

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique

Université AMAR TELIDJI de Laghouat

Faculté des Sciences



Département de Mathématique et Informatique

Memoire de fin d'étude en vue d'obtention de diplôme : Master en Réseaux,
systèmes et application répartie

Intitule du memoire :

Adaptation du CW de la couche MAC pour les application de sécurité routière dans les VANETs

Réaliser par : GUESMIA Leila,
MERZOUG Zakaria.

Soutenu devant le jury composé de :

- Mr NADIR Zinelabidine Président
- Mr AMEUR Abdelkader ilyes Examineur
- Mlle BENKOUIDER Sara Examinatrice
- Mr Lakhdar Kamel OULADDJEDID Rapporteur

Année Universitaire 2015/2016

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mon frère et mes sœurs vous m'avez soutenue et encouragé durant toutes ces années ; vous étiez toujours présents quand j'avais besoin de vous, je n'aurais pu achever ce travail sans votre générosité et votre affection ; Que le tout puissant soit à vos côtés et vous protège.

Mes professeurs de l'UATL qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

GUESMIA Leila

Dédicace

À ma Mère,

À mon Père,

À mes Sœurs,

À mes Frères,

À toute ma Famille,

À tous ceux qui me sont chers,...

Je dédie affectueusement ce modeste travail "*MERZOUG Zakaria*".

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier notre Dieu ALLAH qui nous a donné la santé et la force pour achever ce projet.

Nous remercions chaleureusement nos parents et nos familles pour leurs encouragements et leurs assistance aussi bien matérielle que morale, depuis notre enfance jusqu'à maintenant. Maintenant sans oublier nos frères et sœurs.

Nous tenons à remercier vivement Monsieur OULADDJEDID Lakhdar Kamel, d'avoir dirigé notre mémoire, pour leur accueil bienveillant et leur conseil avisé, et cela malgré leur emploi de temps chargé. Nous aimerons les adresser nos plus vifs remerciements pour leurs disponibilités, dynamisme et leurs exceptionnelles idées que nous avons pu apprécier tout au long de notre mémoire. Nous tenons aussi à les remercier de la qualité de suivi et de la confiance qu'ils ont bien voulu nous accorder.

Nous remercions vivement, les enseignants qui étaient à l'origine de l'ouverture du Master (Option réseaux, systèmes et applications réparties), qui ont contribué énergétiquement à notre formation durant les deux années.

Que nos amis et tous qui ont l'amabilité de nous aider lors de la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Table des matières

Table des figures	VIII
Liste des tableaux	XI
Introduction générale	XIV
1 État de l'art	1
1.1 Introduction	1
1.2 Généralité	1
1.2.1 Définition	1
1.2.2 Le Nœud du réseau VANET	2
1.2.3 La communication dans les réseaux VANets	3
1.2.4 Les Caractéristiques des réseaux VANET	5
1.2.5 Les Applications des réseaux VANET	7
1.2.6 Les Types de message	11
1.2.7 Les Technologies d'accès	13
1.2.8 Les Défis et les thèmes de recherche dans le domaine des réseaux de véhicules	14
1.3 Projets et Standardisation	16
1.3.1 Le DSRC	16
1.3.2 Les travaux de standardisations	19
1.4 L'Accée au Canal dans les VANET	23
1.4.1 Le Contrôle d'accès au support (MAC)	23
1.4.2 Les mesures de performance pour VANET	25
1.4.3 Les défis de conception de MAC pour VANET	25
1.5 Conclusion	26
2 Contribution	27
2.1 Introduction	27
2.2 Comparaison : Étude comparative des techniques d'accès au canal amé- liorant le CSMA du 802.11p	27
2.2.1 Les mécanismes d'accès au canal avec contention	27
2.2.2 Les protocoles proposés améliorant le CSMA	28
2.2.3 Tableau comparatif	31

2.2.4	Synthèse	31
2.3	Proposition : L'adaptation du CW selon l'ordre dans la zone de collision pour le 802.11p	32
2.3.1	Introduction	32
2.3.2	Le Protocole CZDE-CW	33
2.3.3	Conclusion	36
3	Simulation et Analyse	37
3.1	Introduction	37
3.2	Les expérimentations de simulation	37
3.2.1	Les techniques à comparer	37
3.2.2	Les métriques de performance	39
3.2.3	Les scénarios de simulation	39
3.2.4	L'environnement de simulation	40
3.2.5	Les paramètres de simulation	42
3.3	Les résultats de simulation	43
3.3.1	Analyse	43
3.3.2	Discussion	54
	Conclusion générale	55
	Bibliographie	56

Table des figures

1.1	Hiérarchie des réseaux sans fil.[1]	2
1.2	Les différents types de réseau sans fils : Cellulaire, MANET et VANET [1]	2
1.3	Véhicule intelligent [1].	3
1.4	La Communication véhicule à véhicule. [2]	4
1.5	La Communication véhicule à infrastructure[3].	4
1.6	La communication hybride[4].	5
1.7	Les applications de prévention et sécurité routière.[1]	7
1.8	Un véhicule en panne [5]	8
1.9	Les travaux sur les routes [5].	8
1.10	Le risque d'accident [5].	9
1.11	Les applications de confort [1].	9
1.12	L'Accès à Internet [5].	10
1.13	Le Parking intelligent [5].	10
1.14	L'Optimisation du trafic [1].	11
1.15	L'Aide dans la conduite [1].	11
1.16	Les aspects du DSRC.	16
1.17	L'Allocation du spectre[6].	17
1.18	La Bande de fréquences et les canaux dans U.S.A [2].	18
1.19	Le modèle OSI vs IEEE 802.11P.	21
1.20	Le standard IEEE 1609/WAVE [7].	22
1.21	L'architecture ETSI –ITS [7].	23
2.1	Les véhicules dans une route divisée en cluster physique.	34
2.2	La zone de collision.	34

2.3	La conception "cross layer" entre la couche MAC et la couche supérieure.	35
2.4	L'organigramme de ZCDE-CW.	36
3.1	Le CW égale a une valeur fixe.	38
3.2	Le CW égale a le nombre de véhicules	38
3.3	Le CW égale a l'identifiant de véhicule.	38
3.4	L'Architecture de Simulation dans les VANET.	40
3.5	(a)Les routes droites.	42
3.6	(b)Les routes croisées	42
3.7	Comparaison des collisions générés avec le CW=3 et pour une densité N=20, 50, 100 et une vitesse V= [0,0]	43
3.8	Comparaison de collisions générées avec le CW=N et pour une densité N=20, 50, 100 et une vitesse V= [0,0]	43
3.9	Comparaison de collisions générées avec le CW=ID et pour une densité N=20, 50, 100 et une vitesse V= [0,0]	44
3.10	Comparaison de collisions générées avec le CW= ID, 3, 100 et pour une densité N=100 et une vitesse V= [0,0]	44
3.11	Comparaison de Throughput générées avec le CW= ID, 3, 20 et pour une densité N=20 et une vitesse V= [0,0]	45
3.12	Comparaison de Throughput générées avec le CW= ID, 3, 50 et pour une densité N=50 et une vitesse V= [0,0]	45
3.13	Comparaison de Throughput générées avec le CW= ID, 3, 100 et pour une densité N=100 et une vitesse V= [0,0]	45
3.14	la collision détecté par chaque véhicule dans une route de densité N=20 et qui sont Dans leur portée de transmission.	46
3.15	Comparaison de collisions générées avec le CW=3 et pour une densité N=20, 50, 100 et une vitesse V= [0,0]	47
3.16	Comparaison de collisions générées avec le CW=N et pour une densité N=20, 50, 100 et une vitesse V= [0,0]	47
3.17	Comparaison de collisions générées avec le CW=ID et pour une densité N=20, 50, 100 et une vitesse V= [0,0]	47
3.18	Comparaison de collisions générées avec le CW= ID, 3, 20 et pour une densité N=20 et une vitesse V= [0,0]	48
3.19	Comparaison de collisions générées avec le CW= ID, 3, 50 et pour une densité N=50 et une vitesse V= [0,0]	48
3.20	Comparaison de collisions générées avec le CW= ID, 3, 100 et pour une densité N=100 et une vitesse V= [0,0]	48

3.21	Comparaison de Throughput générées avec le CW= ID, 3, 20 et pour une densité N=20 et une vitesse V= [0,0]	49
3.22	les différentes positions véhicules pour une densité N=20	49
3.23	La collision détecté par chaque véhicule dans une route de densité N=20 et qui sont Pas Dans la même portée de transmission.	50
3.24	Comparaison deThroughput générées avec le CW= ID, 3, 50 et pour une densité N=50 et une vitesse V= [0,0]	51
3.25	Les différentes positions véhicules pour une densité N=50	51
3.26	Comparaison de Throughput générées avec le CW= ID, 3, 100 et pour une densité N=100 et une vitesse V= [0,0]	51
3.27	les différentes positions véhicules pour une densité N=100	51
3.28	Comparaison de collisions générées avec le CW= ID, 3, 20 et pour une densité N=20 et une vitesse V= [0,0]	52
3.29	Comparaison de collisions générées avec le CW= ID, 3, 20 et pour une densité N=20 et une vitesse V= [70,80]	52
3.30	Comparaison de collisions générées avec le CW= ID, 3, 20 et pour une densité N=20 et une vitesse V= [70,120]	53
3.31	Comparaison de collisions générées avec le CW= 3 et pour une densité N=50 et une vitesse V= [0,0] ; [70,80] ; [70,120]	53
3.32	Comparaison de collisions générées avec le CW= N et pour une densité N=50 et une vitesse V= [0,0] ; [70,80] ; [70,120]	53
3.33	Comparaison de collisions générées avec le CW= ID et pour une densité N=50 et une vitesse V= [0,0] ; [70,80] ; [70,120]	54

Liste des tableaux

1.1	Comparaison DSRC.	19
3.1	Les scénarios de simulation.	40
3.2	Tableau comparative entre les simulateurs réseau.	41
3.3	Les paramètres généraux de simulation.	42

Résumé

Le développement massif des technologies de communications sans fil a ouvert des possibilités intéressantes en ce qui concerne la création d'un système de transport intelligent (ITS, Intelligent Transportation System), plus sûr et plus écologique. Une des composantes majeures d'un tel système sera constituée par des réseaux véhiculaires ad-hoc (VANET), au travers desquels les automobiles vont échanger des messages pour détecter des situations dangereuses et les annoncer aux conducteurs.

