des services dans le cloud. Les mécanismes de migration Virtual Machine Dynamics (VM) résolvent le problème. [31] Une machine virtuelle permet à un utilisateur de configurer un environnement et d'exécuter ses processus uniques sans se soucier des ressources physiques impliquées. Les ressources sont gérées par des hyperviseurs qui, à leur tour, isolent les machines virtuelles, bien que certains puissent partager la même ressource physique, de sorte que chaque ordinateur virtuel (et son utilisateur correspondant) oublie ses voisins. Le déplacement d'une machine virtuelle d'un emplacement physique à un autre est simple et potentiellement transparent. Ces migrations de machines virtuelles (VMM) peuvent être déclenchées pour gérer les points d'accès ou équilibrer la charge des ressources. [32]

Par exemple, Teka et autres a proposé une stratégie de migration des VM basée sur une approche Multi-Path TCP (MPTCP) pour garder les hôtes VM utilisant le même protocole Internet (IP) pour suivre les mouvements des utilisateurs [33]. L'établissement d'un MPTCP [34] est une méthode pour exécuter un protocole Internet unique entre des nœuds de communication dans une communication sans fil. Les auteurs de [33] ont utilisé la couche de transport MPTCP pour permettre à la connexion de rester établie après qu'un périphérique mobile (MD) a changé son adresse IP pendant le transfert. MPTCP réduit considérablement le délai.

4.2. Codage

Pour réduire la latence en présence de nombreux véhicules intelligents, les opérations de diffusion locale aux nœuds de Fog RSU peuvent être améliorées par un codage d'index. Le codage d'index est une variante du codage réseau appliqué aux communications sans fil. Les véhicules à proximité recevront probablement des informations communes par diffusion locale, qui possèdent également certaines informations préalables (c'est-à-dire des informations reçues

d'autres nœuds de Fog RSU sur des segments de route précédemment traversés). La diffusion intelligente des données compte tenu des informations préalables peut réduire considérablement le nombre de transmissions de diffusion nécessaires.

Exemple de scénario

Un simple scénario utilisant le codage d'index pour la diffusion de données Map sur la Fig. 11. Il y a deux véhicules intelligents se déplaçant dans des directions opposées. Tenez compte des données cartographiques statiques pour deux segments de route, notées m_1 et m_2 dans la représentation sous forme de chaîne de bits. Les deux véhicules se trouvent maintenant dans la portée de transmission d'un nœud Fog RSU commun et avaient obtenu les données Map m_1 et m_2 en conséquence, avant d'entrer dans leurs segments de route respectifs. Le nœud Fog RSU commun peut diffuser un paquet codé $m_1 \oplus m_2$, où \oplus est un opérateur XOR au niveau du bit, réduisant ainsi le nombre de transmissions de diffusion. Pour obtenir les données Map requises, les véhicules peuvent décoder en utilisant les données reçues comme suit : $m_1 \oplus (m_1 \oplus m_2) = m_2$ et $m_2 \oplus (m_1 \oplus m_2) = m_1$.

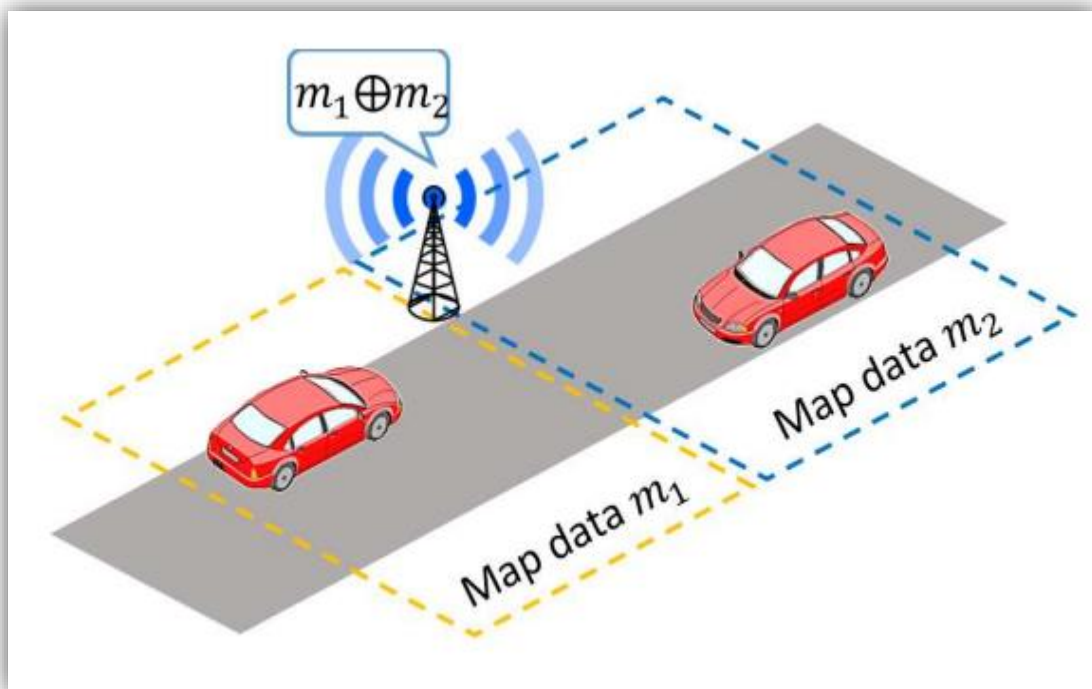


Figure 11: Un exemple de codage d'index pour la diffusion de données

Map avec deux véhicules intelligents mobiles opposés [29]

4.3. Clustering

Les Réseaux véhiculaire présentent plusieurs défis, tels que la mobilité élevée des noeuds, le problème des terminaux cachés, le nombre limité de canaux, les déconnexions fréquentes etc. Les chercheurs ont proposé plusieurs solutions à ces problèmes. Le clustering est l'une des solutions proposées.

Le clustering est un groupe virtuel de nœuds ayant des caractéristiques similaires. . Le schéma de regroupement divise les véhicules en différents groupes en fonction de la densité des véhicules. Chaque cluster élit au moins un leader, appelé chef de cluster (CH), qui sert d'entité de gestion centrale locale, effectuant un arrangement de communication intra-cluster, l'agrégation d'informations locales et la diffusion d'informations locales [35]. Tous les CH sont interconnectés de telle sorte qu'il serait facile de diffuser les messages aux autres chefs de cluster. Un avantage de l'utilisation des CH est que ce modèle de communication a éliminé le concept d'environnement de communication à sauts multiples. Un CH stockera toutes les données acquises dans sa base de données et il distribuera les données à ses clients sur demande.

Les clusters virtuels représentent notamment une solution afin d'optimiser la dissémination des informations du trafic dans les réseaux Fog véhiculaires. L'avantage est que chaque cluster déplace dynamiquement par le changement des membres de groupe, chaque cluster besoin d'un CH (Cluster Head) qui assure la communication et l'échange d'informations (vitesse, nombre de membre, etc.) avec le monde extérieur, par contre la communication inter-cluster se fait par la communication V2V.

En particulier, les serveurs Fog, stockage, calcule, sécurité, peuvent être différencier et invoquer en utilisant les clusters virtuels. Les clusters virtuels peuvent être former pour généraliser l'estimation du trafic en incluant tous les types des noeuds. H R Arkian et al, proposent une approche de clustering en trois-étapes pour l'estimation du flux du trafic.

L'approche est un mécanisme évolutif qui exploite efficacement le nombre de véhicules équipés circulant sur un segment de route pour estimer de manière optimale la densité de trafic totale. Pour cette raison, ils ont fourni une nouvelle méthode de clustering, une technique de chaînage de cluster et une méthode généraliser pour l'estimation du trafic. Les résultats de la simulation décrivent la précision de leur approche par rapport au schéma « online learning weighted support-vector regression » (OLWSVR) [36].

Procédure de maintenance du cluster

Outre l'algorithme de formation de cluster, nous avons également besoin d'un algorithme de maintenance de cluster pour faire face aux changements de topologie causés par les véhicules qui se joignent et qui quittent fréquemment. I Ahmed et al, présente cet algorithme de maintenance. Si un cluster est formulé et qu'un CH est sélectionné avec succès à la fin de la phase de formation du cluster, la maintenance du cluster commence, sinon, le processus de formation de cluster est répété. Un cluster formé a besoin de maintenance dans le sens où de nouveaux membres rejoignent ou des membres existants quittent le cluster. Pour quitter le cluster avant d'atteindre la destination. Si tous les véhicules quittent le CH ou que le CH quitte le cluster, alors tout véhicule qui souhaite une formation de cluster démarre un nouveau processus de cluster [37]. H R Arkian et al, utilisent un algorithme de maintenance contenant trois scénarios différents comme suit : [36]

- **Cluster Joining** : Lorsqu'un véhicule non-cluster envoie un message de demande d'adhésion à une tête de cluster, le chef de cluster vérifie si sa vitesse relative est dans les limites du seuil de cluster ; Si oui, le responsable du cluster acceptera le véhicule en ajoutant son ID à la liste des membres du cluster.

- **Cluster Leaving** : Lorsqu'un véhicule quitte le groupe, la tête du cluster perd le contact avec celui-ci. Par conséquent, la tête de cluster supprime ce véhicule de la liste des membres du cluster.

- **Cluster Emergin** : Lorsque deux têtes de grappes entrent dans les plages de transmission et que leurs propriétés sont identiques (par exemple, vitesse relative), la tête de grappe avec une valeur de pertinence inférieure abandonne son rôle de tête de grappe et devient membre de la grappe.

Procédure de sélection du Tête de Groupe (Cluster Head)

H. Arkian et al, modélisent un algorithme de sélection de têtes de cluster. Les informations de sélection de tête de cluster pour tout noeud sont limitées aux noeuds situés dans une distance de transmission par rapport au noeud lui-même. La priorité d'un noeud de devenir un CH est déterminée par la valeur de son facteur Bepfit. Ainsi, les noeuds commencent d'abord à calculer leur facteur Bepfit pour qu'il devienne un CH et à diffuser des messages contenant leur BF.

Ensuite, chaque noeud vote pour son voisin ayant le maximum local BF. Un noeud peut aussi voter pour lui-même, s'il a le maximum BF. Les noeuds utilisent leurs messages de vote spéciaux pour diffuser localement leurs votes. Une fois la procédure d'élection terminée, le noeud élu reconnaît sa sélection en tant que responsable de cluster en modifiant son état en CH et en informant les autres noeuds. Par la suite, les véhicules voisins modifient leur identifiant de cluster en identifiant du nouveau CH [36]. Une autre procédure complètement déférente est proposée par R S Bali et N Kumar, Une fois que chaque véhicule a déterminé sa position future, la décision concernant le prochain CH à sélectionner est prise à l'aide d'un environnement informatique centralisé tel que RSU et le cloud. Les noeuds élisent le CH en transmettant leur position prévue au cloud. Cependant, au lieu d'utiliser des métriques traditionnelles, le schéma proposé utilise un paramètre de formation de cluster (σ). La valeur de σ est basée sur le nombre de noeuds voisins. Le nombre de noeuds voisins est calculé en fonction de la portée de transmission des véhicules. Tous les véhicules dans la zone de transmission sont supposés être les voisins de l'autre véhicule. Initialement, le noeud avec les valeurs σ les plus élevées est élu en tant que CH et les noeuds situés dans leur voisinage à un saut jouent alors le rôle de membres du cluster [38].

4.4. Comparaison entre les techniques

Le tableau suivant présente les multiples de comparaison des approches.

Techniques	Avantages	Inconvénient
Migration VM de machine virtuelle	<ul style="list-style-type: none"> – Ces techniques de migration de VM réduisent les latences et les temps d'arrêt – Sécurité lors de la migration de machines virtuelles. 	<ul style="list-style-type: none"> –Les performances d'une machine virtuelle peuvent être affectées par d'autres machines virtuelles sur le même système hôte. –la virtualisation entraîne une augmentation des risques de sécurité

<p>Codage</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Réduire la latence en présence de nombreux véhicules intelligents – Réduire le nombre de transmissions et la charge de données nécessaires tout en répondant aux exigences des véhicules – Amélioré le débit – Les nœuds prennent des décisions sur la propagation des paquets en se basent seulement sur les informations locales – Bande passante réduite, 	<ul style="list-style-type: none"> – Taux d'erreurs plus élevé
<p>Clustering</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Des liens à plus haut débit. – Utilisation correcte de la bande passante du réseau car seules les têtes de cluster participent au processus de routage, et les membres interagissent uniquement avec le CH de leur cluster, ce qui évite l'échange inutile de messages entre les nœuds du même cluster. – le nœud leader (CH) aide à réduire les nombres de transmis de messages aux nœuds membres dans sa zone. Cela signifie une sécurité accrue et l'Augmentation la scalabilité du réseau. – La méthode de clustering aide à diviser le réseau en segments plus petits, plus faciles à gérer. – Améliorer la livraison des messages et optimiser les coûts de transmission. 	<ul style="list-style-type: none"> –Le délai augmente lorsque le nombre de clusters augmente. – Une faible latence. Ne pas tenir compte de la vitesse et de la direction qui est un paramètre important pour les réseaux véhiculaires. – La stabilité du cluster est plus au moins faible. – La mobilité entre les nœuds reste faible pour maintenir la connexion radio entre les autres nœuds. – Les résultats de performance sont hétérogènes

Tableau 1 : Comparaison entre les techniques

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit les problèmes de diffusion de l'information dans les réseaux de véhicules en général, puis nous présentons quelques applications de dissémination des informations et enfin, quelques stratégies de diffusion de l'information pour le Fog Computing Véhiculaire.

CHAPITRE03

Un mécanisme d'échange des informations de
trafic dans le Fog Computing Véhiculaire
(FCV)

1. Introduction

Le paradigme Fog Computing permet de créer une couche intermédiaire qui peut être placée entre le serveur cloud et l'utilisateur final pour des opérations de stockage et de traitement des données produites par les objets connectés. Les points d'accès, stations de base, routeurs et appareils mobiles peuvent être utilisés comme nœuds de brouillard.

En particulier, l'amélioration de la diffusion des informations sur la circulation est une tâche essentielle pour réduire les catastrophes et les accidents de la route en réduisant le temps perdu aux heures de pointe. Dans ce chapitre, l'architecture de gestion que nous proposons est principalement basée sur l'infrastructure Fog et le réseau de capteurs connectés répartis dans les villes. Le réseau de capteurs est utilisé pour collecter les données de trafic, tandis que le système Fog traite les données en temps réel. En particulier, l'architecture FCV que nous proposons est basée principalement sur l'infrastructure Fog et la prolifération du réseau de capteurs connectés autour des villes. Les services de trafic utilisent un mécanisme d'échange de données pour diffuser les données prévues. Le mécanisme d'échange de données que nous proposons est exploité via différentes communications telles que la communication entre les véhicules (V2V) et les stations de base (V2I) et le Fog to the Cloud (F2C), etc.

2. Architecture Fog Computing pour l'échange d'information du trafic

Cette section explique l'architecture Fog Computing Véhiculaire (FCV) proposée pour les véhicules connectés, le rôle et le mode de fonctionnement de chaque composant. Notre architecture proposée profite à la fois du calcul dans les serveurs Fog, la connaissance de la position des nœuds et la position des stations de base afin de fournir un mécanisme de désamiation des informations efficace pour les véhicules supportant le Fog Computing. En particulier, l'architecture que nous proposons repose sur trois couches essentielles : la couche Cloud, la couche de Fog et terminale, comme le montre la figure suivante :

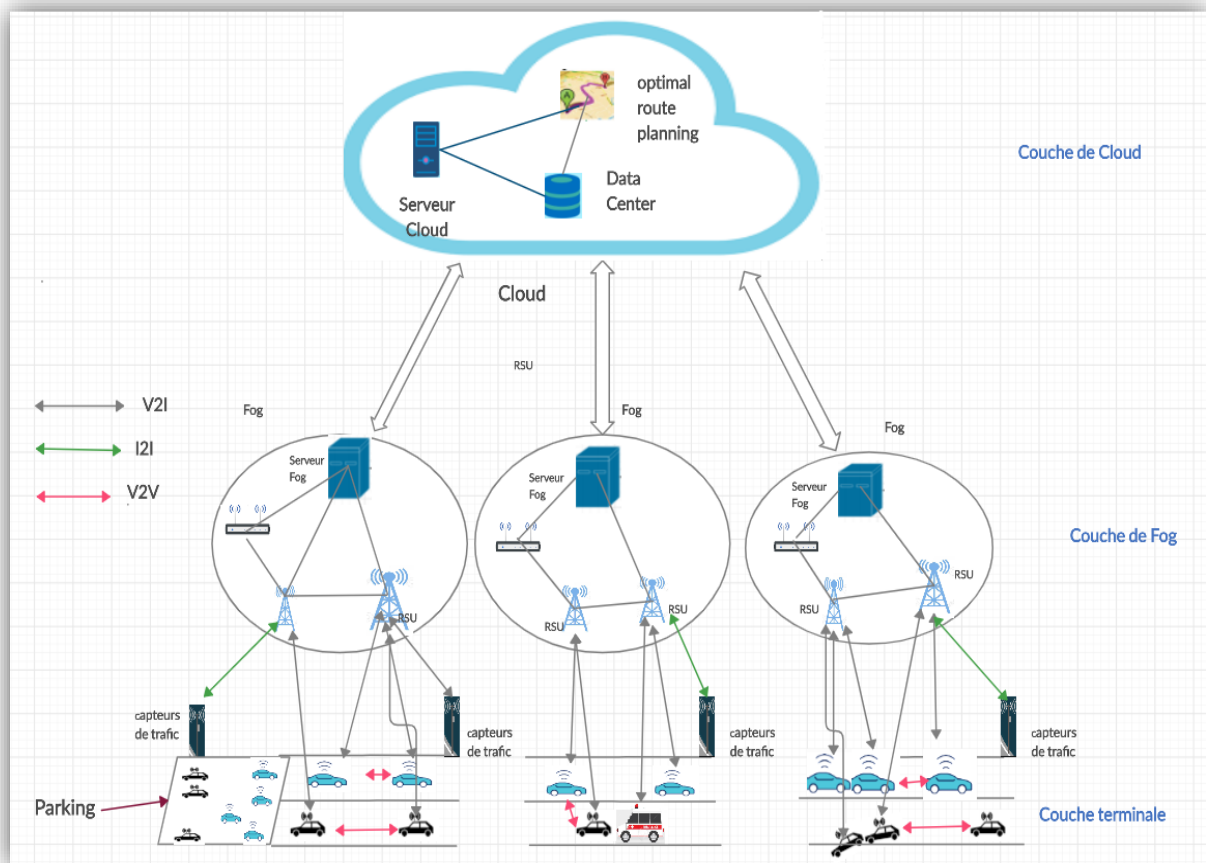


Figure 12: L'architecture Fog Computing Véhiculaire (FCV) proposée à trois couches.