L'organisation IEEE a développé un standard dédié au VANET qui prend en considération les spécificités du réseau. Le standard est appelé IEEE 802.11p, il est basé sur la technique CSMA/CA où les nœuds rentrent en compétition pour accéder au canal, malheureusement cette technique fait apparaître le problème de collision directe et cachés.

Ces problèmes ont été solutionnés pour le type de transmission Unicast par les mécanismes suivants : Le mécanisme de BEB (Binary Exponential Backoff) est utilisé pour éviter les collisions directes où le CW (Contention window) sera doublé en cas d'échec de transmission, et le mécanisme RTS/CTS est utilisé pour éviter les collisions cachés. Le problème c'est que, avec le broadcast aucun de ces mécanismes n'est utilisé, ce qui rend l'évitement de collision difficile. Dans ce contexte, la tendance actuelle pour résoudre ce problème, c'est de proposer un CW adaptative qui change d'une façon dynamique selon le nombre des véhicules dans le voisinage.

Notre approche consiste à proposer une nouvelle technique d'adaptation de CW (Contention Window) qui a pour but de surpasser la technique standard en termes de fiabilité et délai de transmission.

MOTS-CLÉS : ITS, VANET, CSMA/CA, CW.

Abstract

The massive development of the technologies of wireless communications opened interesting possibilities as regards the creation of a system of intelligent transport (ITS, Intelligent Transportation System), more sure and more ecological. One of the major components of such a system will be constituted by vehicular networks ad hoc (VANET), through which automobiles will exchange messages to detect dangerous situations and announce them to drivers.

The IEEE organization has developed a standard dedicated to the VANET which takes into consideration the specificities of the network. The standard is called IEEE 802.11 p, it is based on the CSMA/CA technique where the nodes enter in competition for access to the channel, unfortunately this technique makes it appear The problem of direct and hidden collision.

These problems have been solved for Unicast transmission type by the following mechanisms : the mechanism of BEB (Binary exponential Backoff) is used to avoid direct collisions where the CW (Contention window) will be doubled in case of failure of transmission, and the RTS/CTS mechanism is used to avoid collisions hidden. The problem is that, with the broadcast none of these mechanisms is used, which makes the difficult collision avoidance In this context, The current tendency to solve this problem is to provide an adaptive CW that changes dynamically depending on the number of vehicles.

Our approach is to offer a new technique of CW adaptation (Contention Window) that aims to surpass the standard technique in terms of reliability and transmission delay.

KEYWORDS : ITS, VANET, CSMA/CA, CW.

Introduction

1. Contexte

Le domaine des réseaux et de la communication est l'un des domaines clés de l'informatique. Ce domaine n'a cessé d'évoluer ces dernières années pour répondre aux différents besoins de l'homme (partage des informations, internet, jeux en ligne . . . , etc.). Avec l'adoption des technologies de télécommunication sans-fil, de nouvelles utilisations et perspectives ont vu le jour.

Les réseaux Ad-Hoc considéré comme étant une classe des réseaux sans fils, peuvent être utilisés à des endroits où l'installation d'infrastructures est trop coûteuse ou impossible. L'une des caractéristiques principale est leur topologie très dynamique, du fait de la mobilité des nœuds de réseau, ce qui permet de créer plusieurs types, dont les réseaux véhiculaires. Dans ces derniers, les véhicules sont capables de communiquer directement véhicule-à-véhicule, via un support sans-fil ou bien à l'aide des infrastructures placés le long de la route.

Les réseaux véhiculaires sont considérés comme le pilier principal du Système de Transport Intelligent, qui permet d'offrir aux usagers de la route une multitude de services :(i) améliorer la sécurité des conducteurs et des passagers en offrant par exemples des informations sur le trafic routier, les accidents, la localisation et même des informations métrologiques. (ii) améliorer le confort des passagers en permettant l'accès mobile à l'internet, le service de chat ainsi que les jeux en ligne, etc. (iii) Améliorer l'efficacité globale du réseau routier, en réduisant le temps de parcours et les congestions par exemple, . . . etc.

2. Motivation et problématique

La couche MAC représente le composant le plus important dans une architecture réseau, elle joue un rôle primordiale dans l'accès et au partage du canal entre les nœuds compétitifs, ce qui va influencer sur le temps et la fiabilité de transmission des messages des couche supérieur. Donc il est important de le prendre en considération lors de la proposition des protocoles des couches supérieurs par ce qu'il est en relation avec leur performance.

IEEE802.11p utilise un protocole MAC qui est basé sur un protocole de CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). En raison du fait que les beacons peuvent être envoyés plusieurs fois par seconde et la densité des véhicules peut varier énormément, il est prévu que le canal peut devenir encombré, ce qui entraîne une détérioration de la sensibilisation Coopérative et donc les performances des applications ITS.

Quand un nœud essaie d'accéder au support et trouve le canal occupé, il choisit un temps backoff aléatoire dans l'intervalle $[0, CW]$ et retarde l'accès au support pour la durée du back-off. CW représente la taille de la fenêtre de contention. Si aucun acquittement est reçu (par exemple, une collision se produit) la taille CW est doublé et le processus recommence. Toutefois, en raison de l'absence d'accusés de réception lors de la réalisation d'un Broadcast des messages de contrôle périodique (beacon), CW n'est jamais augmenté pour le broadcast.

La probabilité que deux nœuds vont essayer d'accéder au support dans le même temps est faible, mais quand il y'a par exemple 100 nœuds la probabilité que deux nœuds choisiront un même temps augmente. L'augmentation du CW pourrait être une façon de traiter ceci mais rendant le CW trop grande va augmenter le délai.

3. Les contributions de la thèse

Dans cette thèse, nous allons présenter deux contributions :

- Une étude comparative des techniques d'adaptation du CW proposé dans la littérature,
- La proposition d'une nouvelle technique d'adaptation de CW qui prend l'identifications du véhicule comme valeur de sa CW pour que chacun prend une valeur de CW unique, dont les objectifs sont : minimiser le risque de collision, la fiabilité, minimiser le délai de transmission.

4. L'organisation du manuscrit

Le présent mémoire se compose de trois (03) chapitres organisés comme suit :

- **Le premier chapitre** est une sorte d'introduction générale aux réseaux Ad hoc de véhicules, dans lequel nous avons abordé tous les points qui sont liés à ce type de réseaux.
- Tandis que **le deuxième chapitre** intitulé "Contribution" contient deux parties essentielles, La première présente une étude comparatif qui contient une étude sur les techniques d'accès au canal améliorant le CSMA du 802.11p, Tandis que la deuxième contient une Proposition dont l'intitulé est : l'adaptation du CW selon l'ordre dans la zone de collision pour le 802.11p. Dans ce dernier volet nous allons présenter d'une manière détaillé notre approche.
- **Le troisième chapitre**, nous avons porté notre attention sur la simulation de notre protocole, résultants de l'Adaptation du CW de la couche MAC, où nous avons présenté les différents outils et paramètres utilisés pour la simulation, suivis des mesures de performances adoptés pour l'évaluation des performances de ce dernier, pour discuter les résultats obtenus.
- En fin nous terminons ce mémoire par des conclusions générales et traçons des axes pour des travaux futurs.

1

État de l'art

1.1 Introduction

Dans ces dernières années, plusieurs recherches ont été menées à l'échelle internationale visant à faire communiquer des véhicules, cette communication permettra de nouveaux services pour les véhicules et créer de nombreuses opportunités pour améliorer la sécurité routière. L'objectif des réseaux VANET est d'appliquer certaines notifications, par exemple les messages d'alerte signalant un accident pour les nœuds voisins afin de réduire la probabilité de collision entre les véhicules, les applications multimédias en temps réel et bien d'autres applications.

Les réseaux VANET, comme nous l'avons dit précédemment, sont l'une des applications des ITS où ils peuvent être mises en place grâce aux infrastructures installées au bord de la route ou grâce aux nouveaux systèmes installés dans le véhicule. Ce type de fonctionnement confère aux trois types de déploiements : véhicule à véhicule V2V ou véhicule à infrastructure V2I ou une architecture hybride.

Ce chapitre a pour but d'introduire les réseaux Ad hoc de véhicules, dans lequel nous avons abordé tous les points qui sont liés à ce type de réseaux.

1.2 Généralité

1.2.1 Définition

Un réseau VANET est une particularité des réseaux MANET où les nœuds mobiles sont des véhicules (intelligents) équipés de calculateurs, de cartes réseau et de capteurs. Comme tout autre réseau Ad hoc, les véhicules peuvent communiquer entre eux ou avec des stations de base placées tout au long des routes.[8]

Les réseaux véhiculaires regroupent deux grandes classes d'applications, à savoir les applications qui permettent de bâtir un système de transport intelligent ITS (Intelligent transport System) et celles liées au confort ou avertissement du conducteur et des éventuels passagers

La figure 1.1 représente la hiérarchie des réseaux sans fil où elle schématise l'inclusion des réseaux véhiculaires Ad Hoc VANET dans les réseaux mobile Ad Hoc MANET, les MANET dans les réseaux Mobiles ainsi que les réseaux mobiles dans les réseaux sans fil.



FIGURE 1.1: Hiérarchie des réseaux sans fil.[1]

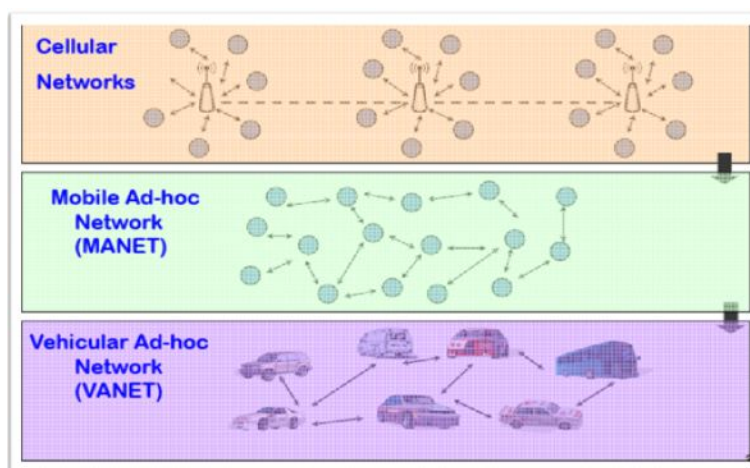


FIGURE 1.2: Les différents types de réseau sans fils : Cellulaire, MANET et VANET [1]

1.2.2 Le Nœud du réseau VANET

Un nœud d'un réseau VANET est un véhicule équipé de terminaux tels que :

- les calculateurs
- les interfaces réseaux
- des capteurs capables de collecter les informations et de les traiter.

On parle de la notion de « véhicule intelligent ». La figure I.3 modélise un véhicule intelligent

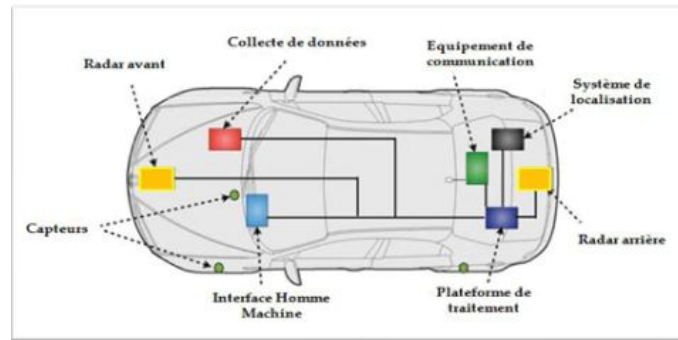


FIGURE 1.3: Véhicule intelligent [1].

1.2.3 La communication dans les réseaux VANets

Les réseaux véhiculaires par analogie à ce qui existe dans les réseaux sans fil peuvent être déployés suivant trois catégories :

1.2.3.1 La Communication véhicule à véhicule

Dans cette catégorie, un réseau de véhicule est vu comme un cas particulier du réseau MANET (Mobile Ad Hoc Network) où les contraintes d'énergie, de mémoire et de capacité sont relaxées et où le modèle de mobilité n'est pas aléatoire mais prévisible avec une très grande mobilité. Cette architecture peut être utilisée dans le scénario de diffusion d'alertes (freinage d'urgence, collision, ralentissement...) ou pour la conduite coopérative. Aucune infrastructure n'est utilisée, aucune installation n'est nécessaire sur les routes et tous les véhicules sont équipés pour communiquer directement entre eux n'importe où, que se soit sur les autoroutes, des routes de montagnes ou des routes urbaines, ce qui donne une communication moins coûteuse et plus flexible. Cette approche souffre de certains inconvénients dont nous citons :

- Les délais de communication qui sont élevés, étant donné que la communication se fait en utilisant le multi-sauts.
- Les déconnexions fréquentes dues au fait que les véhicules sont mobiles.
- La sécurité réseau est très limitée.



FIGURE 1.4: La Communication véhicule à véhicule. [2]

1.2.3.2 La Communication véhicule à infrastructures

Dans cette catégorie, on ne se concentre pas seulement sur des simples systèmes de communications inter-véhicules mais aussi ceux qui utilisent des stations de bases ou points d'infrastructure RSU (Road Side Units, dénomination proposée par le consortium C2C-CC). Cette approche repose sur le modèle client/serveur où les véhicules sont les clients et les stations installées le long de la route sont les serveurs. Ces serveurs sont connectés entre eux via une interface filaire ou sans fil. Toute communication doit passer par eux. Ils peuvent aussi offrir aux utilisateurs plusieurs services concernant le trafic, accès à internet, échange de données de voiture-à-domicile et même la communication de voiture-à-garage pour le diagnostic distant.

L'inconvénient majeur de cette approche est que l'installation des stations le long des routes est une tâche coûteuse et prend beaucoup de temps, sans oublier les coûts relatifs à la maintenance des stations.



FIGURE 1.5: La Communication véhicule à infrastructure[3].

1.2.3.3 La Communication Hybride

La combinaison des communications véhicule à véhicules avec les communications de véhicules avec utilisation d'infrastructures, permet d'obtenir une communication hybride très intéressante. En effet, les portées des infrastructures (stations de bases) étant limitées, l'utilisation des véhicules comme relais permet d'étendre cette distance. Dans un but économique et afin d'éviter la multiplication des stations de bases à chaque coin de rue, l'utilisation des sauts par véhicules intermédiaires prend tout son importance.

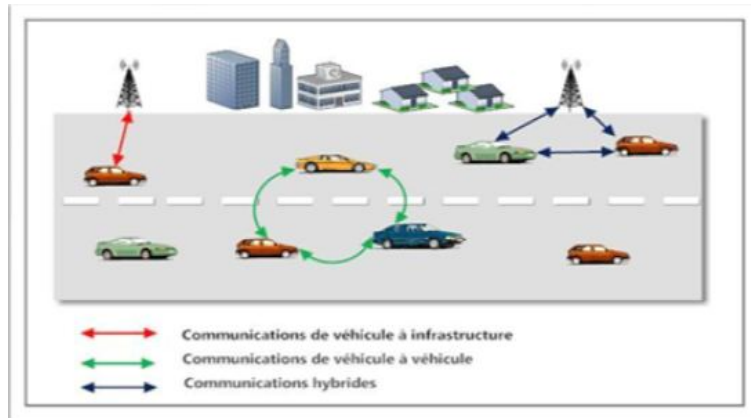


FIGURE 1.6: La communication hybride[4].

1.2.4 Les Caractéristiques des réseaux VANET

Les réseaux véhiculaires ont des caractéristiques spécifiques qui les distinguent des réseaux Ad Hoc, à savoir :

- **La Collecte d'informations et la perception de l'environnement proche :**

La collecte d'informations se fait en utilisant différents capteurs de toutes catégories (caméras, capteurs de pollution, capteurs de pluies, capteurs de l'état de la route et de voiture, etc. . .) qui permettent au conducteur à bord de son véhicule de disposer d'un certain nombre d'informations et d'une meilleure visibilité pour pouvoir réagir d'une manière adéquate aux changements de son environnement proche.[9]

- **Le potentiel énergétique :**

A la différence des réseaux sans fil traditionnels ou la contrainte d'énergie représente un facteur limitant important, les entités des réseaux véhiculaire disposent de grandes capacités énergétiques qu'elles tirent du système d'alimentation propre des véhicules [9].

- **La topologie et la connectivité :**

Les réseaux VANET sont caractérisés par une connectivité sporadique, car un véhicule peut rejoindre ou quitter un groupe de véhicules en un temps très court, ce qui nous mène ainsi à avoir une topologie très dynamique constituée de plusieurs segments séparés [10].