Couche terminale : Cette couche est la plus proche de l'environnement physique et de l'utilisateur final. Il se compose de véhicules, capteurs, etc. Comme le motif de notre approche

est de diffuser les messages dans un environnement véhiculaire connecté, seuls les véhicules et les capteurs sont représentés dans la couche terminale. De plus, ils sont chargés de détecter l'environnement environnant et de transmettre les données à la couche de Fog pour traitement et stockage.

Couche de Fog : La couche de Fog est située à la limite d'un réseau. Il se compose de nœuds et de serveurs Fog, qui comprennent des points d'accès, des passerelles, des RSU, des stations de base, etc. Dans le VFC, les RSU et les stations de base jouent un rôle majeur dans la diffusion des messages. La couche de Fog peut être statique à un emplacement fixe ou mobile sur des supports mobiles tels que dans l'environnement véhiculaire. De plus, ils sont responsables du traitement des informations reçues du terminal et de leur stockage ou diffusion temporaire sur le réseau.

Couche de Cloud : La fonction principale du cloud Computing dans VFC est de garder une trace des ressources allouées à chaque nœud de Fog et de gérer l'interaction et l'interconnexion entre les charges de travail sur une couche de Fog, communément appelée orchestration de Fog.

Dans ce qui suit, nous allons présenter un aperçu des principaux composants de l'architecture proposer illustrer dans la figure précédente. Ces composants sont :

Les véhicules : chaque véhicule est équipé de capteurs d'unités embarquées (OBU), d'un appareil GPS et d'un module émetteur-récepteur radio pour un accès sans fil dans un environnement de véhicule (WAVE). Périodiquement, chaque véhicule observe sa position actuelle et la partage au les autres avec des communication (V2V) et (V2I).

Les stations de base : sont des composants très importants dans les réseaux mobiles et sans fil pour une communication transparente et un traitement du signal de données. Les stations de base traditionnelles équipées de certaines capacités de stockage et de calcul sont considérées comme adaptées au calcul du Fog, comme Road Side Unit (RSU). Dans notre architecture les unités RSU sont équipées de quelques serveurs puissants, afin d'assurer le stockage, l'informatique et la communication en temps réel dans Fog. Ces stations seront chargées de collecter les données locales et, ensuite, de calculer une position précise des nœuds à l'aide des techniques d'échange de données. Ainsi, chaque serveur Fog peut calculer une position de nœud localement et échanger ces données avec le serveur Cloud.

Les capteurs de trafic : sont utilisés pour collectée des informations sur le trafic routier. Ils sont utilisés aussi pour mesurer le volume de trafic et les taux d'occupation au moyen d'une fonction sensorielle stable.

Les Gateways : servir d'infrastructure potentielle pour le Fog Computing., les appareils Gateways sont conçus avec certaines ressources système, notamment les processeurs de données, la mémoire primaire et secondaire extensible, les plates-formes de programmation, etc. ont été introduits comme nœuds de brouillard. Le déploiement distribué des appareils Gateways permet à l'informatique de brouillard d'être omniprésente.

Les serveurs Fog : sont qui chargés de collecter les informations de localisation des véhicules dans Fog. À ce niveau, des serveurs puissants recueillent les informations de localisation (mesures des capteurs GPS, les données collectées par les RSU), effectuent les calculs, fournissent une localisation précise des véhicules et partagent les données collectées dans le Fog. Les Fog peuvent être créés à partir d'autant d'appareils ou nœuds selon **les besoins pour n'importe quelle zone donnée d'un système de localisation.**

Les serveurs cloud : les serveurs Cloud sont le backend de système, il reçoit toutes les données des réseaux Fog, ils prennent connaissance de la localisation de tous les appareils sur le Fog. Ainsi, permettant au Cloud d'avoir une vue globale de l'ensemble du système.

2.1. Le principe de l'architecture

Cette section a pour but de décrire Le principe de l'architecture Fog Véhiculaire pour la gestion du trafic, comme le montre la figure 12.

Les utilisateurs peuvent partager une énorme quantité de données entre les véhicules. Une question critique se pose, tout en traitant avec le cloud Computing, sur le retard qui se produit lors du transfert des données des véhicules vers le serveur cloud et de la récupération des informations après stockage et traitement. En raison de ce facteur et avec une augmentation du nombre de véhicules à mobilité croissante, il existe un besoin pour une architecture qui garantisse une faible latence et des services ininterrompus. Le Fog assure la connexion entre la couche de véhicule intelligent et la couche Cloud. Pour ce faire, les véhicules contiennent des appareils qui utilisent des protocoles de communication sans fil, tels que 802.11p, 3GPP, 3G, 4G, LTE et 5G. Le but est de fournir une faible latence, la connaissance de l'emplacement, la gestion des urgences, la mise en cache, la découverte de contenu, et le calcul et améliore la

qualité des services car il est à proximité des véhicules, et il est utilisé pour l'interaction en temps réel.

3. Mécanisme de la diffusion de données dans le FCV

3.1. Mécanisme de communication

En mode normal, les données du trafic prédites du réseaux véhiculaires traditionnelles sont disséminent avec les communications (V2I et V2V). Dans le réseau Fog Computing véhiculaire pour contrôler la mobilité des véhicules, un mécanisme de communication de diffusion de données est proposé.

Communication intra-véhicule : Les communications à l'intérieur du véhicule. De plus les OBUs qui sont installés dans les véhicules, sont capables de communiquer à l'intérieur du véhicule (c'est-à-dire que divers capteurs fournissent des informations comme la congestion du trafic, les freins, accélérateur ou tout autre objet à proximité).

Communication inter-véhicules : Il signifie des communications entre différents véhicules. La communication inter-véhicules implique des défis techniques plus importants car la communication avec les véhicules doit être prise en charge une fois lorsque les véhicules sont à l'arrêt et lorsqu'ils se déplacent. Il peut y avoir une communication directe entre les véhicules. La communication de cette nature permet le partage d'informations entre les véhicules indépendamment de l'infrastructure. Néanmoins, la communication V2V s'applique à une portée limitée.

Communication extra-véhicule : La communication extravéhiculaire représente la communication entre le véhicule et le monde extérieur, c'est-à-dire V2I (véhicule aux nœuds Fog, RSU, etc.). Le déploiement de Fog Computing de pointe le long de la route peut assurer la communication entre les véhicules en mouvement. Un véhicule peut interagir avec les autres véhicules en approche et les avertir en cas de risque ou de goulot d'étranglement de la circulation et du nombre de piétons sur la route. De plus, le Fog Computing facilite les environnements accessibles, fiables et distribués qui sont en synchronisation avec les capteurs locaux. V2I permet l'échange d'informations sans fil entre les véhicules et l'infrastructure (par exemple, RSU, etc.). L'OBU des véhicules ayant une capacité de traitement et de stockage limitée,

certaines applications s'appuient sur les serveurs de périphérie comme plate-forme ou middleware. Dans certains cas, la communication V2I devrait accéder à des informations globales, par exemple, dans les systèmes de stations-service.

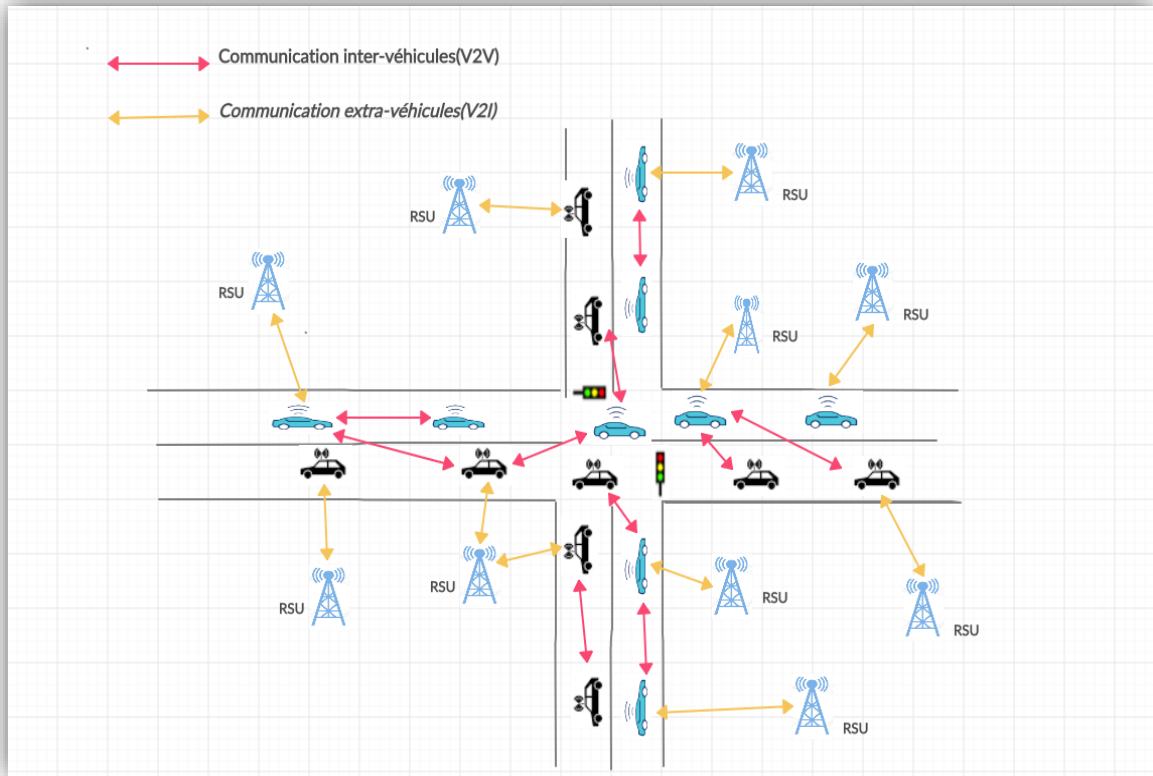


Figure 13: Communication inter-véhicules/Communication extra-véhicules

Communication Fog vers le cloud : le cloud est le contrôleur central des serveurs Fog déployés à différents endroits. Chaque serveur Fog fournit des services aux utilisateurs à des emplacements spécifiques. Le cloud regroupe les informations reçues des serveurs Fog et effectue des calculs centralisés et les serveurs Fog transmettent les informations reçues du cloud aux utilisateurs de l'application.

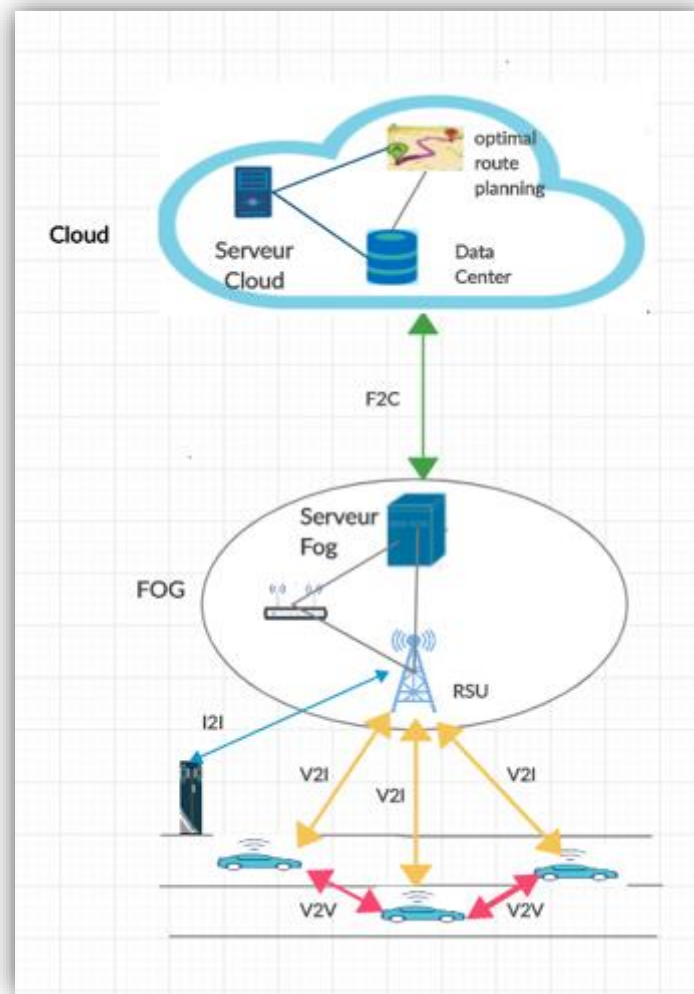


Figure 14: Communication Fog vers le cloud

3.2. Le mécanisme d'échange de données

Pour une diffusion efficace des informations du trafic, nous proposons un simple mécanisme permettant aux véhicules d'éviter les obstacles du trafic, efficace dans différents scénarios de circulation aux heures de pointe ou lorsqu'un accident se produit sur la route. Le but principal de ce mécanisme est de fournir plusieurs types de messages à échanger entre les véhicules et les services Fog notamment les services Cloud. Nous définissons plusieurs types de messages pour ce mécanisme.

Message de description d'événement (MDE) : est un message précieux émis par des véhicules pour signaler la survenance d'un événement inattendu. Leur description inclut le lieu de l'événement, la description des données de l'événement et l'heure de début de l'événement. Les données de localisation de l'événement sont identifiées par le système GPS. La description des données d'événement fait référence aux données relatives à des problèmes soudains. En particulier, chaque MDE doit contenir les fonctionnalités de base suivantes pour publier des informations sur l'événement :

<VehicleIndex> : le champ Index du véhicule comprend l'identifiant unique de l'expéditeur du véhicule connecté.

<EventPosition> : l'emplacement de l'événement inattendu actuel.

<EvtStartTime> : heure typique de l'événement de démarrage.

<EvtDescription> : description de l'événement survenu.

< PositionVeh> : l'emplacement actuel de véhicule ;

Message de demande (MDD) : est un message envoyé par le véhicule pour demander des informations sur le trafic aux nœud Fog, où chaque MAD inclut les informations sur le véhicule et ses revendications. Un message MAD comprend les champs suivants :

<VehicleIndex>, <On-demandData> et <VehPosition>.

Message de collecte de données (MCD) : les nœuds de Fog libèrent ce type de message pour collecter des informations sur les véhicules individuels (par exemple, la source, la destination et la vitesse) et augmenter la précision des informations de trafic prévues. Les messages de collecte de données sont diffusés dans le réseau véhiculaire via les communications V2V et V2I. Pour collecter les données du véhicule, deux types de DCM sont utilisés :

(a) Message de collecte de données downlink (CDD) : est un message de demande diffusé par le nœud Fog pour collecter des informations sur les véhicules individuels à partir d'un groupe de véhicules. Le DDC est utilisé pour contrôler la mobilité du véhicule lorsque des événements prévus par le nœud de Fog sont détectés.

(b) Message de collecte de données uplink (CDU) : est un message de réponse envoyé par les véhicules individuels au nœud Fog. Le message comprend des informations individuelles

sur le véhicule, telles que la vitesse moyenne, la position actuelle, la source, la destination et la route.

Message d'information de Traffic (MIT) : un message contient les informations sur la circulation des véhicules (tel que les véhicules individuels et les véhicules) Ce message est diffusé par les nœuds Fog pour maintenir la sécurité des véhicules. Il comprend l'indice du véhicule (IV), la position du véhicule (VehPosition) et les données de trafic essentielles (DTE) (par exemple, changer de route, changer de ligne, etc.). De plus, les véhicules qui ont reçu ce message doivent ajuster leur trajet en fonction de ces données. Dans le cas où les informations sur le trafic nécessitent en déclenchant un système intelligent, des serveurs Fog intelligents sont incorporés pour contrôler les feux de circulation.

Message périodique (PM) : est un message qui est périodiquement envoyé par les nœuds Fog lorsque l'événement accumulé persiste. Ce type de message contient des informations sur le trafic concernant le taux de congestion, les nouvelles directions, la vitesse moyenne du trafic, etc.

4. Les algorithmes de traitement des messages

4.1. Algorithme de message de traitement de service Fog

Algorithm 1: Fog service handle message algorithm

1 : Handle Message : Received Message de description d'événement

2: check and cast < MDE >;

3: Go to line 10;

4: Handle Message: Received Message de demande

5: check and cast < MDD >

6: Go to line 10;

7: Handle Message: Received Message de collecte de données uplink

8: check and cast < CDU >

9: Go to line 10;

10: Handle Message: Predict the Traffic Information**11: if** the traffic information require data collection from the vehicles

12: Send (CDD, all Fog gates);

13: end if**14: if** the collected data are available

15: Predict the traffic information;

16: Go to line 18;

17: end if**18: Handle Message: Send Message d'information de Traffic****19: if** the traffic information are convenient for On-demand model

20: Send (MIT, vehicle gate);

21: end if**22: if** the traffic information are convenient for all vehicles

23: wait until the elapsed time of the broadcast = true

24: Send (PM, all cloud gates);

25: end if**29: if** the traffic information is convenient for serious situations

30: Send traffic report to Cloud center.

31 : end if

4.2. Algorithme de message de manipuler de véhicule

Algorithm 2 Vehicle handle message algorithm

```

1 : Handle Message : Send Message de demande
2: Create and initiate < MDD >;
3: MDD.VI = getVehicleID ();
4: MDD.VehPosition = getVehGPSPosition ();
5: MDD.On-demandData = getOn-demandData ();
6: Send (MDD, vehicle gate);
7 : Handle Message : Send Message de description d'événement
8: Create and initiate < MDE>
9: MDE.VehicleIndex = getVehicleID ();
10: MDE.EventPosition = getEvtPosition ();
11: MDE.EvtStartTime = getEvtStartTime ();
12: MDE.EvtDescription = getEvtDescriptionData ();
13: MDE.PositionVeh=getPositionVeh ();
14: Send (EDM, vehicle gate);
15: Handle Message: Receive Message de collecte de données downlink
16: Create and initiate < CDD >
17: CDU.VehicleIndex = getVehicleID ();
18: CDU.VehicleSource = getVehSource ();
19: CDU.VehicleDestination= getVehDestination ();
20: CDU.VehiclePosition = getVehGPSPosition ();
21: Send (CDU, vehicle gate);
22: Handle Message: Receive Message d'information de Traffic
23: check and cast < MIT >
24: Update local data;
25: Handle Message: Receive Message périodique
26: check and cast < PM >
27 : Update local data

```

5. Les applications Fog Computing Véhiculaire soutenant le mécanisme d'échange de données du trafic

Les applications de sécurité critiques pour les réseaux véhiculaires nécessitent une localisation très précise le cadre de mécanisme d'échange de données présentées peut fournir une position d'estimation précise localement dans un réseau de Fog. Cette section présente Certains cas d'utilisation mis en œuvre pour évaluer la fiabilité de l'utilisation du Fog Computing pour soutenant le mécanisme d'échange de données du trafic pour les applications de mobilité intelligente dans les systèmes de transport public.

5.1. Smart Parking

L'expérience de trouver une place de parking vacante peut être très stressante dans les zones densément peuplées, en particulier aux heures de pointe. Un tel processus de stationnement prend beaucoup de temps. Le parking intelligent que visant à aider les conducteurs à trouver plus efficacement les emplacements de stationnement souhaitables grâce aux technologies de l'information et de la communication telles que les réseaux de véhicules ad hoc (VANET). Les attributions actuelles de créneaux de stationnement basés sur les VANET ne peuvent pas fournir une solution entièrement satisfaisante, car les dispositifs de communication des véhicules (les On Board Unit (OBU) et les roadside units (RSU) à manquent de capacités de calcul pour effectuer une fourniture de services humanisée et précise, telle que les informations sur les créneaux horaires et prévisions probabilistes sur les futurs créneaux de stationnement. Par conséquent, nous proposons un mécanisme d'échange de données basée sur le Fog Computing pour améliorer le parking intelligent en temps réel. Les nœuds de Fog déployés sur les parkings, coopérant les uns avec les autres, permettent le provisionnement en temps réel des informations sur les emplacements de parking ainsi que le traitement des demandes de stationnement. Ce mécanisme peut encore améliorer la capacité de stationnement intelligent en imposant une optimisation globale sur l'allocation des demandes de stationnement.

Pour résoudre le problème du parking, nous sommes confrontés à deux défis principaux ici. La première est de savoir comment permettre les communications entre les véhicules et les parkings. La deuxième est de savoir comment déterminer le parking optimal ou quasi optimal pour chaque véhicule individuel pendant un certain temps. En d'autres termes, qui peut fournir la capacité de calcul pour le processus décisionnel. Nous pouvons répondre à la première question de la solution existante, c'est-à-dire VANET. Quant au second, nous pensons qu'une combinaison de Fog Computing et le mécanisme d'échange de données peut apporter la solution. Cela est dû aux deux raisons suivantes. D'une part, quelques nœuds Fog qui sont déployés sur différents parkings et intersection, d'une autre part son potentiel de recueillir et diffuser des informations sur la circulation et le stationnement et prendre des décisions en temps approprié.

Sur la base des descriptions de notre mécanisme d'échange de données ci-dessus et en ajoutant de message beacon, chaque parking peut être stockés et gérés par des nœuds Fog. Par exemple, lorsqu'une place de parking est occupée, les informations sur le parking peuvent être

mises à jour en temps réel par des nœuds Fog. Les nœuds Fog diffusent les messages beacon sur les informations de parking actuelles aux RSU. Plus précisément, la figure 15 décrit les interactions générales entre ces entités (c'est-à-dire les véhicules, les nœuds Fog, les RSU et le nœud Cloud). La procédure fonctionne comme suit :

- Les nœuds Fog déployés sur le parking diffusent aux RSU les messages beacon que comprend les champs suivants : l'emplacement du parking, le nombre actuel de places de parking vacantes, le nombre de nouvelles places disponibles dans un avenir proche et le nombre de véhicules s'approchant du parking.
- Après avoir reçu les informations beacon, les véhicules intéressés envoient un Message de demande (demande de stationnement) aux nœuds Fog que comprend les champs suivants : <VehicleIndex> une identification unique d'un véhicule, <On-demandData> destination que les conducteurs veulent quitter pour finalement, et <VehPosition> où désigne la position actuelle des véhicules.
- Après avoir reçu la demande de stationnement via les RSU, le nœud Fog y fait face comme suit. Premièrement, le Fog estime l'heure à laquelle le véhicule arrivera; Ensuite, le nœud Fog prédit s'il existe un emplacement de stationnement vacant pour le véhicule en combinant les informations de l'emplacement actuel et les nouveaux emplacements vacants à ce moment; S'il y a un emplacement libre pour le véhicule, le nœud Fog lui envoie les informations de réponse (Message d'information de Traffic), que contient l'indice du véhicule (IV), la position du véhicule (VehPosition) et les données de trafic essentielles (DTE). S'il n'y a pas d'emplacement libre pour le véhicule au moment de son arrivée, le nœud Fog uploads une nouvelle notification vers le centre de cloud, où un parking globalement optimal. et sera déclenché Message de collecte de données downlink (CDD) par RSU pour prédire l'état réel du parking et l'encombrement des véhicules. Les véhicules impliqués (le Message de collecte de données uplink) vont générer chacun un message CDU qui comprend les données contextuelles suivantes : VehicleIndex, VehicleSource, VehicleDestination et VehiclePosition.
- Après avoir reçu les informations de réponse, les véhicules ont deux options. La première est que le véhicule suit la suggestion et se rend au parking spécifié. L'autre est que les conducteurs peuvent l'ignorer, en raison de leurs propres préférences de stationnement. Si le véhicule suit les instructions, il doit envoyer au nœud Fog les

informations de confirmation qui sont très importantes pour les nœuds Fog pour mettre à jour l'état du parking. Dans ce mécanisme proposé, nous ne prenons pas en compte la réservation d'emplacement de parking, car dans certains cas, par exemple, lorsque les véhicules sont très proches du parking et que les conducteurs sont conscients de son emplacement, il n'est pas nécessaire d'activer les dispositifs de communication (par exemple, l'OBU). Cependant, si la réservation de place de stationnement est activée, ces véhicules peuvent être bloqués à l'entrée, même s'ils arrivent beaucoup plus tôt que ceux ayant réservé.

De plus, du point de vue des propriétaires de parkings, le fait de laisser les parkings actuels inactifs avec des véhicules attendant à l'extérieur n'est pas un moyen efficace de bénéficier d'avantages. Pire encore, les embouteillages et les accidents de voiture feront subir aux propriétaires de lourdes pertes, les véhicules commandant la place de parking peuvent arriver trop tard ou même ne pas apparaître du tout.

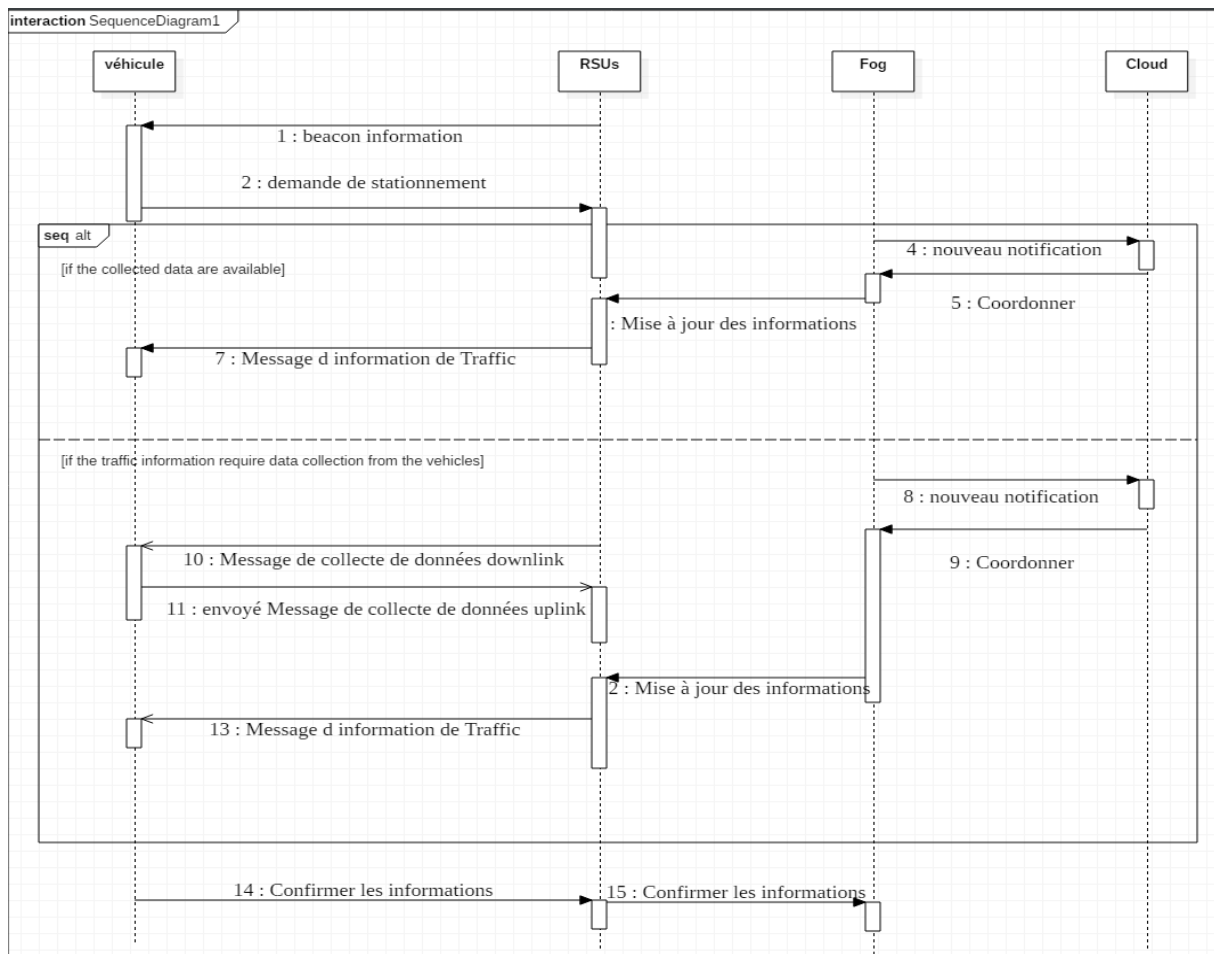


Figure 15: Interactions entre véhicules et parking

5.2. Systèmes d'avertissement de collision de véhicule

Cette application qu'aide à l'assistance à le conducteur peut être divisée en deux parties : la première est l'avertissement de distance de sécurité, qui avertit le conducteur au moment où une distance dangereuse d'un autre véhicule est atteinte. Avec notre cadre proposé, dans ce scénario, les RSU peuvent envoyer ces informations en temps réel pour les véhicules à l'intérieur du Fog minimisant ainsi le risque d'accident ? la deuxième partie est lorsqu'une collision a déjà eu lieu. De cette façon, les RSU peuvent envoyer des informations sur les collisions pour les véhicules à proximité avec des messages d'avertissement et peuvent même échanger ces informations avec d'autres RSU afin d'éviter les embouteillages autour de la zone de collision.

Le mécanisme d'échange de données ci-dessus utilise une suite d'événements pour éviter les incidents, par lequel il peut réduire les collisions de véhicules. En particulier, chaque région dans la route est gérée par des nœuds Fog, les informations partagées peuvent être mises à jour en temps réel par ces nœuds.

Ce cycle de vie d'application pilotée par les événements est présenté dans la figure 16 est décrit comme suit :

Message de description d'événement (MDE) est déclenché par les véhicules au moment où une distance dangereuse d'un autre véhicule est atteinte les véhicules, ou collision détectée est capturée par les détecteurs du trafic.

- Une fois le message EDM reçu au service Fog les agents RSU à mise à jour les données reçues par le véhicule.

- Après avoir reçu le message de description d'événement via les RSU, le nœud Fog y fait face comme suit. Premièrement, le nœud Fog voit s'il si les données collectées sont disponibles, ils envoient les informations de réponse (Message d'information de Traffic), qui contient l'indice du véhicule (IV), la position du véhicule (VehPosition) et les données de trafic essentielles (DTE). Ensuite, si les informations de circulation nécessitent la collecte de données auprès des véhicules un message de collecte de données downlink (CDD) sera déclenché par RSU pour prédire l'état réel du parking et l'encombrement des véhicules. Les véhicules impliqués le Message de collecte de données uplink) vont générer chacun un message CDU qui comprend les données contextuelles suivantes : VehicleIndex, VehicleSource, VehicleDestination et

VehiclePosition. Enfin, le service Fog va diffuser les données prédites de chaque véhicule en utilisant le message d'information sur Traffic (MIT).

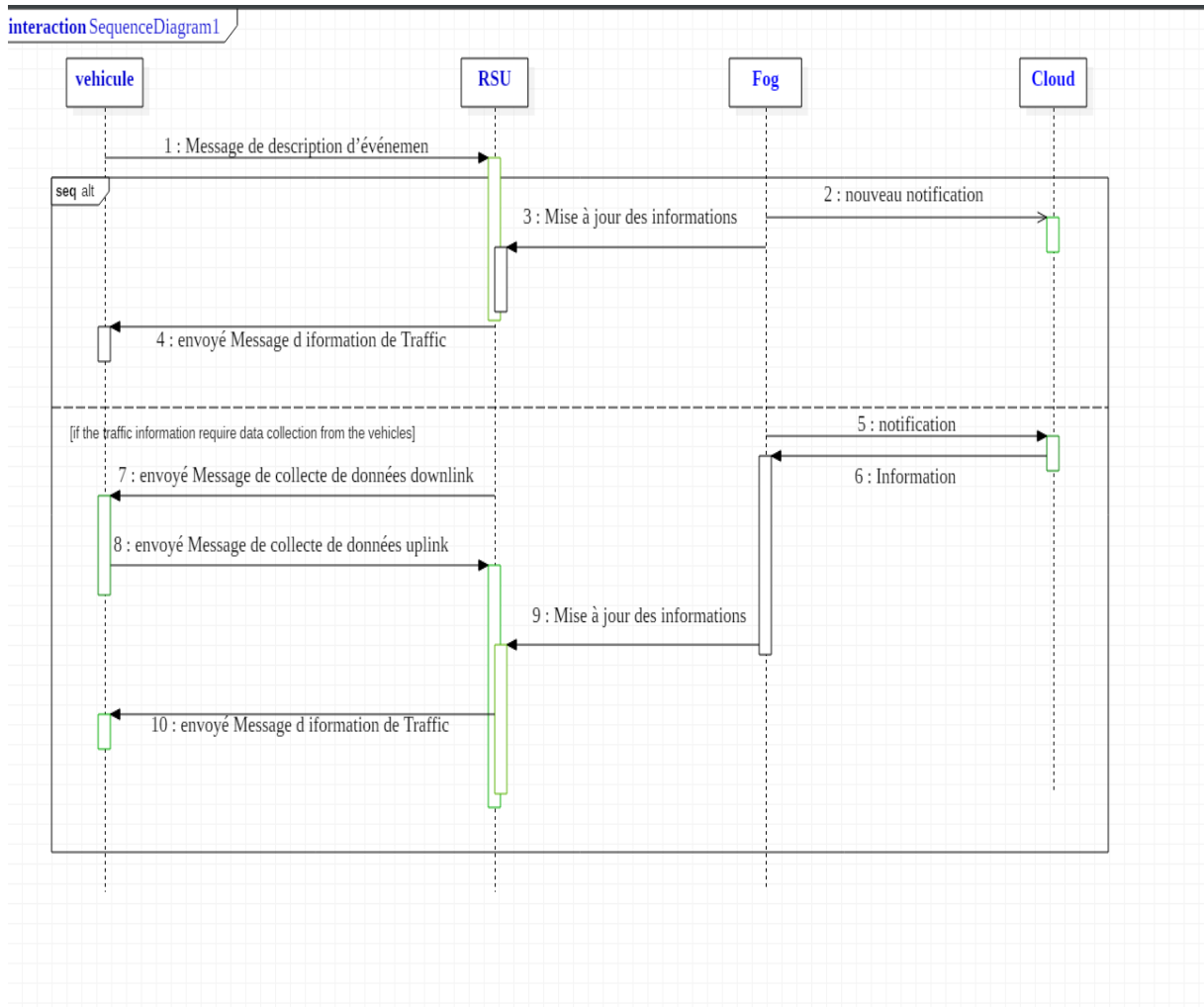


Figure 16: Diagramme de séquence de Systèmes d'avertissement de collision de véhicule

5.3. Les healthy véhicules

La congestion du trafic routier devient un problème majeur pour les villes urbaines densément peuplées. Le service d'urgence est l'un des principaux services affectés par les embouteillages, de nos jours les villes du monde sont confrontées à une catastrophe très redoutable (le maladie contagieuse coronavirus Covid-19). Là où La prévention des décès résultant de cette catastrophe un objectif important et important pour les gouvernements du

monde entier, par ce que c'est un problème avec de larges conséquences sociales et économiques.