- **Le modèle de mobilité :**

Plusieurs facteurs peuvent affecter la mobilité dans ces réseaux comme les infrastructures routières, par exemple, route, autoroute, panneaux de signalisation. En outre, la mobilité dans les VANET est liée directement au comportement des conducteurs et leurs réactions face à des obstacles ou des situations différentes et complexes rencontrées, par exemple, embouteillage, accidents, . . . etc.[11]

- **Le modèle de communication :**

Les réseaux véhiculaires ont été imaginés principalement pour les applications liées à la sécurité routière (ex. diffusion de messages d'alerte). Dans ce type d'application, les communications se font presque exclusivement par relayages successifs d'une source vers une multitude de destinataires. Le modèle de transmission en Broadcast ou en Multicast est donc appelé à dominer largement dans les réseaux véhiculaires, ce qui n'est par exemple pas sans conséquence sur la charge du réseau et le modèle de sécurité à mettre en œuvre [9].

- **La taille du réseau :**

Etant donné les avancées importantes réalisées dans le domaine des communications sans fil et les bas coûts des équipements associés, les véhicules qui intègrent déjà massivement des systèmes GPS et des équipements Bluetooth, seront très probablement équipés et ce, tout aussi massivement, de plateformes de communication leur permettant de constituer de véritables réseaux. Ce faisant, et compte tenu de l'importance sans cesse grandissante de la densité et du parc des véhicules, on peut s'attendre à ce que la taille des réseaux véhiculaires dont les déploiements restent encore très confidentiels, soit d'une tout autre ampleur. L'importance potentielle de la taille des réseaux véhiculaires constitue donc une caractéristique majeure à prendre en compte dans la conception de ces réseaux [9].

- **La Sécurité dans le réseau :**

Le problème de sécurité de la communication est important, par exemple, un message d'urgence doit pouvoir être validé ou ignoré s'il est envoyé par un nœud malicieux.[11]

1.2.5 Les Applications des réseaux VANET

Une des applications de ce concept consiste à munir nos voitures et nos routes de capacités de communication permettant de rendre la route plus sûre et de rendre le temps passé sur les routes plus convivial. Les principales applications des réseaux VANET peuvent être classées en trois catégories[5] :

- ✓ Les applications de prévention et de sécurité routière,
- ✓ Les applications d'optimisation du trafic et d'aide à la conduite ,
- ✓ Les applications de confort des conducteurs et des passagers.

1.2.5.1 Les Applications de prévention et de sécurité routière

La sécurité routière est devenue une priorité dans la plupart des pays développés, cette priorité est motivée par le nombre croissant d'accidents sur ses routes associé à un parc de véhicules de plus en plus important. Les VANET permettent de prévenir les collisions et les travaux sur les routes, de détecter les obstacles (fixes ou mobiles) et de distribuer les informations météorologiques par envoi de messages d'alerte.

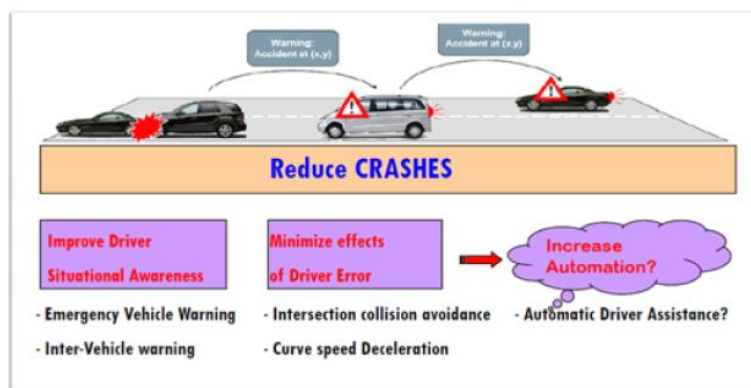


FIGURE 1.7: Les applications de prévention et sécurité routière.[1]

a. Alerter en cas d'accidents :

Ce service permet, dans le cas d'un accident, d'avertir les véhicules se dirigeant vers le lieu de l'accident que les conditions de circulation se trouvent modifiées et qu'il est nécessaire de redoubler de vigilance. Il est nécessaire, également, en cas de densité réduite de véhicule de pouvoir conserver l'information pour pouvoir la retransmettre si un véhicule entre dans la zone de retransmission. Les messages de sécurité devront être émis à des périodes régulières. Ces messages devront comporter les coordonnées du lieu de l'accident et les paramètres de la zone de retransmission[5].

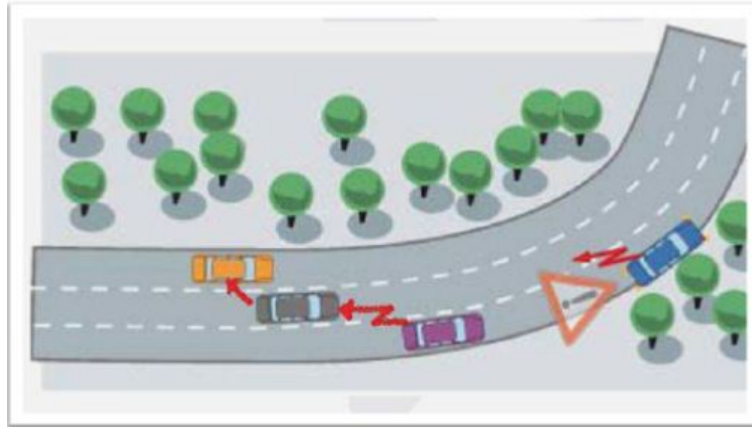


FIGURE 1.8: Un véhicule en panne [5]

b. Alerter en cas de ralentissement anormal (bouchon, travaux, intempéries, Etc.):

Ce service permet d'avertir les automobilistes des situations de circulation particulières (cf. Figure I.9). L'information quel que soit la nature des difficultés de circulation informe l'automobiliste qu'il est nécessaire de ralentir. Le message d'alerte est émis par un véhicule détectant les difficultés de circulation (freinage important par exemple, déclenchement des feux de détresse, pluie, . . . etc.). Un véhicule effectuant des travaux peut également être à l'origine du message d'alerte. Comme pour le message d'alerte informant d'un accident, le message d'alerte informant d'un ralentissement doit être transmis aux autres véhicules de façon efficace et rapide [5].

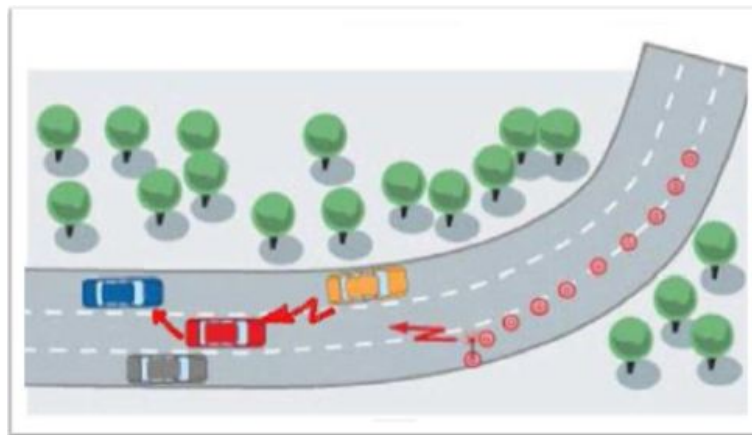


FIGURE 1.9: Les travaux sur les routes [5].

c. La conduite collaborative :

La conduite collaborative est un concept qui améliore considérablement la sécurité du transport routier (réduction du nombre de victimes)(voir figure 1.10). Cette innovation est basée sur un échange de renseignements entre des véhicules munis

d'instruments (ex : capteurs) leur permettant de percevoir ce qui les entoure et de collaborer en groupes. On peut aussi échanger des informations de trafic et de travaux afin de fluidifier le réseau routier en indiquant par exemple des itinéraires bis. La signalisation automatique est aussi envisageable avec l'avertissement de passage de véhicule d'urgence, ou encore l'avertissement d'une panne d'un feu tricolore [5].

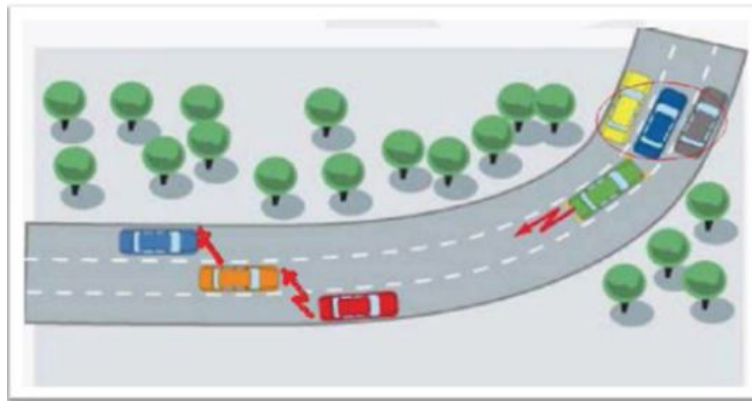


FIGURE 1.10: Le risque d'accident [5].

1.2.5.2 Les Applications d'optimisation du trafic et d'aide à la conduite

Les réseaux véhiculaires peuvent aussi améliorer le confort des conducteurs et des passagers. Ce confort est illustré par l'accès à internet, la messagerie, le chat inter-véhicule, etc. Les passagers dans la voiture peuvent jouer en réseaux, télécharger des fichiers MP3, envoyer des cartes à des amis, etc.

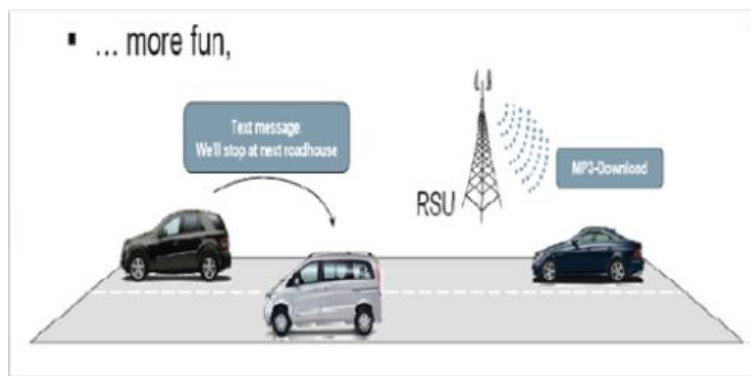


FIGURE 1.11: Les applications de confort [1].

a. Les Réseaux collaboratifs :

Les réseaux collaboratifs sont en train de se développer en particulier avec les réseaux pairs-à pairs. On peut imaginer une chaîne de radio ou de "télévision distribuée" où chaque véhicule va partager les musiques et vidéos qu'il a en sa possession

pour construire un programme de diffusion continu. Les cartes collaboratives (wiki). Un serveur relai ('proxy-cache') peut permettre la navigation sur Internet même dans des zones sans connexion à Internet. Un système de distribution de publicité et d'informations pratiques (concerts, restaurants, ...etc) peut être mis en place à l'entrée des villes [5].

b. L'Internet dans les transports :

Aujourd'hui, les hot-spots (zone WiFi à accès Internet) sont de plus en plus développés dans les villes, en particulier avec les initiatives des communautés et des opérateurs de télécommunication. En voiture, on peut imaginer acheter de la musique et de la vidéo, au niveau d'une station d'essence, d'une gare ou même en pleine autoroute (en passant d'une voiture à une autre jusqu'au point d'accès le plus proche). Les passagers dans la voiture pourront ainsi jouer en réseaux, ou encore même naviguer sur Internet [5] (voir figure 1.12).

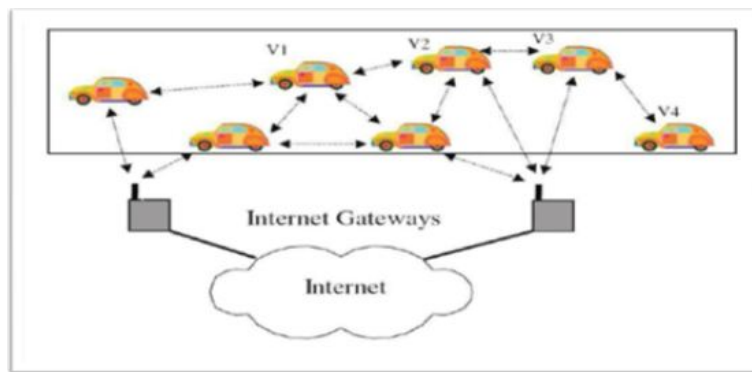


FIGURE 1.12: L'Accès à Internet [5].

c. La Gestion des espaces libres dans les parkings :

Ce service permet de rassembler des informations sur la disponibilité de l'espace de stationnement dans les parkings et de coordonner entre automobilistes afin de les guider aux espaces libres (voir figure 1.13) [5].

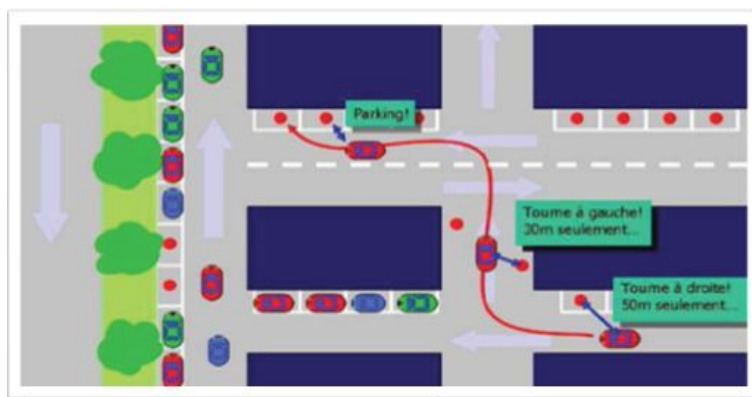


FIGURE 1.13: Le Parking intelligent [5].

1.2.5.3 Les Applications de confort des conducteurs et des passagers

Le trafic automobile peut être grandement amélioré grâce à la collecte et au partage de données collectées par les véhicules, ce qui devient un support technique pour les conducteurs. Une voiture peut, par exemple, être avertie en cas d'un ralentissement anormal (bouchon, embouteillage, éboulement de rochers ou travaux).

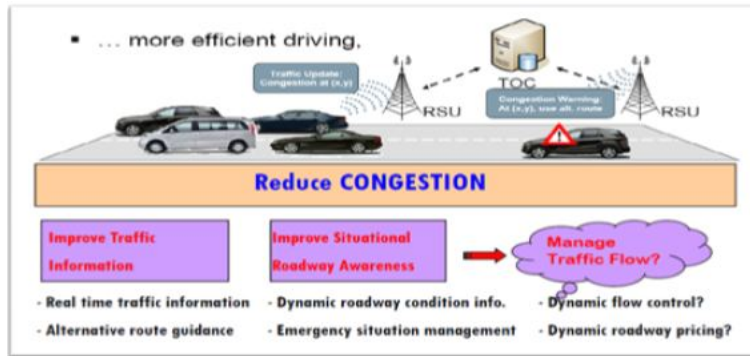


FIGURE 1.14: L'Optimisation du trafic [1].



FIGURE 1.15: L'Aide dans la conduite [1].

1.2.6 Les Types de message

Les entités formant un réseau sans fil véhiculaires vont générer et s'échanger des messages. En fonction de l'application et du contexte environnemental, un véhicule peut envoyer (ou recevoir) un message de contrôle, d'alerte ou autre.

1.2.6.1 Les Messages de contrôle

Le message de contrôle est génère a intervalle régulier. Conventionnellement, chaque véhicule émet un message de contrôle toutes les 100 ms. Ce message, contient la position, la vitesse, la direction et l'itinéraire du véhicule émetteur. Grâce aux messages de contrôle, chaque véhicule se crée une vue locale de son voisinage. Le véhicule peut aussi prédire et anticiper des situations accidentelles ou de congestion. Le message de contrôle est l'équivalent du message HELLO des protocoles de routage. Chaque véhicule se fait donc connaitre de son voisinage direct.

Bien entendu, les messages de contrôle ne sont pas transférés et utilisent une diffusion a un saut.

1.2.6.2 Les Messages d'alerte

Le message d'alerte est génère lorsqu'un événement est détecté. Cela peut être la détection d'un accident, d'un obstacle ou la réception d'un autre message d'alerte. Le message d'alerte doit être émis a intervalle régulier afin d'assurer la pérennité de l'alerte. Ainsi le ou les véhiculés désignes pour la retransmission des messages émettront des alertes a instants réguliers. Les messages d'alerte doivent donc être de taille réduite pour être transmis-le plus rapidement possible. Les messages contiennent en particulier les coordonnées du lieu de l'accident et les paramètres de la zone de retransmission.

1.2.6.3 Les Autres messages

Ce type de message contient tous les messages qui ne sont pas des messages d'alerte ou de contrôle.

Ces messages ne sont généralement pas répétés à intervalle régulier. En effet, cela peut être par exemple un message de transaction financière ou l'envoi de courrier électronique.

Tous les messages reçus seront stockes dans un 'cache des messages récemment reçus'. Chaque message se verra associer une durée de vie dans le cache.

1.2.7 Les Technologies d'accès

Dans cette section, nous étudions les réseaux informatiques sans fil extra-véhiculaires. Nous détaillons trois technologies :

- ✓Le WiMAX,
- ✓Le WiFi,
- ✓Le DSRC/WAVE.

- **Le WiMAX :**

Le réseau sans fil métropolitain, WiMAX, base sur la norme IEEE 802.16, permet d'atteindre des débits de 70 Mbit/s sur un rayon de 50 kilomètres. Avec un débit élevé et un délai modéré, le WiMAX est adapté pour l'accès à Internet. Sa version mobile, Mobile WiMAX (base sur le standard IEEE 802.16e), offre aussi une connectivité à moyenne et longue portée, mais adaptée pour des véhicules à vitesse modérée. Les travaux d'Aguado et al. [12] démontrent que le WiMAX répond aux besoins des applications temps réel comme la voix sur IP (VoIP) et la vidéo à la demande.

Cela positionne Mobile WiMAX comme une solution compétitive dans le contexte des Communications véhicule-a-infrastructure. Mais le déploiement de cette technologie soulève tout de même un problème d'installation. Contrairement à la 3G qui est déjà présente sur le territoire français, le WiMAX nécessite l'installation de stations de base. Cela aura donc un coût financier important. De plus, à cause de ce besoin constant d'être à portée d'une station de base, le WiMAX propose un délai trop élevé pour les communications V2V.