L'intervention en moment idéale aux victimes de cette virus est une condition essentielle pour aider à minimiser la transmission de l'infection par ce virus. Dans un nombre important de scénarios, les victimes ne peuvent pas appeler à l'aide. Dans de telles situations, un plan d'action est nécessaire, qui comprend l'information des autorités compétentes et la fourniture rapide d'une assistance médicale aux victimes. En Chine, les résidents peuvent désormais télécharger une application qui indique si vous avez été en « contact proche » avec une personne infectée (par exemple un proche, un passager dans un avion ou le personnel médical). L'application, baptisée Close contact detector, se base sur les données personnelles des utilisateurs qui doivent scanner leur QR code sur le smartphone. À Hong Kong, la surveillance est bien plus sévère : les familles placées en quarantaine doivent porter un bracelet connecté qui vérifie si les personnes restent bien confinées chez elles. Si le bracelet est endommagé ou déconnecté à plus de 20 mètres du mobile, une alerte est immédiatement envoyée service d'urgence.

L'efficacité des services d'urgence est basée sur le temps mis par les « Healthy » véhicules pour atteindre le lieu du patient. Les retards dus à la circulation des véhicules peuvent entraîner transmission de l'infection et des pertes de vie. çA s'empire lorsque les « Healthy » véhicules doivent attendre que d'autres véhicules individuels cèdent le passage aux intersections avec des feux de circulation ou La congestion du trafic. Un système intelligent de gestion du trafic qui pourrait donner la priorité aux « Healthy » véhicules augmenterait ainsi le temps de réponse et donc l'efficacité des services d'urgence.

Les « Healthy » véhicules et les autres véhicules sont équipés d'une large gamme de dispositifs intégrés, tels que des capteurs connectés (RFID, caméra connectée, détection d'événements de véhicule) et des réseaux cellulaires récents (3G, GPRS et LTE) pour fournir une connexion Internet transparente. Appareils embarqués tels qu'appareil GPS, EDR, OBU et appareils de communication sans fil.

Le mécanisme des données échangées utilise un ensemble d'événements pour éviter l'encombrement détecté, où l'ensemble des événements est ordonné de la description de l'événement à l'événement de décision. La procédure fonctionne comme suit :

Le premier événement (Evt1 : Envoyer MDE) est déclenché par les « Healthy » véhicules lorsqu'un embouteillage est détectée par des véhicules. Les applications des unités embarquées

des véhicules témoins sains génèrent immédiatement l'MDE qui spécifie l'emplacement de l'événement (EventPosition), l'emplacement actuel de véhicule (PositionVeh), l'heure de début de l'événement (EvtStartTime) et la description de l'événement (EvtDescription) et l'emplacement actuel de véhicule (PositionVeh).

- Une fois le message MDE reçu aux nœuds Fog et après une coordonner entre le Fog et le Cloud, l'événement 2 (Evt2 : Envoyer DDC) est déclenché par les RSU pour prédire l'état réel du réseau de trafic en utilisant les données collectées auprès des véhicules et des détecteurs routiers.

- Cependant, les véhicules impliqueront dans l'événement 3 (Evt3 : Envoi en cours CDU) où chaque véhicule générera l'CDU et comprend les données contextuelles suivantes : VehicleIndex, VehicleSource, VehicleDestination et VehiclePosition.

- Dans l'événement 4 (Evt4 : envoi d'informations trafic), les serveurs Fog diffusent les données essentielles de chaque véhicule en utilisant MTI.

- Finalement, les serveurs Fog envoyé Message périodique (MP) : est un message qui est périodiquement lorsque l'événement accumulé persiste. Ce type de message contient des informations sur le trafic concernant le taux de congestion, les nouvelles directions, la vitesse moyenne du trafic, etc.

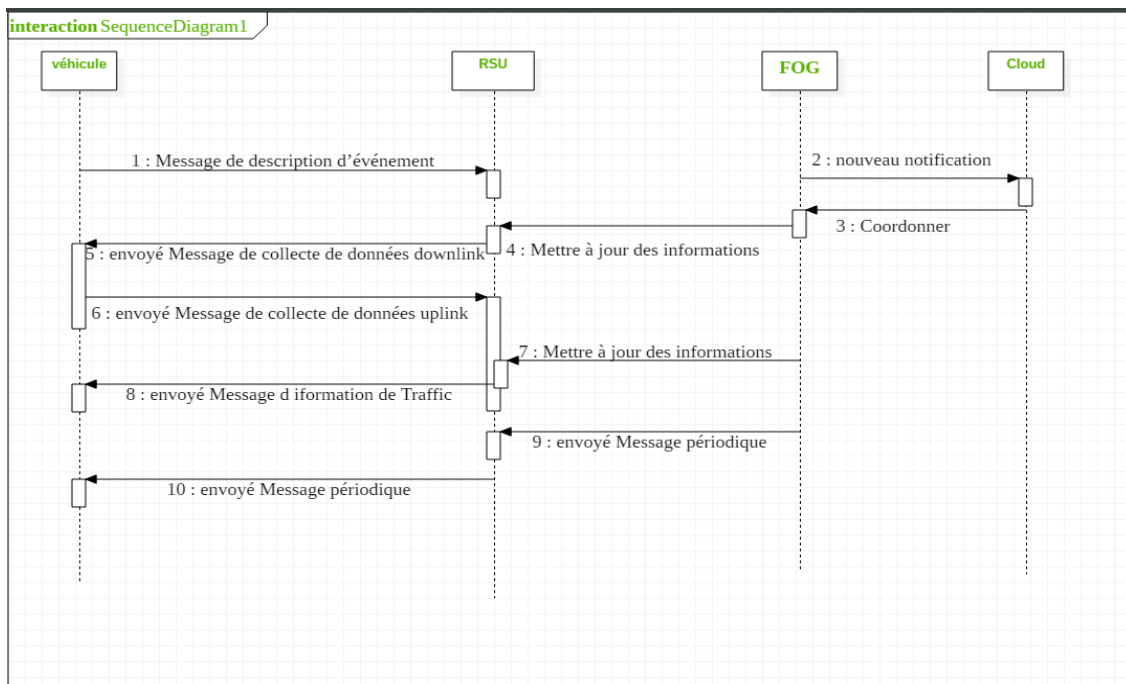


Figure 17 : Diagramme de séquence pour l'efficacité de healthy véhicules

6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une architecture du Fog Computing Véhiculaire pour la dissémination des informations dans l'environnement de réseaux véhiculaire on se basant sur la diffusion des informations via un mécanisme d'échange de données. La diffusion fait à travers du mécanisme de communication, l'extension proposé fournis la possibilité de simuler de différent applications.

Dans le chapitre suivant nous allons présenter le projet OMNNET++, ainsi l'implémentation des différents algorithmes et la simulation.

CHAPITRE04

Implémentation et simulation

1. Introduction

Le chapitre précédent a été consacré à la conception de notre architecture Fog Computing Véhiculaire pour la dissémination en présentant notre *mécanisme d'échange par message* des informations du trafic, leurs composants de base, ces techniques de communication, les descriptions des messages, ainsi que l'aspect de traitement des messages dans chaque niveau de l'architecture. Par la suite, nous proposons un ensemble des applications modernes qui peuvent supporter le mécanisme d'échange des messages.

Dans ce chapitre, nous allons présenter la réalisation et l'évaluation des performances de notre architecture sous le simulateur OMNET++. Le projet de simulation que nous proposons est un cadre étendu des plateforme INET [41] et ICanCloud [42] en vue modéliser et simuler des scénarios de diffusion d'informations dans les architectures Fog Computing Véhiculaire (FVC). Les performances réseau du scénario proposons ont montré que le mécanisme d'échange de données est utile pour la diffusion des informations dans l'environnement Fog Véhiculaire.

2. Environnement de simulation

2.1. Simulateur OMNET++

OMNeT est une bibliothèque et une infrastructure de simulation C++ à base de composants, extensibles et modulaires, qui incluent également un développement intégré et un environnement d'exécution graphique. Les fonctionnalités spécifiques à un domaine (prise en charge de la simulation des réseaux de communication, des réseaux de mise en file d'attente, de l'évaluation des performances, etc.) sont fournies par des cadres de modèle développés en tant que projets indépendants. Il existe des extensions pour la simulation en temps réel, l'émulation de réseau, la prise en charge de langages de programmation alternatifs (Java, C#), l'intégration de base de données et plusieurs autres fonctions. [39]

La conception d'OMNeT ++

OMNeT ++ a été principalement conçu pour prendre en charge la simulation réseau à grande échelle. Cet objectif conduit aux principales exigences de conception suivantes :

- Activer la simulation à grande échelle. Les modèles de simulation doivent être hiérarchisés et construits autant que possible en composants réutilisables.
- Le logiciel de simulation devrait faciliter la visualisation et le débogage des modèles de simulation afin de réduire le temps de débogage qui occupe généralement une grande partie des projets de simulation.
- Le logiciel de simulation doit être modulaire, personnalisable et permettre l'intégration de simulations dans des applications plus vastes telles que les logiciels de planification de réseau.
- Les interfaces de données doivent être ouvertes. Il devrait être possible de générer et de traiter des fichiers d'entrée et de sortie avec des outils logiciels couramment disponibles.
- Fournir un environnement de développement intégré qui facilite grandement le développement du modèle et l'analyse des résultats. [40]

2.1.1. Les Plateformes de simulation

La plateforme INET

INET Framework est une bibliothèque de modèles open source pour l'environnement de simulation OMNET ++. Il fournit des protocoles, des agents et d'autres modèles aux chercheurs et aux étudiants travaillant avec des réseaux de communication. INET est particulièrement utile lors de la conception et de la validation de nouveaux protocoles, ou lors de l'exploration de scénarios nouveaux ou exotiques. La plateforme INET fournit plusieurs fonctions pour les projets des réseaux véhiculaires spécialement, parmi ces avantages :

- Le positionnement et la mobilité des nœuds sont importants dans les scénarios de simulation des réseaux véhiculaires. Dans INET, la mobilité est ajoutée aux nœuds sous la forme de modules représentant des modèles de mobilité, tels qu'un mouvement linéaire ou un point de cheminement aléatoire. Un grand nombre de modèles de mobilité ont été fournis avec INET et peuvent également être combinés pour obtenir des mouvements plus complexes.
- Dans les simulations inter-véhicules, le terrain a des effets profonds sur la propagation du signal. Par exemple, les véhicules situés de part et d'autre d'une montagne ne peuvent pas communiquer directement les uns avec les autres. Pour cela, la plateforme INET décrit un modèle au sol pour décrire la surface 3D du terrain.

Plusieurs plateformes sont développées dans OMNET++, par exemple CASTALIA, aussi peut simuler les réseaux sans files mobiles, mais seulement les périphériques intégrés de faible puissance, par exemple les réseaux de capteurs sans fil (WSN), pour cela, INET est la plateforme utilisée dans les scénarios de simulation des réseaux véhiculaires. [41]

La plateforme ICanCloud

ICanCloud est une plate-forme de simulation destinée à modéliser et à simuler des systèmes de cloud computing, qui est destinée aux utilisateurs qui traitent étroitement avec ce type de systèmes. L'objectif principal de cette plateforme est de prévoir les compromis entre coût et performances d'un ensemble d'applications exécuté dans un matériel spécifique, puis de fournir aux utilisateurs des informations utiles sur ces coûts. Cependant, elle peut être utilisée par un

grand nombre d'utilisateurs, des utilisateurs actifs de base aux développeurs d'applications distribuées volumineuses.

Parmi ces avantages, l'un des principes de ces conception comme la possibilité de mener de grandes expériences. C'est pourquoi iCanCloud est support le langage C ++. Grâce à cela, iCanCloud peut utiliser toute la mémoire disponible sur les machines exécutant les expériences, pour les machines 32 et 64 bits, parce qu'autre simulateur CloudSim par exemple ne peut gérer plus de 2 Go de mémoire dans des systèmes 32 bits à cause au fait qu'il est écrit en Java. Une extension du simulateur de réseau NS2, GreenCloud se concentre sur la simulation des communications entre des processus s'exécutant dans un cloud au niveau des paquets. De la même manière que NS2, GreenCloud est écrit en C ++ et OTcl

, ce qui est un inconvénient, vous devez utiliser deux langages différents pour mettre en œuvre une seule expérience, par contre ICanCloud est écrit seulement avec C++.

Parmi les problèmes du cloud Computing est la consommation d'énergie des centres de données, même iCanCloud, il ne fournit pas de modèles de consommation d'énergie, bien que cela soit inclus dans les travaux futurs.

Aucun des outils de simulation de cloud existants (CloudSim, MDCSim et GreenCloud) possède une interface graphique complète, par contre, iCanCloud dispose d'une interface graphique simple qui permet aux utilisateurs de créer facilement des expériences.

L'inconvénient principale du plateformes existant (CloudSim, MDCSim et GreenCloud) est un principe de conception dans ICanCloud, les outils de simulation existes ne peuvent simulent qu'une expérience sur une seule machine à la fois, par contre, ICanCloud peut simuler une expérience sur un groupe de machine. [42]

L'intégration d'ICanCloud avec l'INET

Dans iCanCloud, le système réseau permet aux applications exécutées dans des machines virtuelles d'échanger des données via un réseau de communication. Afin de remplir cette tâche, la plateforme INET a été utilisé. Cette plateforme contient des modules permettant de simuler complètement un système réseau, il contient des protocoles réseau tels que TCP et UDP. Le principal avantage de cette méthode est le haut niveau de précision obtenu, car tous les éléments composant un réseau sont simulés. Par contre, le principal inconvénient est la performance, car

ce niveau de détail élevé nécessite un calcul considérable de la puissance du processeur. Aussi, la structure INET fournit un ensemble de modules, tels que des routeurs, des commutateurs et des protocoles de réseau, permettant de créer un large éventail de réseaux. [42]

3. Le scénario d'étude

Dans notre scénario d'étude, les serveurs Fog Computing véhiculaire hébergent une application basée sur le modèle Client / Serveur permettant de fournir des services aux OBU(s) des voitures via l'utilisation des réseaux cellulaires à savoir LTE. L'application est basée sur un seul mode de communication, c'est la communication véhicule-à-infrastructure (V2I). De plus, la connexion entre les serveurs Fog et les LTE est filaire, tandis que la connexion entre les réseaux LTE et les véhicules est basée sur le standard DSRC (ou IEEE 802.11p).

3.1. L'architecture de la communication

Une architecture de communication de notre scénario est une étape importante pour la réalisation de notre projet. L'objectif de l'architecture est de définir le système d'accès sans fil au réseau véhiculaire, comme dans les architectures prédéfinies par le standard WAVE [43]. L'architecture de communication que nous proposons suit l'architecture en couches du modèle WAVE et le modèle OSI (Open System Interconnection). Cependant, cette architecture intègre plusieurs protocoles, à savoir le protocole Internet (IPv4), ARP, ICMP, etc. L'architecture complète que nous proposons pour notre projet de simulation et de ses protocoles standard est illustrée à la figure ci-dessous.

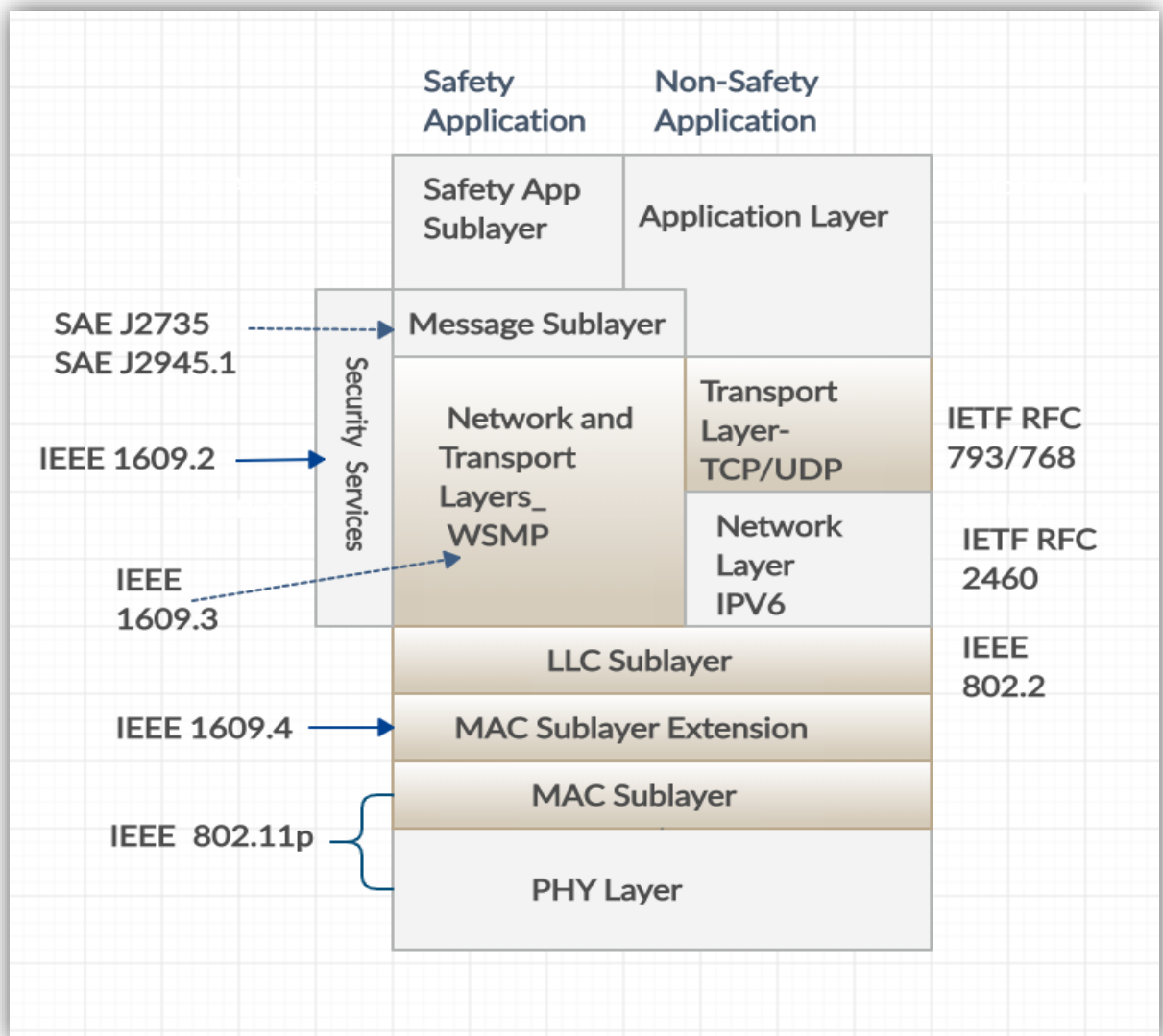


Figure 18 : L'architecture de communication des véhicules

3.2. L'application de dissémination d'information

Notre application est basée sur le modèle Client / Serveur, comme a le monté la figure 19 dans le dossier d'application de dissémination d'information nous avons définis les modules de calculs `DataDisseminationCliApp.ned`, `DataDisseminationSrvFogApp.ned`, et son comportement. `c++/h`.