- **Le WiFi :**

Aujourd'hui, la technologie Wireless Fidelity (WiFi) est devenue omniprésente dans les ordinateurs portables, les téléphones portables ou les consoles de jeux. Grâce à cette démocratisation et le faible coût de production, la technologie WiFi est une technologie abordable pour le déploiement de réseaux sans fil véhiculaires. Depuis la fin des années 1990, date d'apparition des premiers équipements utilisant la technologie WiFi sur le marché, trois spécifications de la couche physique pour le standard IEEE 802.11 furent ajoutées afin d'accroître la vitesse de transmission. La dernière spécification en date est le 802.11n qui propose des débits théoriques de 300 Mbit/s. Malheureusement, en pratique le surcoût du protocole réduit de moitié les débits potentiels de la couche application. Cette dégradation de débit peut être pénalisant, surtout dans les réseaux véhiculaires. À première vue, la couverture radio omnidirectionnelle de 400 mètres semble suffisante pour maintenir une connectivité multi-saut dans le milieu autoroutier ou urbain. Mais de nombreux travaux de recherche ont démontrés qu'à cause des caractéristiques uniques des VANETs, cette technologie ne peut pas être appliquée telle quelle. À plus forte raison dans le contexte d'application de sécurité du trafic routier ou le IEEE 802.11(g) affiche un taux de perte de paquets élevé à vitesse élevée.

- **Le DSRC/WAVE :**

Dedicated Short Range Communication (DSRC) regroupe un ensemble de technologies dédiées aux communications véhiculaires. A l'origine, la technologie DSRC a été conçue pour répondre au besoin de transactions financières électroniques (télépéage). C'était un modèle de communication à courte portée (4 a 10 mètres) avec des débits inférieurs a 1 Mbit/s. Ensuite, le standard DSRC a évolue a partir du IEEE 802.11a [13] vers la norme IEEE 802.11p ou WAVE (Wireless Access for Vehicular Environments) [14] afin de répondre aux caractéristiques des VANETs. Le DSRC propose un canal de communication spécialement conçu pour transmettre des messages de très haute priorité a l'instar de certains messages critiques liés a la sécurité routière. Le WAVE présente aussi des caractéristiques beaucoup plus adaptées a la mobilité (comme des temps d'établissement de connexion plus courts) qui permettent l'envoi a la volée d'informations a des véhicules roulants a grande vitesse.

La technologie IEEE 802.11p est particulièrement adaptée pour les applications a portée moyenne et sensibles au délai.

1.2.8 Les Défis et les thèmes de recherche dans le domaine des réseaux de véhicules

Les propriétés des réseaux véhiculaires offrent des challenges importants, ce qui rend les VANET s'ouvrent à plusieurs domaines de recherche dont nous citons les plus importants :

- ✓La sécurité,
- ✓L'accès au canal,
- ✓La Localisation des véhicules,
- ✓Les Problèmes de congestion
- ✓La Mobilité dans la simulation du réseau,
- ✓Le Routage,
- ✓La Configuration IP et Gestion de la mobilité.

1. La sécurité : La sécurité est un défi majeur ayant un grand impact sur le futur déploiement des réseaux véhiculaires ainsi que leurs applications. En raison de la sensibilité des domaines d'utilisation des VANET, une intrusion d'un véhicule malicieux aurait des conséquences graves sur l'ensemble des véhicules inter-connectés. C'est pour cette raison que beaucoup de travaux de recherche ont été réalisés pour développer un mécanisme de sécurité instituant les relations de confiance entre les nœuds communicants et garantissant le contrôle d'accès aux services.

2. L'accès au canal : Les réseaux véhiculaires utilisent des communications radio. Par conséquent, il est important de concevoir des solutions spécifiques aux réseaux VANET qui permettent d'apporter de la qualité de service et de gérer les priorités

en résolvant les problèmes d'interférences radio, des problèmes de propagation à multi-trajets des ondes ainsi que les irrégularités électromagnétiques.

3. La Localisation des véhicules : Si l'un des véhicules du réseau doit être localisé (dans le cas d'un accident par exemple), les autres doivent être informés de sa position. Le problème est que tous les véhicules ne sont pas équipés d'un système de repérage par satellite (GPS). Pour cette raison, un mécanisme de localisation sans utilisation de GPS est nécessaire.

4. Les Problèmes de congestion : L'un des problèmes des VANET est que chaque véhicule communique avec tous ceux qui sont dans sa zone de couverture. Ceci entraîne une dégradation de la qualité de service (QoS) avec l'augmentation du nombre de véhicules. Ce problème a fait l'objet de plusieurs études.

5. La Mobilité dans la simulation du réseau : Dans la simulation des VANET, le facteur mobilité a longtemps été négligé. On ne considérait pas la différence de mouvements entre les nœuds des VANET et des MANET, ce qui pouvait biaiser les résultats de la simulation. Pour cette raison, de plus en plus d'équipes de recherche s'intéressent à l'étude de la mobilité dans les VANET.

Avec un bon simulateur, plus le modèle de mobilité est réaliste, plus les résultats de la simulation sont proches de la réalité. D'où l'impact direct des modèles de mobilité sur la réussite d'une simulation.

6. Le Routage : Le routage dans les réseaux VANET est un problème très difficile à gérer et un axe de recherche pour beaucoup de chercheurs. Pour que les véhicules puissent communiquer entre eux, un protocole de routage doit être défini. En effet quand les terminaux ne sont pas à une portée de transmission radio directe, le routage est exigé pour établir la communication entre les véhicules.

7. La Configuration IP et Gestion de la mobilité : L'architecture potentielle de V2I est prometteuse en permettant l'accès à Internet aux véhicules ainsi que la fourniture de services liés à l'Internet pour les conducteurs et les passagers.

Cependant, deux défis techniques existent sous cette question : configuration de l'adresse IP et la gestion de la mobilité. Ces défis peuvent menacer la qualité de service et la continuité du service. En ce qui concerne les caractéristiques du réseau de véhicules, la configuration d'adresse IP doit être effectuée d'une manière automatique et distribuée.

1.3 Projets et Standardisation

1.3.1 Le DSRC

1.3.1.1 Définition

DSRC (Dedicated Short Range Communication) ou les Communication dédiées à courte portée, désigne les communications sans fil, à sens unique ou à double sens, et à courte ou moyenne portée, spécialement conçues pour les systèmes de transport intelligent c'est-à-dire pour les communications entre un véhicule et l'infrastructure ou entre deux [15].

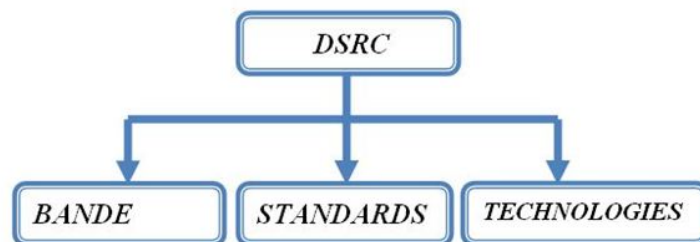


FIGURE 1.16: Les aspects du DSRC.

DSRC est un spectre de 75 MHz licencié utilise la bande de fréquence des 5.9 GHz en Europe et aux Etats-Unis et 5.8 GHz au Japon. Cette bande de fréquence est définie en Europe et aux Etats-Unis respectivement par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) et le FCC (Federal Communication Commission). Il regroupe une série de standards et protocoles dédiés aux communications véhiculaires. La technologie radio DSRC est basée sur IEEE802.11p, qui provenait d'IEEE802.11a et il a été modifié pour un fonctionnement à faible surcharge dans le spectre DSRC.

1.3.1.2 Les Caractéristiques

Le DSRC œuvre dans la bande de fréquence de 5.9 GHz dans L'Amérique du Nord. Cette bande de fréquence est divisée en 7 canaux de 10 MHz chacun. L'ensemble de ces canaux se répartit fonctionnellement en 1 canal de contrôle et 6 canaux de services. Le canal de contrôle est réservé à la transmission des messages de gestion du réseau et des messages très importants tels que les messages liés à la sécurité routière. Les 6 autres canaux sont dédiés à la transmission des données des services annoncés sur le canal de contrôle .L'étude comparative réalisée sur les technologies d'accès dans [16] prouve que le DSRC peut assurer le bon fonctionnement des applications de sécurité du trafic routier. Le DSRC propose un débit (atteignant 54 Mbit/s) suffisant pour le volume de données transporté. Aussi avec une latence faible (inférieur à 5 ms), la technologie de DSRC supporte une forte mobilité (aptitude

à la mobilité élevée à 300 km/h) sur une portée maximale théorique de 1000 m, ainsi que le trafic de données temps réel. Il s'adapte à tous les types de communication véhiculaires (IVC/V2V).[16]

1.3.1.3 L'allocation du spectre DSRC

Aux Etats-Unis, 75 Mhz de spectre entre 5.850 et 5.925 GHz, ont été attribués par la commission fédérale des communications (FCC) en 1999 pour l'utilisation de systèmes de transport intelligents (ITSs)[6]. Cette allocation spectrale a été l'un des points indispensables pour le développement des systèmes de communications dédiées à courte distance (DSRC) de 5.9 GHz, en Amérique du Nord.