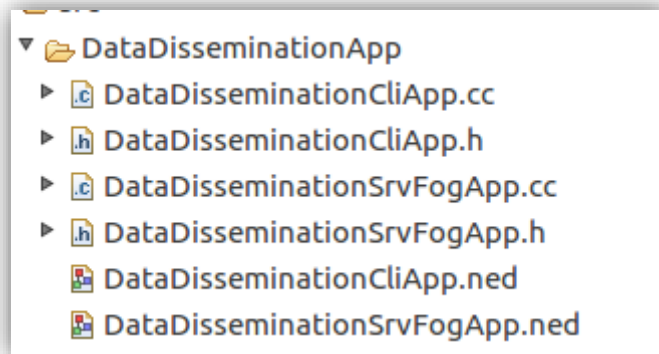


Figure 19 : *DataDisseminationApp*

4. Le projet DDVFC

4.1. Data Dissemination in Vehicular Fog Computing Project (DDVFC)

Notre projet contient deux conteneurs essentiels seront ouvrir, src et simulation, le dossier simulation contient un fichier de configuration omnetpp.ini, voir (figure 21), la configuration est concernant les valeurs soient par défaut soient les valeurs après un temps prédéfini d'exécution, voir (figure 20). Le dossier src comprenant trois dossiers le dossier d'application de dissémination information, dossier de messages et dossier de nœuds, voir (figure 19).

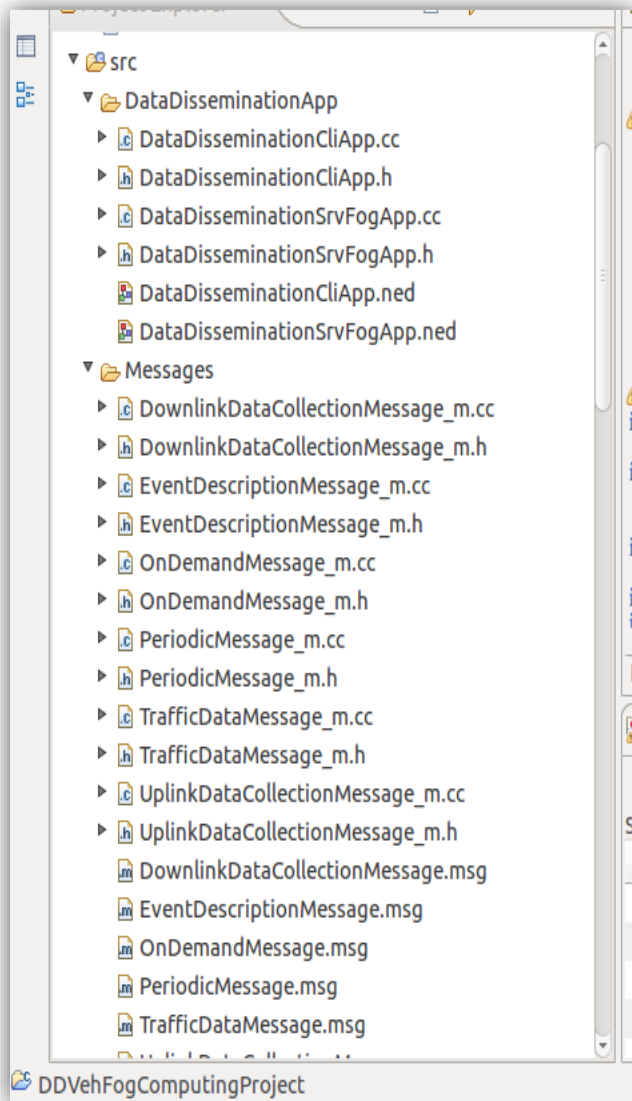


Figure 20 : les dossier Src

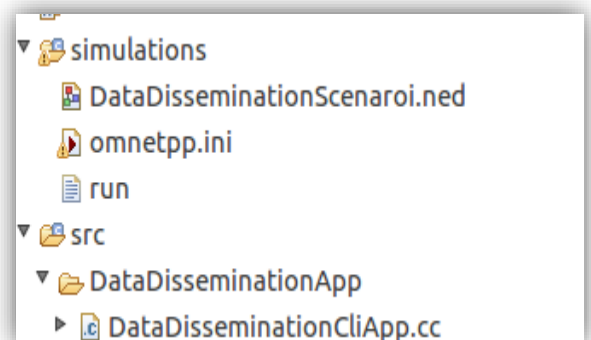


Figure 21 : Le Dossier Simulation

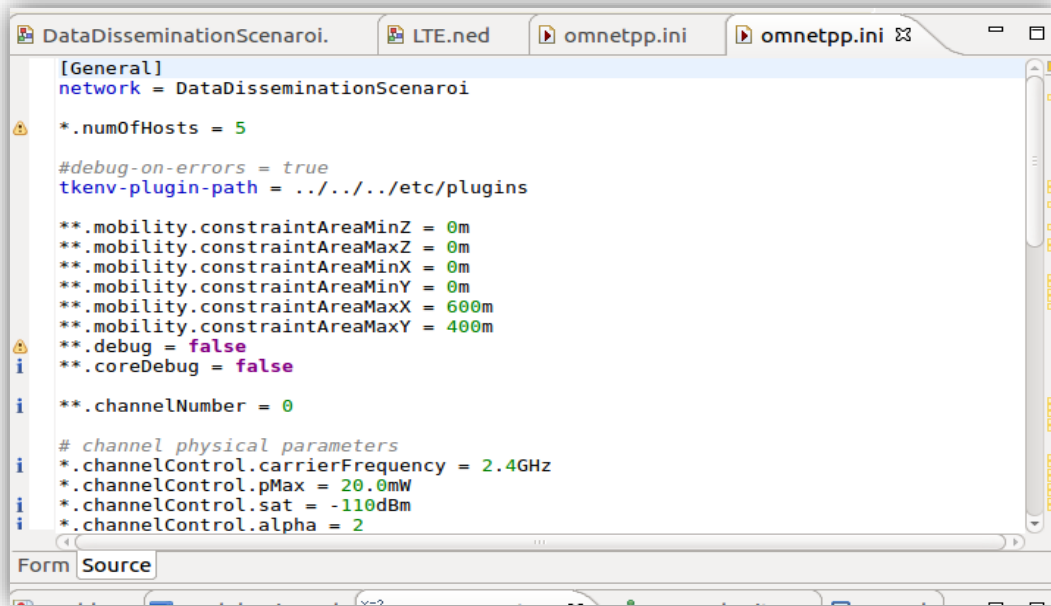


Figure 22 : le fichier de configuration Omnetpp.ini

Les nœuds de simulation

Les serveurs Fog Computing : sont qui chargés de collecter les informations de localisation des véhicules dans Fog

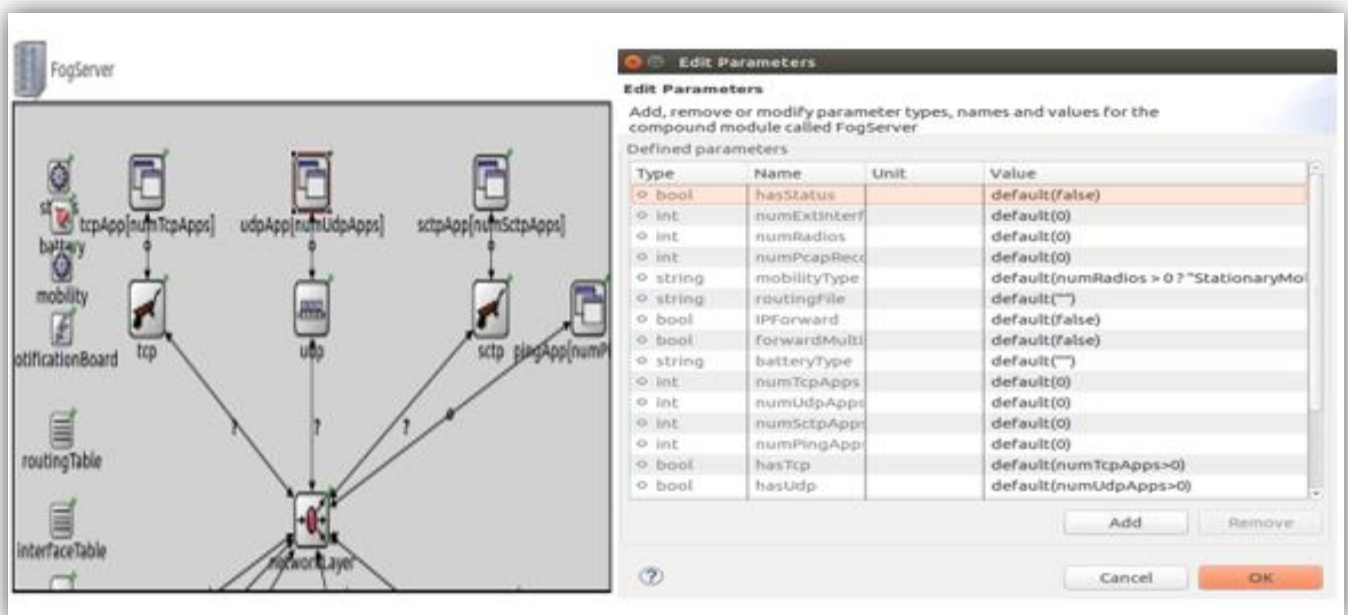


Figure 23 : FogServeur

LTE : Un module LTE (Long Term Evolution) est un modèle de simulation pour les réseaux UMTS et du HSPA. Le modèle de simulation LTE que nous proposons est un package sous l'extension (.NED), principalement en raison de fournir des services cellulaire haute vitesse. Dans notre modèle, LTE est fonctionner plus efficacement en ce qui concerne l'utilisation la zone de couverture, et également fournir des processus d'association et des débits de données beaucoup plus élevés qui sont nécessaires.

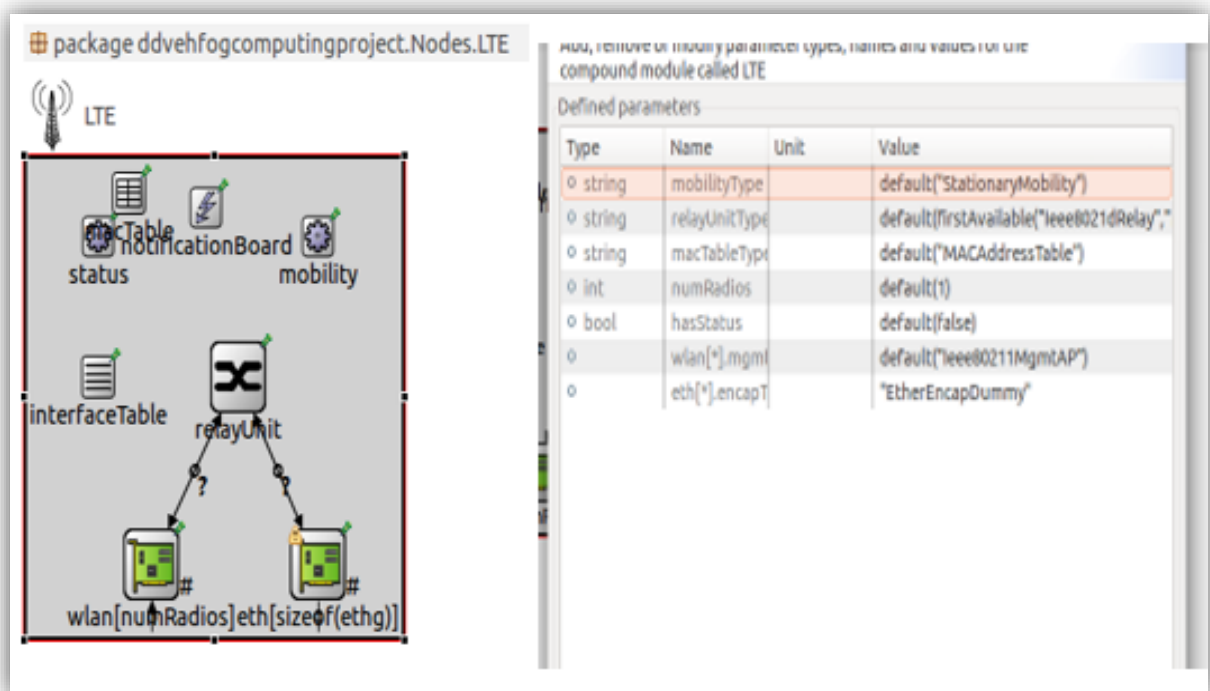


Figure 24 : LTEAccesPoint

Les véhicules

Le véhicule est un module composé d'un ensemble de modules simples ou composés, tels que osModule, StorageSystem, mémoire et application UDP, TCP application cpuModule et autre module INET; tcp, networkLayer, DSRC, mobilité, routingTable, interface-Table .

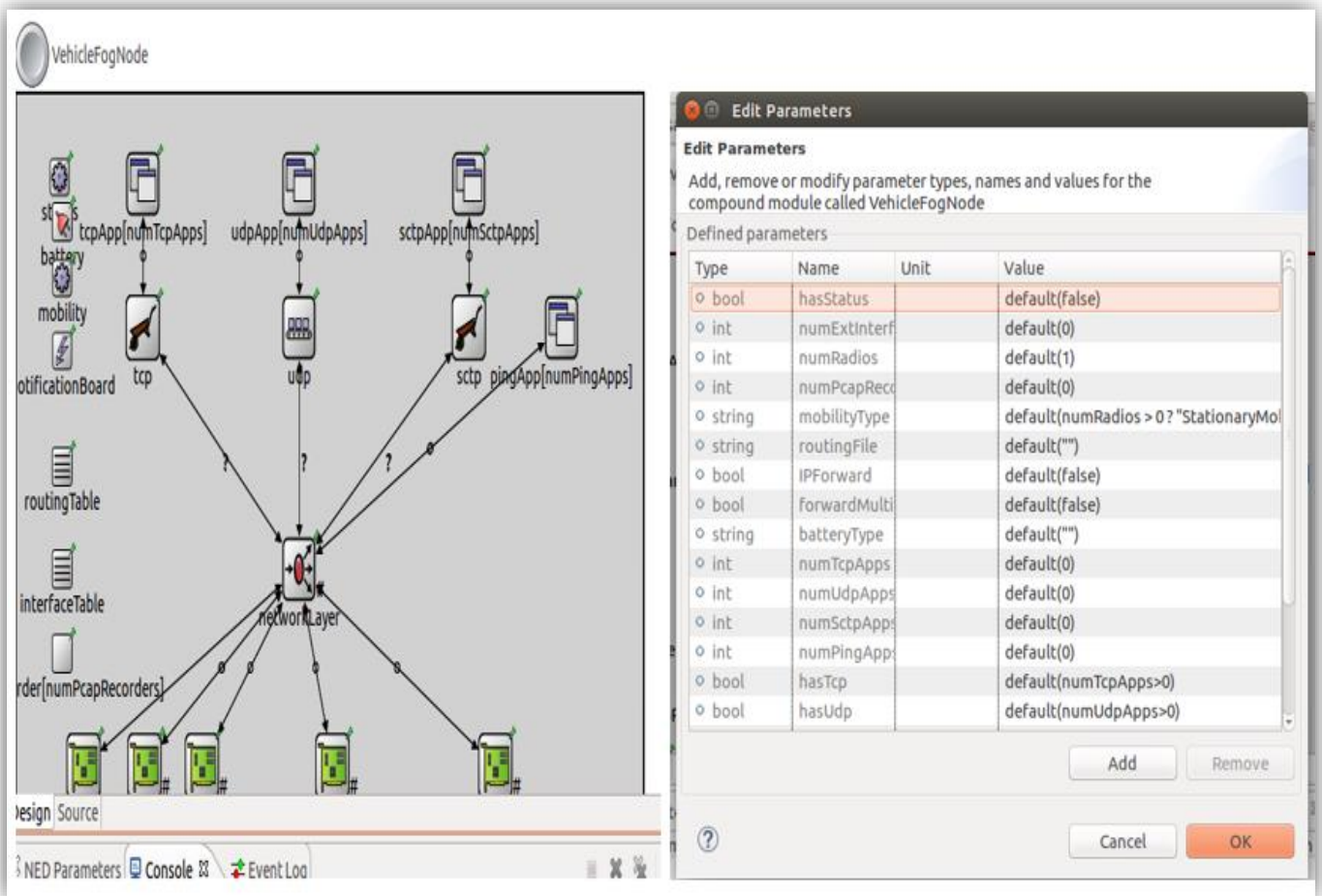


Figure 25 : Un noeud véhiculaire

Les messages

Dans le scénario d'étude, le mécanisme d'échange de données utilise une suite des messages pour éviter chaque incident détecté, i.e., à partir d'événement de détection jusqu'à l'événement de décision. La figure 26 présentée tous les types de messages proposés et sont variable.

```
//
packet OnDemandMessage {
    int VehiculeIndex;
    string OnDemandData;
    string VehPosition;
}

// 1000 generated message class
//
packet DownlinkDataCollectionMessage {
    string requestedData;
}

//
packet TrafficDataMessage {
    int VehiculeIndex;
    int VehPosition;
    string TrafficData;
}

//
packet UplinkDataCollectionMessage {
    int VehiculeIndex;
    string VehPosition;
    string VehSource;
    string VehDestination;
    int AverageSpeed;
    int RoutID;
}

//
packet TrafficDataMessage {
    int VehiculeIndex;
    int VehPosition;
    string TrafficData;
}

//
packet PeriodicMessage {
    int AverageSpeed;
    int CongestionRate;
    string CurrentEvtnt;
}
```

Figure 26 : Les descriptions des messages

4.2. Construire et exécuter des simulations

Un modèle OMNeT ++ comprend les parties suivantes :

Description de la topologie NED (fichiers.ned) : décrivant la structure du module avec paramètres, portes, etc. Les fichiers NED peuvent être écrits à l'aide de n'importe quel éditeur de texte d'éditeur, mais OMNeT ++ IDE fournit un excellent support pour l'édition graphique et l'édition de texte bidirectionnelle.