En Europe, ce n'était pas possible d'utiliser la même bande de fréquence que dans les Etats-Unis en raison des différentes attributions de fréquences actuelle dans certains pays européens, Toutefois, la Commission européenne a alloué une partie de la bande des 5,9 GHz pour les applications de sécurité routière de priorité, l'intention est que la compatibilité avec les Etats-Unis sera assurée même si la répartition n'est pas exactement la même :

- 5.875-5.905 GHz (30 MHz) pour les applications ITS sécurisé,
- 5.855-5.875 GHz pour les applications non-sécurisé,
- 5.795-5.815 GHz la précédente bande allouée dédiée à la DSRC européenne.

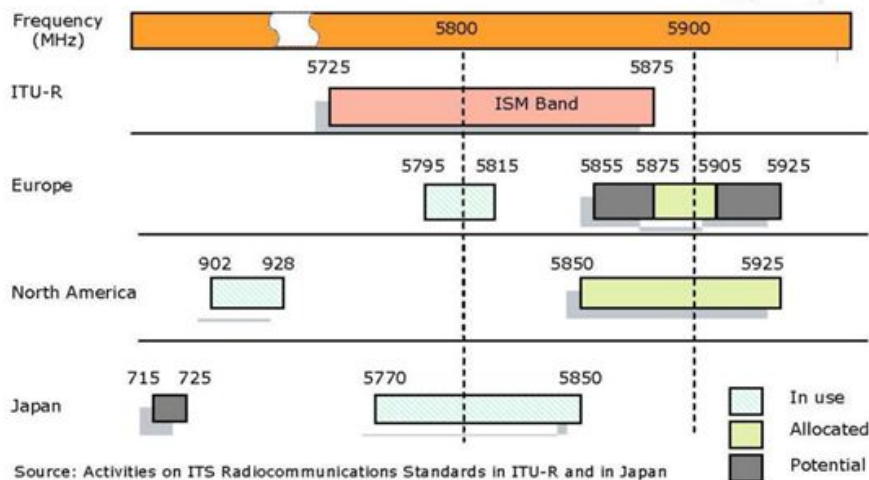


FIGURE 1.17: L'Allocation du spectre[6].

1.3.1.4 L'allocation du canal

Le spectre de DSRC pour l'Amérique du Nord est structuré dans sept canaux de 10MHz de largeur. La Manche 178 est le canal de contrôle (CCH), qui est limité aux communications de sécurité seulement[17]. Les deux canaux aux extrémités de la bande de spectre sont réservés pour les usages spéciaux [18].Le repos est les canaux de service(SCH) disponibles pour la sécurité et l'utilisation de non-sécurité.

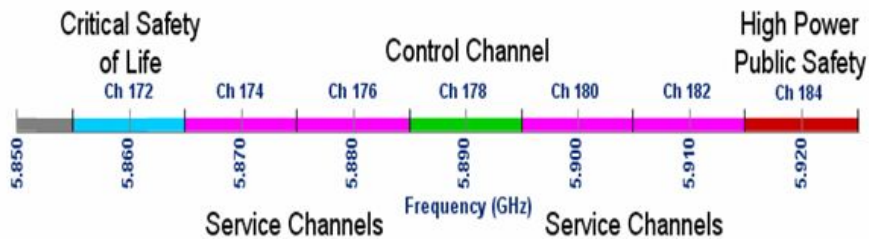


FIGURE 1.18: La Bande de fréquences et les canaux dans U.S.A [2].

La bande de DSRC est un spectre gratuit. Elle est gratuite parce que la FCC ne charge pas des honoraires pour l'utilisation de spectre. Pourtant elle ne devrait pas être confondue avec les bandes non autorisées dans 900MHz, 2, 4GHz et 5GHz qui sont également gratuits dans l'utilisation. Ces bandes non autorisées, qui sont de plus en plus peuplées avec Wifi, Bluetooth et d'autres dispositifs, n'imposent aucune restriction aux technologies autres que quelques règles d'émission et de coexistence.

1.3.1.5 La Comparaison entre l'ancienne et le nouveau DSRC

Le niveau de la bande 5,9 GHz a plusieurs avantages sur celle de 915 MHz. La principale est la portée, le débit, la protection et la plus de précision sur l'utilisation. Le tableau 1.1 montre les capacités des deux bandes.

Paramètre	915 MHz	5.9 GHz MHz
Spectre	12MHz	75MHz
Portée	<30 mètre	>1000 mètre
Débit de donnée	500 Kbps	6-27 Mbps
Protection	aucun	Primer
Utilisation	Conçu pour ETC, mais peut être utilisé pour d'autre application	Conçu pour l'accès Internet en général, peut être utilisé pour ETC.
Min. séparation	457.2 mètre	15 mètre
Canaux	1 Canal sans licence	7 canaux autorisés
Puissance(Downlink)	<10 watts	<2 watts
Puissance (Up Link)	<4 mW	<2 watts

TABLE 1.1: Comparaison DSRC.

1.3.2 Les travaux de standardisations

1.3.2.1 Historique

Les ITS désignent les applications des nouvelles technologies de l'information et de la communication au domaine des transports. Ces systèmes sont dit "Intelligents" puisqu'ils reposent sur des fonctions généralement associées à l'intelligence : capacités sensorielles, mémoire, communication, traitement de l'information et comportement adaptatif. Leurs champs d'activité vont de l'optimisation de l'utilisation des infrastructures de transport à la sécurité en passant par les services. Les ITS s'intègrent dans un contexte de développement durable et font l'objet d'une compétition économique serrée au niveau mondial.

L'architecture nationale a intégré les communications sans fil afin de permettre de nombreux autres services tels que le péage automatique qui utilisait initialement le spectre de fréquence entre 902 Mhz et 928 Mhz. Cette bande de fréquences étant malheureusement insuffisante pour les besoins de services ITS, la FCC (Federal Communications Commission) a alloué en 1999 une bande de fréquences de 75 Mhz dite DSRC dans la bande des 5,9 GHz à ces services. En 2002, l'ITSA a attiré l'attention de la FCC sur la nécessité d'octroyer des autorisations et de définir les règles régissant le

service et les technologies possibles pour accéder à la bande de fréquence DSRC. En particulier, il a été recommandé d'adopter un standard unique pour les couches de protocoles physiques et liaison de données comme celui spécifié par l'ASTM.

L'IEEE a commencé en 2004 à développer un amendement à la spécification du Wi-Fi afin d'inclure les environnements véhiculaires sur la base de la spécification ASTM E2213-02 : il s'agit notamment de tenir compte de la brièveté de la connexion entre le véhicule et la station Wi-Fi. Cet amendement est connu sous le nom d'IEEE 802.11p [19] appelé aussi G5. Le groupe de travail IEEE 1609 a spécifié les autres couches de la suite de protocoles, gestion des ressources, sécurité, réseaux, fonctionnement multicanal.

La combinaison d'IEEE 802.11p et de la suite des protocoles IEEE 1609 est nommée WAVE.

Aux États-Unis, la SAE(Society of Automotive Engineers) , fondée en 1905, est un acteur dans de nombreux domaines de la standardisation automobile qui coopère fortement avec l'IEEE 1609. Par exemple, le standard SAE J2735 est voué à être utilisé par l'IEEE 1609.3 WSMP(WAVE Short Message Protocol) .

En Europe, le CEN(Comité Européen de Normalisation) , le CENELEC(Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) , et l'ETSI contribuent à la normalisation dans le domaine des véhicules connectés. Le CEN normalise actuellement la technologie de communication radio DSRC à 5,9 GHz. Le comité technique ETSI ITS, organisé en cinq groupes de travail sur les véhicules coopératifs est chargé de la normalisation des protocoles de communication et de la sécurité de celle-ci.

Au niveau mondial, l'ISO a créé en 1993 le comité ISO/TC204 qui couvre les activités sur les ITS, à l'exclusion des systèmes d'information et de contrôle internes au véhicule de transport, couverts par le comité ISO/TC22. C'est le comité ISO/TC204 qui a proposé en premier la possibilité de recourir à plusieurs technologies de communication dans l'accès. La suite des protocoles normalisée par ce groupe de travail est nommée CALM (Communications, Air-interface, Long and Medium range). CALM vise à développer une plate-forme logicielle embarquée dans les véhicules qui assurera l'interface entre l'unité de bord (OBU) et plusieurs technologies de communication 3G, 4G/LTE, G5 (802.11p), et le transfert (handover en anglais) entre ces technologies permettant ainsi une mobilité sans coupure. Par exemple, c'est elle qui choisira automatiquement le réseau à emprunter, Wi-Fi, LTE ou G5 en fonction de la disponibilité des réseaux et de la nature du message à transmettre. CALM définit une double pile protocolaire, l'une dérivée de la suite IPv6 pour les communications structurées avec l'infrastructure et les centres décisionnels ; l'autre compactée, allégeant les fonctions réseau et transport, pour le respect du temps réel à l'échelon local, en V2V, et éventuellement en V2I.

ISO/TC204 WG 16 coopère étroitement avec l'ETSI TC ITS. Une task-force États-Unis, Europe et Asie est active pour veiller à l'harmonisation entre les différents standards et identifier les domaines non couverts ainsi que pour diffuser les retours d'expérience entre les différents groupes.