Noyau de simulation : Celui-ci contient le code qui gère la simulation et la bibliothèque de classes de simulation. Il est écrit en C ++.

Les interfaces des utilisateurs : Les interfaces utilisateur OMNeT ++ sont utilisées dans l'exécution de la simulation pour faciliter le débogage, la démonstration ou l'exécution par lots de simulations. Ils sont écrits en C ++.

Omnet.ini : Pour pouvoir exécuter la simulation, il faut créer un fichier omnetpp.ini. omnetpp.ini contient des paramètres qui contrôlent l'exécution de la simulation, des valeurs pour les paramètres du modèle.

5. La simulation

5.1. Le lancement du projet

La topologie (DataDisseminationScenario) est composée de nombreux modules simples et composés, les nœuds véhiculaires, dataDisseminationFogServeur et d'autres nœuds de la plateforme INET, Channel Control, Configurator, ScenarioManager.

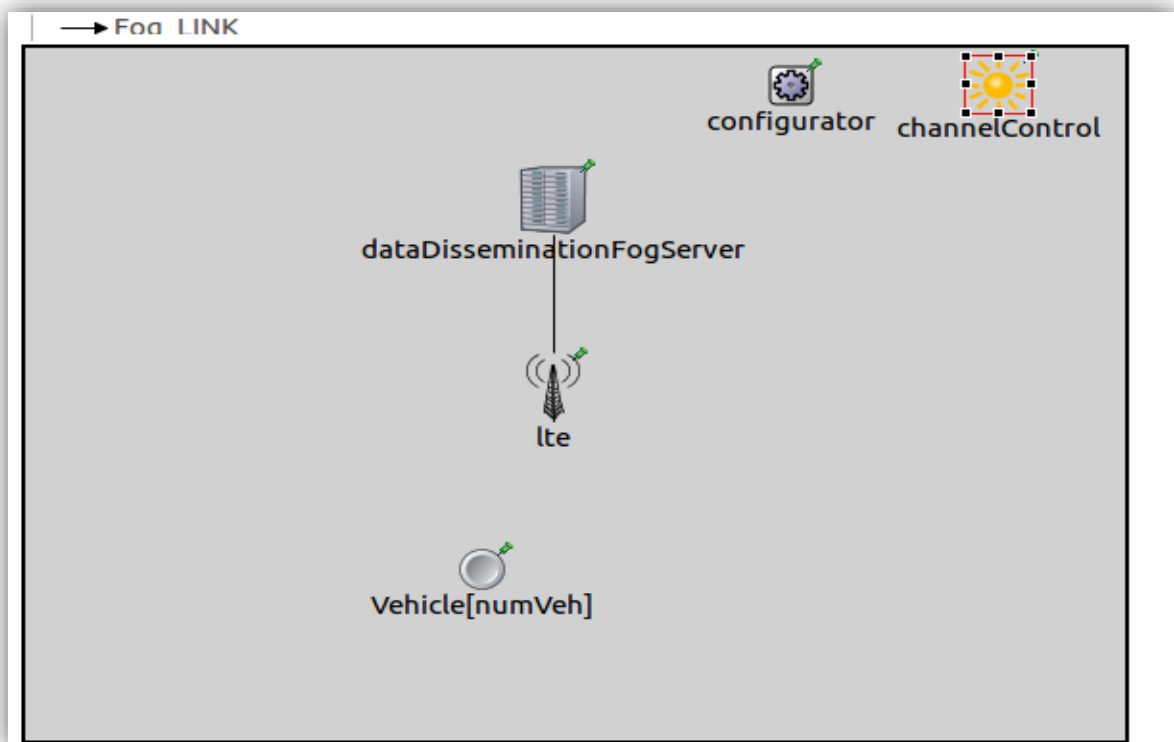


Figure 27 : La topologie de notre projet

IPv4 Configurator : Ce module attribue des adresses IP et configure le routage statique pour un réseau IPv4. Il attribue des adresses IP par interface, s'efforce de prendre en compte les sous-réseaux et peut également optimiser les tables de routage générées en fusionnant les entrées de routage.

Le routage hiérarchique peut être configuré en n'utilisant qu'une fraction des entrées de configuration par rapport au nombre de nœuds. Configurator effectue également une optimisation des tables de routage qui réduit considérablement la taille des tables de routage dans les grands réseaux.

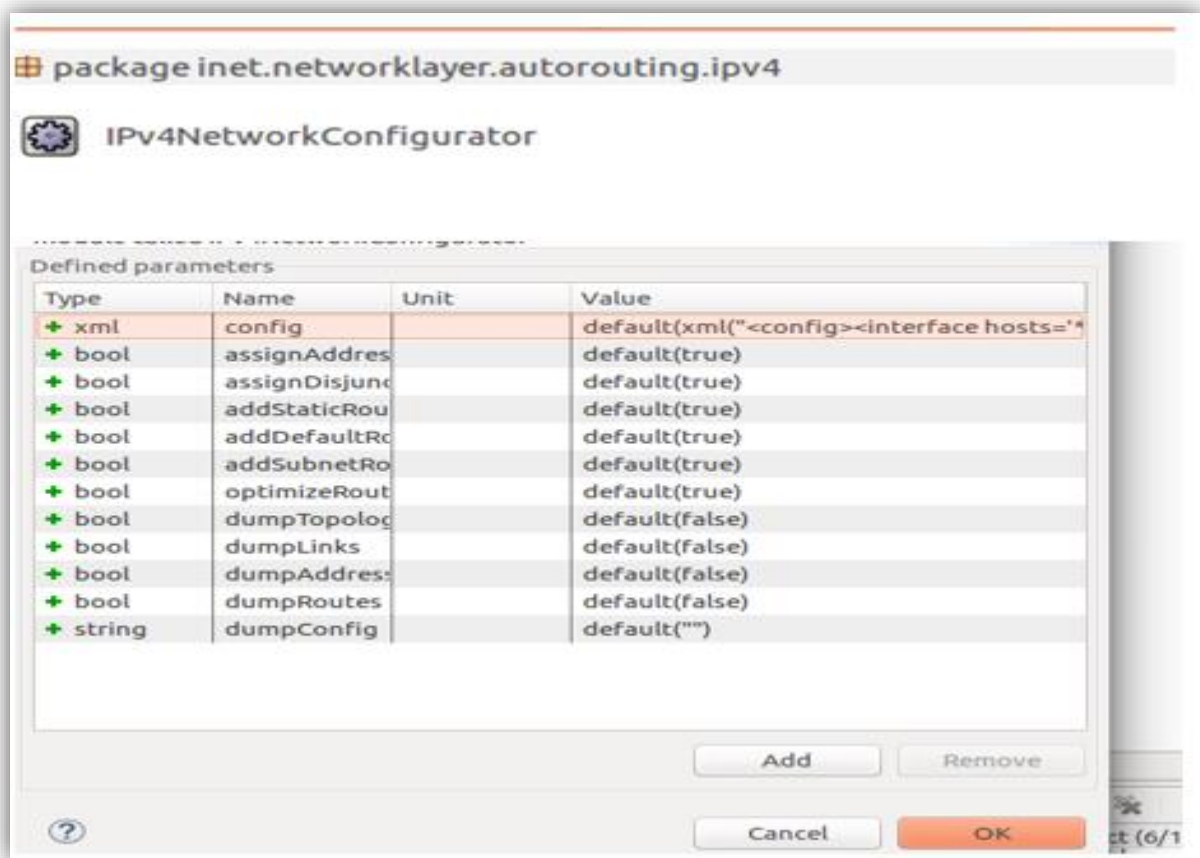


Figure 28 : IPv4 Configurator

Channel control Channel Control a exactement une instance dans chaque modèle de réseau contenant des nœuds mobiles ou sans fil. Ce module est informé de l'emplacement et du mouvement des nœuds et détermine quels nœuds se trouvent dans la distance de communication ou d'interférence. Cette information est ensuite utilisée par les interfaces radio des nœuds lors des transmissions.

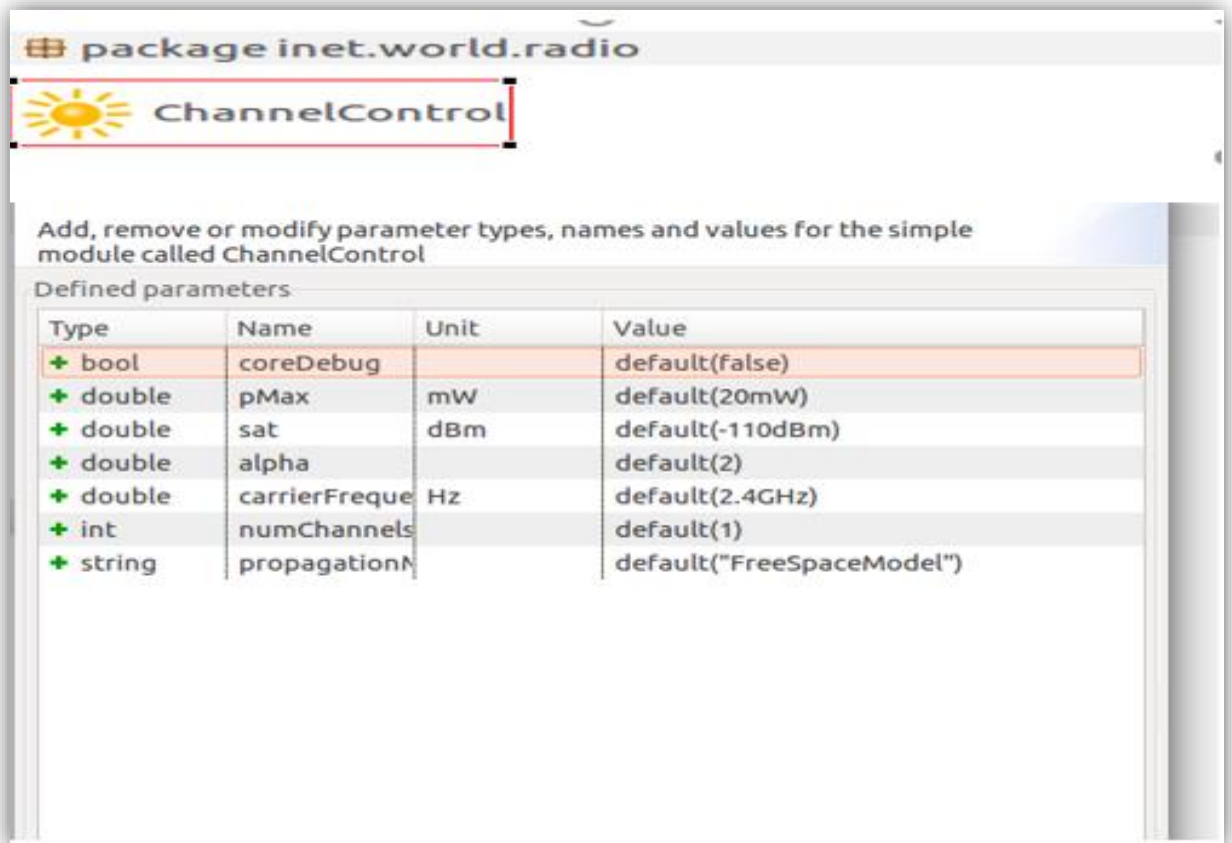


Figure 29 : Channel Control

Scenario Manager : ScenarioManager sert à configurer et à contrôler des expériences de simulation. Vous pouvez planifier la survenance de certains événements à des moments spécifiques, tels que la modification d'une valeur de paramètre, le taux d'erreur sur les bits d'une connexion, la suppression ou l'ajout de connexions, la suppression ou l'ajout d'itinéraires dans une table de routage, etc., afin d'observer le transitoire.

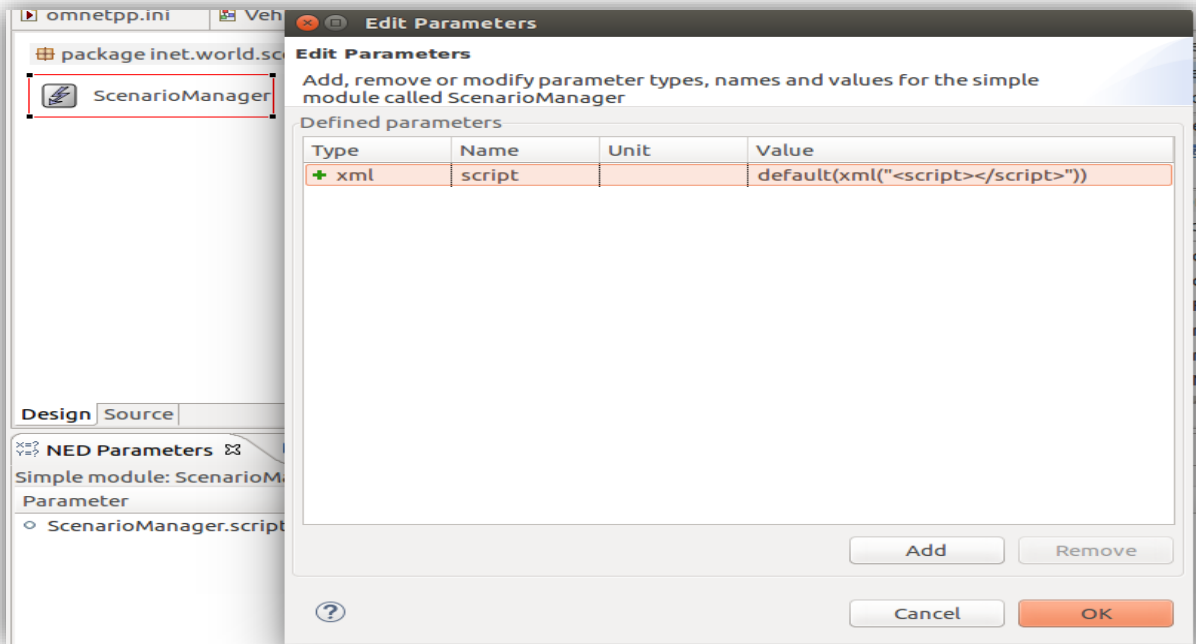


Figure 30 : Scenario Manager

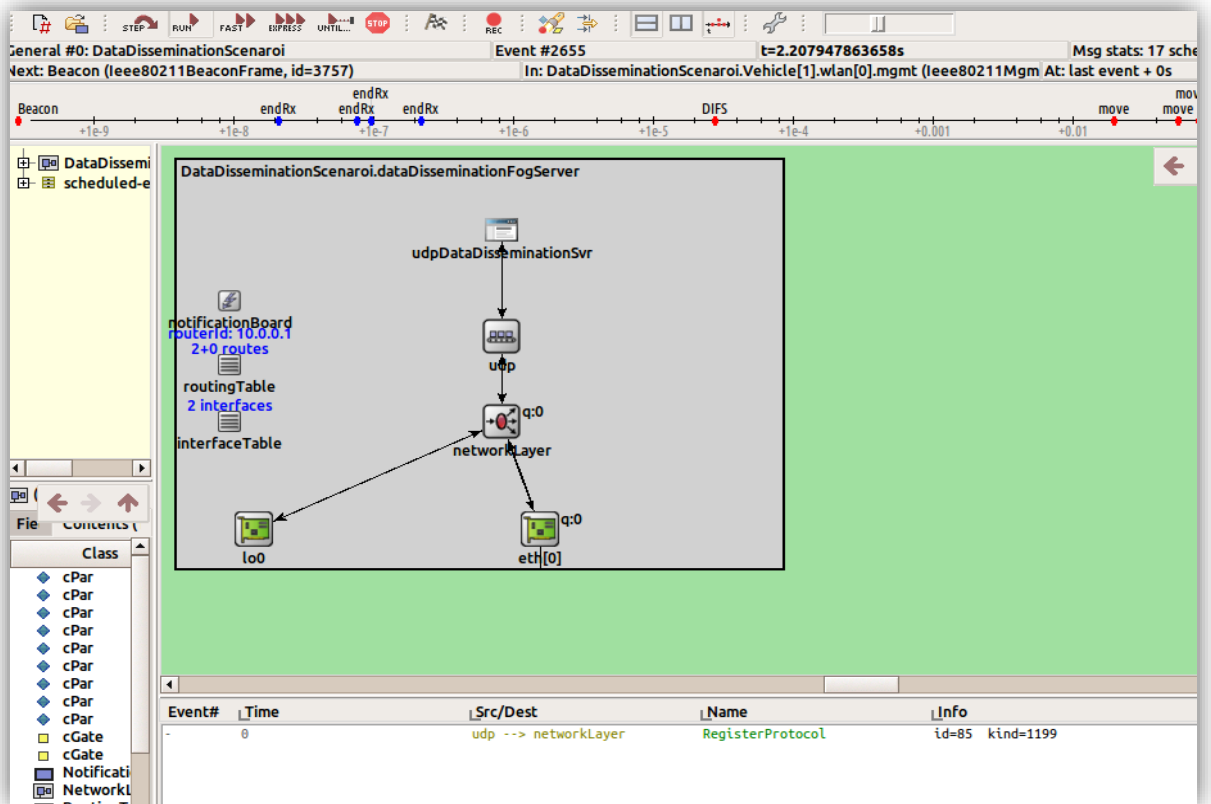


Figure 31 : DataDisseminationFogServe

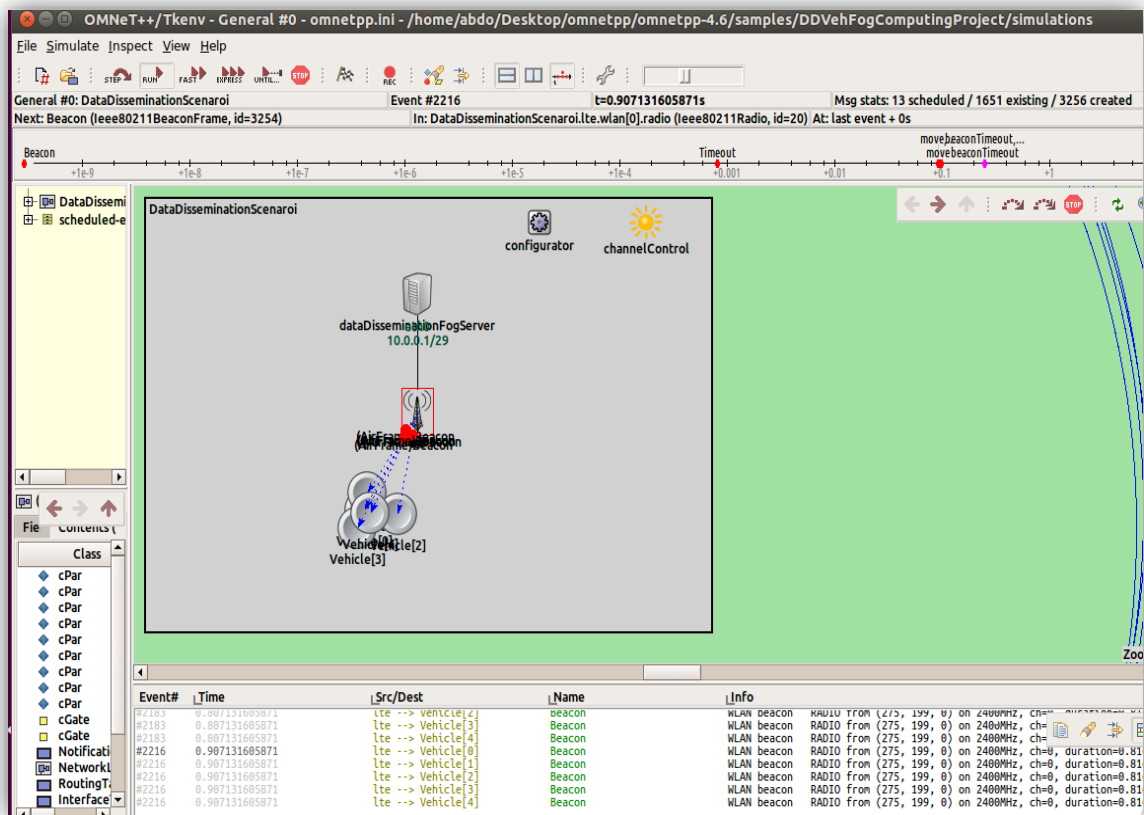


Figure 32 : DataDisseminationScenario

Paramètres de simulation.

Paramètres	Valeur
Frequency Band	2.4 GHZ
MobilityType	MassMobility
UpdateInterval	100 md
Transmission Range	600 m
MobilitySpeed	Truncnormal(20mps, 8mps)
Max number of vehicles/h	30

Tableau 2 : Paramètres de simulation.

5.2. Le lancement du projet

Une fois les étapes précédentes terminées, vous pouvez démarrer la simulation en sélectionnant omnetpp.ini dans l'explorateur de projet, puis en appuyant sur le bouton Exécuter.

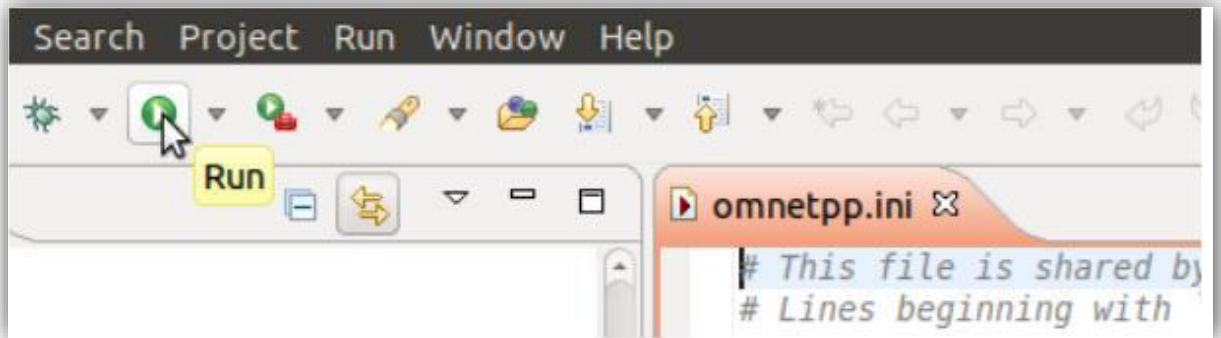


Figure 33 : Lancer une simulation

S'il y a des erreurs de compilation, vous devez les corriger jusqu'à ce que vous obteniez une compilation et un lien sans erreur. Vous pouvez déclencher la génération manuelle en sélectionnant Project -> Build All dans le menu ou en appuyant sur Ctrl +B.

Une fois la construction et le lancement de la simulation réussis, vous devriez voir une nouvelle fenêtre graphique, similaire à celle de la capture d'écran ci-dessous. Vous devriez également voir le réseau contenant les nœuds affichés graphiquement dans la zone principale.

Appuyez sur le bouton Exécuter de la barre d'outils pour démarrer la simulation. Ce que vous devriez voir, c'est que les véhicules échangent des messages entre eux. Après la simulation, les nœuds du véhicule seront initialisés, puis l'un des nœuds enverra un message via une interface radio.

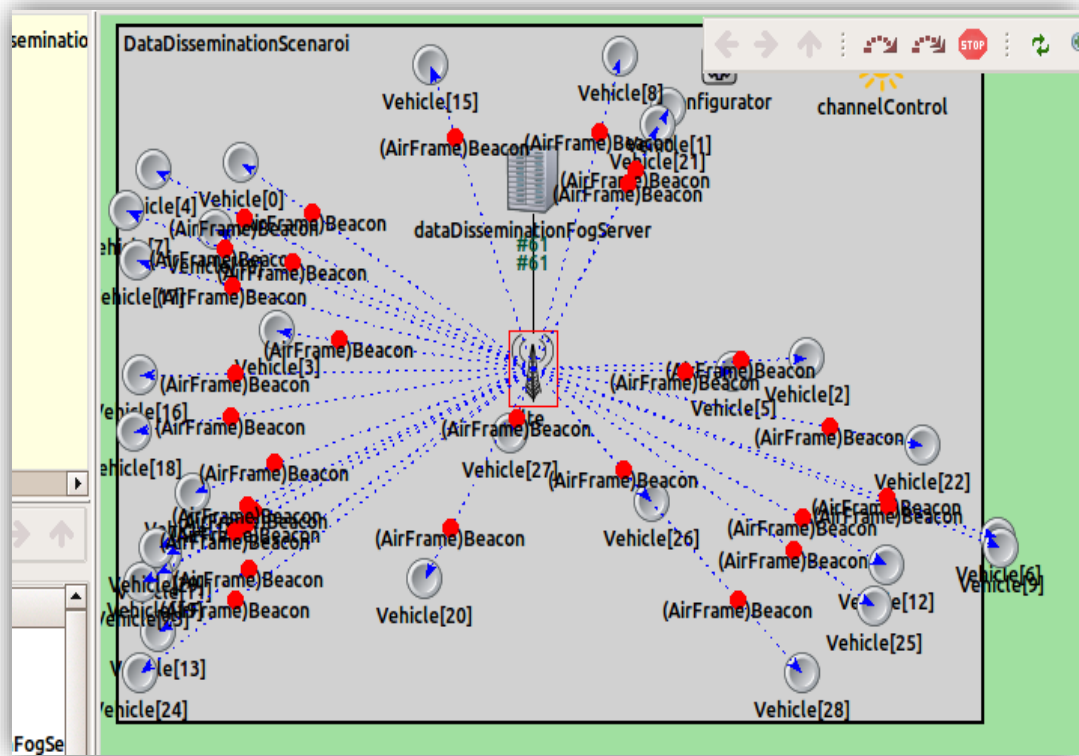


Figure 34 : L'échange de message entre les nœuds

Activation des ACK

Un accusé de réception (ACK) est un signal radio qui est transmis entre des nœuds de topologie ou des dispositifs pour signifier un accusé de réception ou la réception d'un message, dans le cadre d'un protocole de communication. Le but Dans cette étape est de nous essayons de rendre la communication de couche liaison plus fiable.

Messages et paquets

Après le Run de simulation, les nœuds véhiculaires seront initialisés, après, les nœuds envoient des paquets message via une interface radio. Ce sont fonctionné comme suit: d'abord le point d'accès LTE et les véhicules échangent des messages de type (balise, ProbResp, Wlanack, Auth) dans la procédure de beaconing et d'authentification, ensuite les véhicules envoient à la demande d'association de point d'accès LTE (Assoc) dans Dans cette situation, le LTE

répond par OK (AssocResp-OK), troisièmement les msgs que nous proposons par notre mécanisme sont déclenchés entre les nœuds Fog et les véhicules comme le besoin.

```

#672 0.485010725965 lte --> Vehicle[1] wlan-ack
#672 0.485010725965 lte --> Vehicle[2] wlan-ack
#687 0.485342725965 lte --> Vehicle[0] AssocResp-OK
#687 0.485342725965 lte --> Vehicle[1] AssocResp-OK
#687 0.485342725965 lte --> Vehicle[2] AssocResp-OK
#704 0.485761093487 Vehicle[2] --> lte wlan-ack
#704 0.485761093487 Vehicle[2] --> Vehicle[0] wlan-ack
#704 0.485761093487 Vehicle[2] --> Vehicle[1] wlan-ack
#725 0.538372152132 lte --> Vehicle[0] Beacon
#725 0.538372152132 lte --> Vehicle[1] Beacon
#725 0.538372152132 lte --> Vehicle[2] Beacon
#749 0.638372152132 lte --> Vehicle[0] Beacon
#749 0.638372152132 lte --> Vehicle[1] Beacon
#749 0.638372152132 lte --> Vehicle[2] Beacon
#773 0.689126829217 Vehicle[1] --> lte Auth
#773 0.689126829217 Vehicle[1] --> Vehicle[0] Auth
#773 0.689126829217 Vehicle[1] --> Vehicle[2] Auth
#789 0.689465159335 lte --> Vehicle[0] wlan-ack
#789 0.689465159335 lte --> Vehicle[1] wlan-ack
#789 0.689465159335 lte --> Vehicle[2] wlan-ack
#804 0.689797159335 lte --> Vehicle[0] Auth
#804 0.689797159335 lte --> Vehicle[1] Auth
#804 0.689797159335 lte --> Vehicle[2] Auth
#821 0.690135489453 Vehicle[1] --> lte wlan-ack
#821 0.690135489453 Vehicle[1] --> Vehicle[0] wlan-ack
#821 0.690135489453 Vehicle[1] --> Vehicle[2] wlan-ack
#838 0.690494489453 Vehicle[1] --> lte Auth
#838 0.690494489453 Vehicle[1] --> Vehicle[0] Auth
#838 0.690494489453 Vehicle[1] --> Vehicle[2] Auth
#854 0.690832819571 lte --> Vehicle[0] wlan-ack
#854 0.690832819571 lte --> Vehicle[1] wlan-ack
#854 0.690832819571 lte --> Vehicle[2] wlan-ack
#869 0.691164819571 lte --> Vehicle[0] Auth-OK
#869 0.691164819571 lte --> Vehicle[1] Auth-OK
#869 0.691164819571 lte --> Vehicle[2] Auth-OK
#889 0.691503149689 Vehicle[1] --> lte wlan-ack
#889 0.691503149689 Vehicle[1] --> Vehicle[0] wlan-ack
#889 0.691503149689 Vehicle[1] --> Vehicle[2] wlan-ack
#907 0.691898149689 Vehicle[1] --> lte Assoc
#907 0.691898149689 Vehicle[1] --> Vehicle[0] Assoc
#907 0.691898149689 Vehicle[1] --> Vehicle[2] Assoc
#923 0.692276479807 lte --> Vehicle[0] wlan-ack
#923 0.692276479807 lte --> Vehicle[1] wlan-ack
#923 0.692276479807 lte --> Vehicle[2] wlan-ack
#938 0.692608479807 lte --> Vehicle[0] AssocResp-OK
#938 0.692608479807 lte --> Vehicle[1] AssocResp-OK
#938 0.692608479807 lte --> Vehicle[2] AssocResp-OK
#955 0.693026800925 Vehicle[1] --> lte wlan-ack

```

Figure 35 : Messages d'événement 1

Event#	Time	Src/Dest	Name	Info
#1215	1.003848976536	lte --> Vehicle[2]	wlan-ack	WL
#1238	1.004199338482	Vehicle[2] --> lte	arpREQ	AF
#1238	1.004199338482	Vehicle[2] --> Vehicle[0]	arpREQ	AF
#1238	1.004199338482	Vehicle[2] --> Vehicle[1]	arpREQ	AF
#1253	1.004671700428	lte --> dataDisseminationFogServer	arpREQ	AF
#1261	1.004677460428	dataDisseminationFogServer --> lte	arpREPLY	AF
#1264	1.004681700428	lte --> Vehicle[0]	wlan-ack	WL
#1264	1.004681700428	lte --> Vehicle[1]	wlan-ack	WL
#1264	1.004681700428	lte --> Vehicle[2]	wlan-ack	WL
#1286	1.005094700428	lte --> Vehicle[0]	arpREPLY	AF
#1286	1.005094700428	lte --> Vehicle[1]	arpREPLY	AF
#1286	1.005094700428	lte --> Vehicle[2]	arpREPLY	AF
#1305	1.005577073026	Vehicle[0] --> lte	wlan-ack	WL
#1305	1.005577073026	Vehicle[0] --> Vehicle[1]	wlan-ack	WL
#1305	1.005577073026	Vehicle[0] --> Vehicle[2]	wlan-ack	WL
#1321	1.005909073026	Vehicle[0] --> lte	On-demand	Or
#1321	1.005909073026	Vehicle[0] --> Vehicle[1]	On-demand	Or
#1321	1.005909073026	Vehicle[0] --> Vehicle[2]	On-demand	Or
#1337	1.006381445624	lte --> dataDisseminationFogServer	On-demand	Or
#1347	1.006387205624	dataDisseminationFogServer --> lte	PredictedTrafficData	Pr
#1350	1.006391445624	lte --> Vehicle[0]	wlan-ack	WL
#1350	1.006391445624	lte --> Vehicle[1]	wlan-ack	WL
#1350	1.006391445624	lte --> Vehicle[2]	wlan-ack	WL
#1372	1.006957445624	lte --> Vehicle[0]	arpREQ	AF
#1372	1.006957445624	lte --> Vehicle[1]	arpREQ	AF
#1372	1.006957445624	lte --> Vehicle[2]	arpREQ	AF
#1393	1.007737445624	lte --> Vehicle[0]	arpREPLY	AF
#1393	1.007737445624	lte --> Vehicle[1]	arpREPLY	AF
#1393	1.007737445624	lte --> Vehicle[2]	arpREPLY	AF
#1412	1.008219747593	Vehicle[1] --> lte	wlan-ack	WL
#1412	1.008219747593	Vehicle[1] --> Vehicle[0]	wlan-ack	WL
#1412	1.008219747593	Vehicle[1] --> Vehicle[2]	wlan-ack	WL
#1428	1.008551747593	Vehicle[1] --> lte	On-demand	Or
#1428	1.008551747593	Vehicle[1] --> Vehicle[0]	On-demand	Or
#1428	1.008551747593	Vehicle[1] --> Vehicle[2]	On-demand	Or
#1444	1.009024049562	lte --> dataDisseminationFogServer	On-demand	Or
#1454	1.009029809562	dataDisseminationFogServer --> lte	PredictedTrafficData	Pr
#1457	1.009034049562	lte --> Vehicle[0]	wlan-ack	WL
#1457	1.009034049562	lte --> Vehicle[1]	wlan-ack	WL
#1457	1.009034049562	lte --> Vehicle[2]	wlan-ack	WL
#1478	1.009375049562	lte --> Vehicle[0]	arpREQ	AF
#1478	1.009375049562	lte --> Vehicle[1]	arpREQ	AF
#1478	1.009375049562	lte --> Vehicle[2]	arpREQ	AF
#1500	1.010218049562	lte --> Vehicle[0]	arpREPLY	AF
#1500	1.010218049562	lte --> Vehicle[1]	arpREPLY	AF
#1500	1.010218049562	lte --> Vehicle[2]	arpREPLY	AF
#1519	1.010700411508	Vehicle[2] --> lte	wlan-ack	WL

Figure 36 : Messages d'événement 2

5.3. Les résultats

Mac Delay

La longueur de paquets queues (files d'attente) dans le MAC peut considérablement affecter le délai, car les paquets peuvent attendre dans la file d'attente pendant un certain temps avant d'être envoyés. Si le trafic est supérieur au débit maximal possible, les files d'attente vont se remplir et le délai augmente. Si le trafic est inférieur au débit maximal possible, les files d'attente ne se rempliront pas (pas de delay accru), mais les performances seraient inférieures

au maximum possible. Si le trafic est identique au débit maximal possible, les performances sont optimales et le retard est minimisé.

- L'architecture de inclut une couche de serveurs Fog intermédiaire entre les véhicules et les serveurs cloud.

La figure 37 montre que le retard mac dans notre simulation sur le point de départ de la simulation est presque inexistant parce que la première étape de la simulation n'est que le beaconing et l'authentification, le retard mac commence progressivement à monter en raison d'échange des messages Traffic.

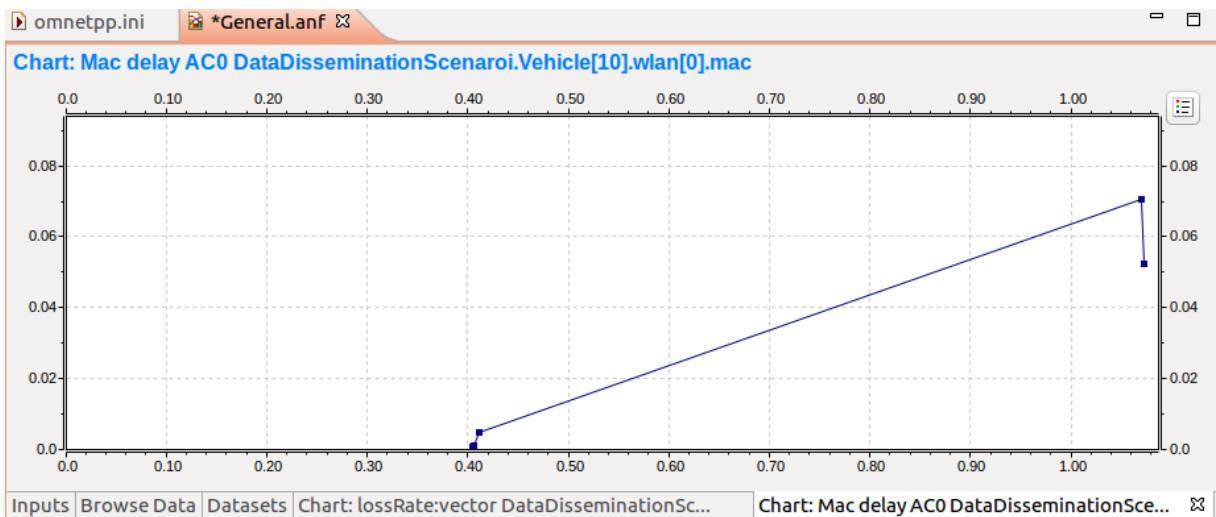


Figure 37 : MacDelay graph

Taux de perte(lossRate)

Les résultats de performance de ce scénario montrent que le taux de réussite des données de livraison est stable pendant le début de simulation pour estimer le taux de livraison des données par le service Fog. Cependant, nous avons constaté que le taux de livraison réussie a commencé avec 90%. Les résultats de performance du notre modèle descendent sans cesse avec le temps de simulation. Dans lequel, le taux de livraison des données est influencé par la collecte de données et la diffusion des données.

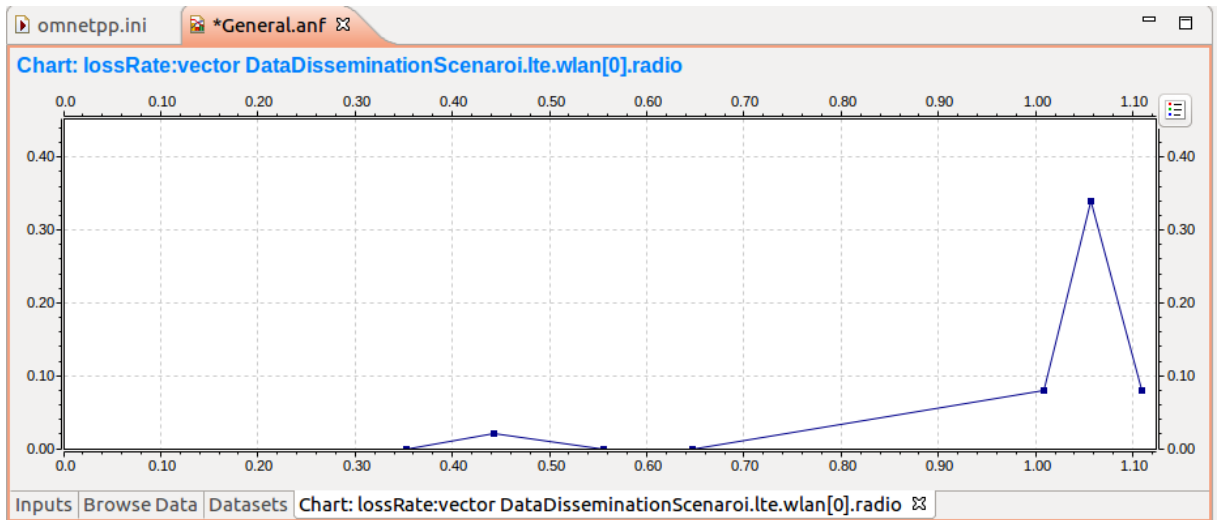


Figure 38 : Taux de perte

Sent down packets

La simulation est réalisée afin d’expérimenter le scénario du Notre modèle. Nous observons que la taille des paquets a un impact important sur le temps de latence sur les standards de communication précédents. Le graphe suivant montre que les paquets envoyés également au début de la simulation sont lourds en raison du processus de beaconing échangé entre tous les nœuds du réseau mais le reste de la simulation, nous voyons que les paquets envoyés sont également équilibrés. De plus, nous concluons que les performances du mécanisme d’échange de données proposé sur LTE offrent une meilleure performance plutôt que la norme IEEE 802.11p.

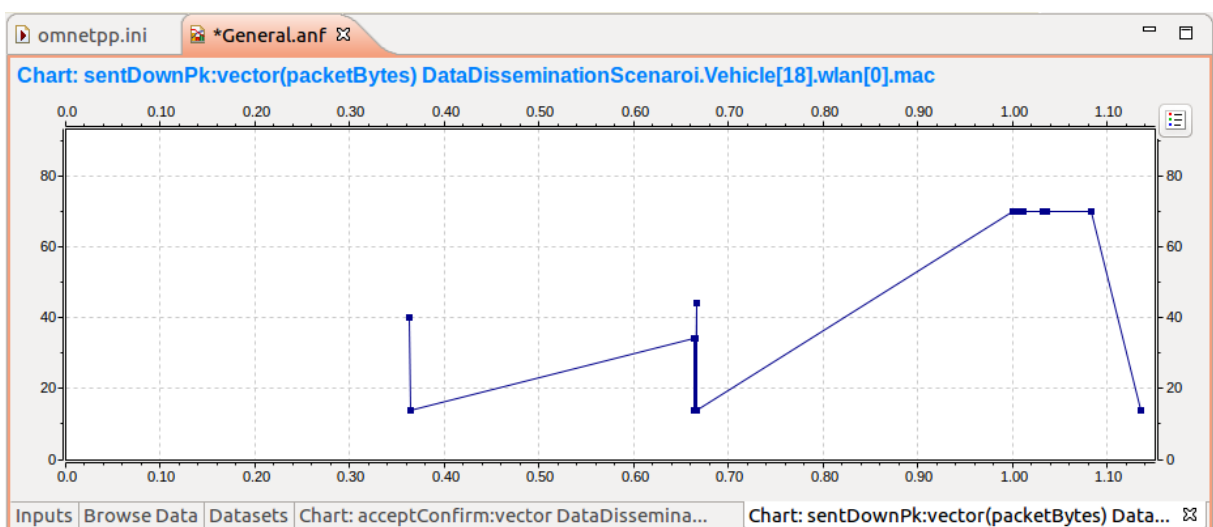


Figure 39 : Sentdownpackets

6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la réalisation de notre plateforme dédiée à la simulation des applications Fog Computing véhiculaires et la dissémination des informations du trafic.

Le but de cette approche, diminuer également la charge sur les Serveur cloud et assurer la réception des paquets, augmenter la sécurité du trafic, améliorer les informations sur le trafic et optimiser les performances du réseau dans des conditions d'incident.

Conclusion Générale

Nous avons consacré notre thèse pour réaliser une approche de désamination des informations dans les environnements Fog Computing Véhiculaire. L'objectif été de concevoir une ingénierie du trafic en vue d'assurer un niveau souhaité de la sécurité routières. En particulier, pour la dissémination des informations, nous proposons un mécanisme d'échange d'information Uplink/Downlink entre les serveurs Fog et les véhicules. La dissémination est effectuée seulement en utilisant la communication V2I. De plus, nous proposons un ensemble des applications du trafic qui peuvent utilisent ce mécanisme comme une base pour améliorer leurs performances réseau. Dans la phase d'évaluation, nous développons un cadre de simulation sous OMNET++ pour évaluer les performances réseau de la proposition.

Au début, nous avons présenté en générale les systèmes de transport intelligent, Les technologies de communications dans les réseaux VANET, ces modèles de communication et ces domaines d'applications et leur utilisation. Finalement nous allons présenter la convergence des applications VANET vers les applications Fog Computing Véhiculaire (FCV).

Ensuite, nous décrivons les déférents problèmes existent dans les réseaux véhiculaires, les applications existantes et les déférents techniques de dissémination d'information dans l'environnement Fog Computing Véhiculaire comme la migration d'une machine virtuelle, le codage, le Clustering etc. Mais tous ces techniques elle a des avantages et des inconvénients.

Pour cela nous avons eu proposé de mécanisme d'échange de données efficace pour la diffusion d'information.

Dans notre contribution, nous avons proposé une architecture de FCV pour la dissémination, aussi nous décrivons notre mécanisme d'échange de données et nous donné quelques applications pour le teste la fiabilité de notre mécanisme.

Finalement, dans le dernier chapitre, nous présentons notre projet de simulation et les différentes étapes de lancement de notre projet et les performances réseau.

Nous soulignons que Le Fog Computing véhiculaire est une nouvelle technologie et il est toujours en cours de développement avec de nouvelle stratégies et nouvelle technique. Il est un modèle large pour les chercheurs.

Bibliographies

- [1] S. Bitam & A. Mellouk, "ITS-cloud: Cloud computing for Intelligent transportation system," 2012 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Anaheim, CA, 2012, pp. 2054-2059, doi: 10.1109/GLOCOM.2012.6503418."
- [2] J. A. Khan, Y. Ghamri-Doudane & A. El Masri, "Towards the ranking of important smart vehicles in VANETs - An information-centric approach," Paris, 2015, pp. 1-6, doi: 10.1109/NOTERE.2015.7293502.
- [3] ROMAIN COUSSEMENT, « MÉCANISME D'AIDE À LA DÉCISION POUR LES IDS DANS LES RÉSEAUX VANETS », L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES, JANVIER 2014.
- [4] Noureddine CHAIB , « La sécurité des communications dans les réseaux VANET » , UNIVERSITE ELHADJ LAKHDER – BATNA
- [5] P. Plainchault, sécurisation de la conduite par communication véhicule infrastructure a base de transpondeurs. Thèse de Doctorat, institut national polytechnique de Toulouse, 2005.
- [6] D. Bektache, Application et Modélisation d'un protocole de communication pour la sécurité routière. Thèse de Doctorat, l'université de Badji Mokhtar Annaba, 2014.
- [7] J. Petit, Surcoût de l'authentification et du consensus dans la sécurité des réseaux sans fils véhiculaires. Thèse de Doctorat, l'université de Toulouse, 2011.
- [8] Mohammed ERRITALI, « Contribution à la sécurisation des réseaux ad hoc véhiculaires », UNIVERSITÉ MOHAMMED V –AGDAL FACULTÉ DES SCIENCES Rabat, 10 Octobre 2013.

- [9] B. Hadjer and B. Yasmina. Impact des modèles de mobilités sur les performances des protocoles de routage en milieu urbain réaliste dans les réseaux vanet (v2v). Master's thesis, Université Abou Bakr Belkaide Tlemcen, 2014.
- [10] D. ZEKRI, Agrégation et extraction des connaissances dans les réseaux inter-véhicules. Thèse de Doctorat, université de valenciennes et du Hainaut Cambrésis, 2013 .
- [11] A. BENAIDJA, échange d'informations en temp réel dans les réseaux véhiculaires, Thèse de Doctorat, université de USTHB, 2016.
- [12] N. HADDADOU, Réseaux ad hoc véhiculaires : vers une dissémination de données efficace, coopérative et fiable Thèse de Doctorat, École Doctorale MSTIC, 2014.
- [13] Liu, L., Chen, C., Qiu, T., Zhang, M., Li, S., & Zhou, B. (2018). A data dissemination scheme based on clustering.
- [14] F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu, & S. Addepalli, "Fog computing and its role in the internet of things," in Proceedings of the 1st Edition of the MCC Workshop on Mobile Cloud Computing
- [15] Fog Computing for Vehicular Ad Hoc Networks: Paradigms, Scenarios, and Issues, The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, September 2008
- [16] R. Vilalta & al., "TelcoFog: A Unified Flexible Fog and Cloud Computing Architecture for 5G Networks," in IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 8, pp. 36-43, Aug. 2017, doi: 10.1109/MCOM.2017.1600838.
- [17] A. Ullah, S. Yaqoob, M. Imran & H. Ning, "Emergency Message Dissemination Schemes Based on Congestion Avoidance in VANET and Vehicular FoG Computing," in IEEE Access, vol. 7, pp. 1570-1585, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2887075.

- [18] C. Huang, R. Lu & K. R. Choo, "Vehicular Fog Computing: Architecture, Use Case, and Security and Forensic Challenges," in *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 11, pp. 105-111, Nov. 2017, doi: 10.1109/MCOM.2017.1700322.
- [19] N. B. Truong, G. M. Lee & Y. Ghamri-Doudane, "Software defined networking-based vehicular Adhoc Network with Fog Computing," 2015 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM), Ottawa, ON, 2015, pp. 1202-1207, doi: 10.1109/INM.2015.7140467.
- [20] R. K. Kamini, "VANET Parameters and Applications: A Review," *Global Journal of Computer Science and Technology GJCST*, vol. 10, no. 7, pp. 1-6, 2010.
- [21] N. Taherkhani & S. Pierre, "Centralized and Localized Data Congestion Control Strategy for Vehicular Ad Hoc Networks Using a Machine Learning Clustering Algorithm," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 17, no. 11, pp. 3275-32, 12 Aug 2016.
- [22] Y. D. Mohamad and A.-B. Kamalrulnizam, "A Review of Congestion Control Algorithm for Event-Driven Safety Messages in Vehicular Networks," *International Journal of Computer Science Issues*, vol. 8, no. 5, pp. 49-53, 2011.
- [23] K. Rakesh & D. Mayanak, "A Comparative Study of Various Routing Protocols in VANET," *International journal of computer science*, vol. 8, no. 4, pp. 643-648, 2011.
- [25] H. Liu, H. Ning, Y. Zhang & M. Guizani, "Battery Status-aware Authentication Scheme for V2G Networks in Smart Grid," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 4, no. 1, pp. 99-110, 2013.
- [26] D. Clinton, A. Gail-Joon & T. Marthony, "Policy-driven security management for fog computing: Preliminary framework and a case study," in *International Conference on Information Reuse and Integration (IRI)*, CA, USA., 2014.

- [24] Y. D. Mohamad & A.-B. Kamalrulnizam, "A Review of Congestion Control Algorithm for Event-Driven Safety Messages in Vehicular Networks," *International Journal of Computer Science Issues*, vol. 8, no. 5, pp. 49-53, 2011.
- [27] L. S. Mihail & K. Maria, "Inter-vehicle Communication System: A Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 10, no. 2, pp. 88-105, 2008
- [28] C. Zhu, G. Pastor, Y. Xiao and A. Ylajaaski, "Vehicular Fog Computing for Video Crowdsourcing: Applications, Feasibility, and Challenges," in *IEEE Communications Magazine*, , OCTOBER 2018, doi: 10.1109/MCOM.2018.1800116
- [29] I. W.-H. Ho, S. C.-K. Chau, E. R. Magsino, & K. Jia, "Efficient 3d road map data exchange for intelligent vehicles in vehicular fog networks," tTechnical Report, The Hong Kong Polytechnic University, 2019.
- [30] D. Jiang and L. Delgrossi, "IEEE 802.11p: Towards an International Standard for Wireless Access in Vehicular Environments," *VTC Spring 2008 - IEEE Vehicular Technology Conference*, Singapore, 2008, pp. 2036-2040, doi: 10.1109/VETECS.2008.458.
- [31] Rong Y et Al, Virtual Machine Live Migration for Pervasive Services in Cloud-Assisted Vehicular Networks, 8th International Conference on Communications and Networking in China, 2013
- [32] Tarek K. Refaat et Al, Virtual machine migration and management for vehicular clouds, *Vehicular Communications*, Volume 4, April 2016, Pages 47-56, Elsevier.
- [33] Teka, F., Lung, C. & Ajila, S.A. Nearby live virtual machine migration using cloudlets and multipath TCP. *J Cloud Comp* **5**, 12 (2016).
- [34] Hijawi, H.Hamarsheh, M.Performance Analysis of Multi-Path TCP Network. *Int. J. Comput. Netw. Commun.* 2016, 8, 145–157.

- [35] M. Ren, L. Khoukhi, H. Labiod, J. Zhang, & V. Vèque, "A mobility-based scheme for dynamic clustering in vehicular ad-hoc networks (VANETs)," *Veh. Commun.*, vol. 9, pp. 233–241, 2017.
- [36] Hamid R. Arkian & Al, Cluster-based traffic information generalization in Vehicular Ad-hoc Networks, *Vehicular Communications*, Volume 1, Issue 4, October 2014, Pages 197-207.
- [37] Iftikhar A et Al, VANET–LTE based heterogeneous vehicular clustering for driving assistance and route planning applications, *Computer Networks*, Volume 145, 9 November 2018, Pages 128-140.
- [38] Rasmeet S. Bali, Learning Automata-assisted Predictive Clustering approach for Vehicular Cyber-Physical System, *Computers & Electrical Engineering*, Volume 52, May 2016, Pages 82-97.
- [39] H. Fahmy, *Wireless Sensor Networks Concepts, Applications, Experimentation and Analysis*, Springer Science+Business Media Singapore 2016, 635p.
- [40] K. Wehrle, *Modeling and Tools for Network Simulation*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, 566p.
- [41] INET User's Guide, [Online]. Available: inet.omnetpp.org/docs/users-guide/
- [42] A. Nunez et Al, ICanCloud : A Flexible and Scalable Cloud Infrastructure Simulator, *Journal of Grid Computing*, 2012.
- [43] A. Jafari, S. Al-Khayatt and A. Dogman, "Performance evaluation of IEEE 802.11p for vehicular communication networks," 2012 8th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP), Poznan, 2012, pp. 1-5, doi: 10.1109/CSNDSP.2012.6292712.