1.3.2.2 L'IEEE 802.11P

La spécification des couches PHY et MAC des systèmes DSRC de 5.9 GHz pour la norme ASTM, il a été décidé par les participants que ce travail devrait être ramené au groupe de la norme IEEE 802.11. Cette décision a été basé sur l'utilisation intensive de la norme IEEE 802.11a dans la norme ASTM, et sur le besoin prévu pour garder les couches PHY et MAC du 5.9 GHz compatible avec la suite de l'évolution de la norme IEEE 802.11.

En général, la normalisation d'IEEE 802.11p se concentre sur les améliorations apportées à la norme IEEE 802.11, et qui sont nécessaire pour communications sans fil à courte portée pour l'ITS. Au-delà de 2009, et après la présentation d'une pétition à la FCC pour utiliser cette norme dans le spectre 5.9 GHz du DSRC, son occupation est changée de l'ASTM E2213-03 à IEEE 802.11p. Comme mentionné ci-dessus, l'IEEE 802.11p PHY a adopté l'approche OFDM de la norme IEEE 802.11a, avec 52 sous porteuses, mais il utilise un canal de 10 MHz de largeur plutôt que 20 MHz dans la norme IEEE 802.11a. l'OFDM de la norme IEEE 802.11p utilise les mêmes modulations d'IEEE 802.11a : Benary Phase-Shift Keying (BPSK), Quadrature Phase-Shift Keying (QPSK), et Quadrature Amplitude Modulation (QAM)[20].

Pour IEEE 802.11p, les débits de données obligatoire sont 3, 6 et 12 Mbit/s, le 27 Mbit/s est encore possible avec une modulation 64-QAM. Ces modifications à la norme IEEE 802.11a permettent à l'IEEE 802.11p de fonctionner d'une manière plus fiable dans l'environnement véhiculaire ou des communications de durées très courtes sont nécessaires pour la sécurité des véhicules et d'autres applications, et ou les situations multi-sauts évoluent très rapidement avec le mouvement rapide des véhicules les uns rapport aux autres (et l'unité routière).

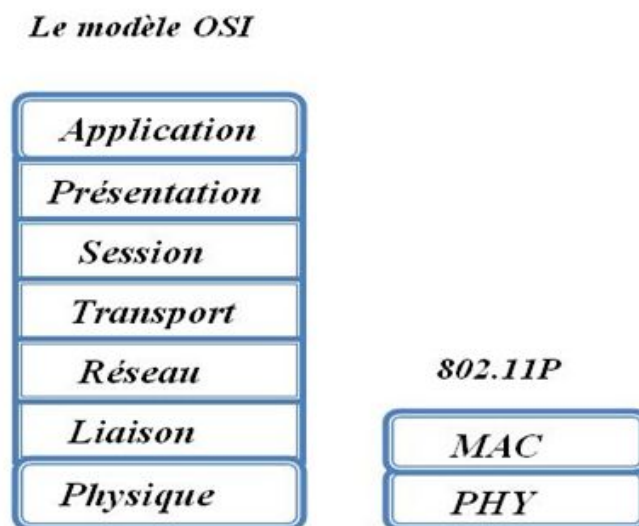


FIGURE 1.19: Le modèle OSI vs IEEE 802.11P.

1.3.2.3 L'IEEE 1609/WAVE

IEEE 1609 représente une famille de norme qui fonctionne dans les couches intermédiaires de la pile de protocoles. Ces normes ont été conçues pour assurer des applications de sécurité routière et de mobilité qui utilisent des communications V2V à courtes portées ainsi que des communications V2I comprennent la prévention de collision des véhicules, la gestion du trafic routier, l'amélioration de la navigation et le péage automatisé, etc.[21], sont des exemples de types d'applications reposant sur ces normes.

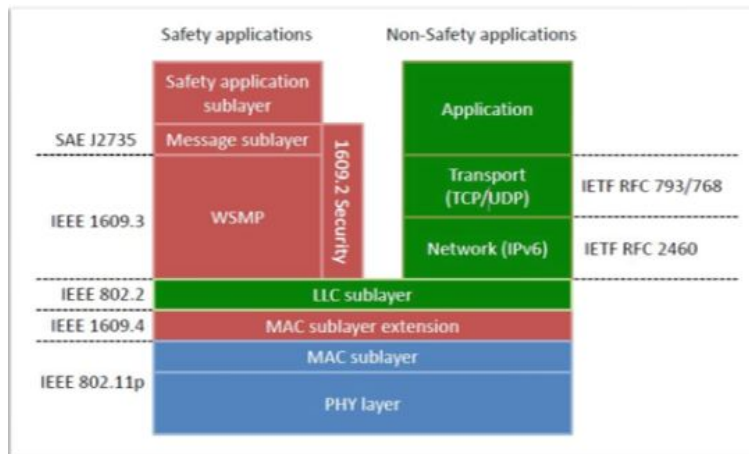


FIGURE 1.20: Le standard IEEE 1609/WAVE [7].

Normes complètes d'utilisation pour l'accès sans fil dans l'environnement des véhicules (WAVE) :

- **1609.0** : Architecture,
- **1609.1** : Les services de gestion à distance,
- **1609.2** : Les services de sécurité,
- **1609.3** : Les services de réseaux,
- **1609.4** : Le fonctionnement multicanal.

1.3.2.4 L'Institut Européen des Normes de Télécommunications (ETSI)

Au niveau Européen, l'ETSI (Européen Télécommunications Standards Institute) a récemment créé un comité technique TC ITS, afin de développer des standards et spécifications pour les ITS. Le comité a mis en place un plan de route pour les prochaines années, afin de produire un ensemble de standards allant de l'architecture de communication à la spécification de protocoles,



FIGURE 1.21: L'architecture ETSI –ITS [7].

Et il est organisé en 5 groupes de travail :

- **WG1** : Exigences de la demande de l'utilisateur,
- **WG2** : Architecture inter-couches,
- **WG3** : Transport et Réseau,
- **WG4** : Média,
- et le **WG5** : Sécurité.

1.4 L'Accée au Canal dans les VANET

1.4.1 Le Contrôle d'accès au support (MAC)

Dans n'importe quel environnement de réseau, l'un des aspects clés de la pile de protocole de communication est la couche MAC. La couche MAC détermine le nœud qui donne l'accès au support physique. Les mécanismes du MAC pourraient être classés comme : avec contention et sans contention. Les approches avec contention reposent sur la détection de porteuse et back-offs alors que les approches sans contention s'appuient sur la division de temps dans l'accès multiple et les systèmes de synchronisation. Les mécanismes MAC pourraient également être classés en fonction de l'entité dans laquelle le contrôle de l'accès au support réside.

L'importance et la forte nécessité d'une couche MAC hautement optimisée est démontrée par le fait que le temps de communication de deux véhicules qui sont dans la même portée de communication pourrait être aussi bas que 30 s pour les deux véhicules chacune se déplaçant à 120 kilomètres par heure dans des directions opposées, avec une portée de 1000 m. La méthode utilisée pour coordonner les accès au support pourrait aller d'un accès complètement aléatoire - où l'un des nœuds arbitrairement et de manière asynchrone tente d'accéder au support sans ou avec peu de coordination

(comme IEEE 802.11p destinés à VANET [22]) - pour une approche structurée - où seuls certains intervalles de temps sur certains canaux de fréquences sont attribuées à un certain nœud [23]. Approches structurées pourraient être une combinaison des techniques de multiplexage fondamentaux : Accès multiple dans le temps (TDMA), Accès multiple par répartition en fréquence (FDMA), Accès multiple par répartition de code (CDMA) et accès multiple par répartition dans l'espace (SDMA). Pour ces approches chaque nœud a une partie de la bande passante, le temps, la fréquence, l'espace, le code ou une combinaison de ceux-ci pour une utilisation exclusive pour assuré une transmission sans collision.

Ces méthodes MAC sont appelées sans contention, même si un niveau de dis-corde est généralement tenu d'acquérir d'abord un segment.

Il est possible d'avoir une combinaison de MAC avec contention et sans conten-tion [24][25]. Par exemple, un MAC pourrait avoir une partie de son temps alloué à certains nœuds (Sans contention) et le reste alloués à l'opération sur la base de conten-tion. Un avantage de l'accès aléatoire et les méthodes basées sur la contention est que peu de coordination est nécessaire. Ces méthodes MAC sont donc plus robuste aux changements de configuration du réseau et ont les entête inférieurs et consomment moins d'énergie.

Cependant, la performance d'accès aléatoire et les méthodes basées sur conten-tion se détériorer de manière significative avec l'augmentation de la charge du trafic, en raison d'une augmentation correspondante de collisions. Toute méthode MAC basée sur la contention pourrait également souffrir de délais d'accès illimités. Les méthodes MAC sans contention ont les avantages qu'une QoS peut être garantie et les performances sont meilleures dans l'augmentation des charges de trafic. Ils, cepen-dant, ont besoin de plus de coordination pour effectuer l'allocation, surtout lorsque la configuration réseau change rapidement et les parties doivent être alloué et ré-alloué fréquemment. Selon Liu et al. [26], il a été démontré et est largement accepté que les systèmes MAC sans contention présentent une meilleure utilisation de canal et sont plus fiables que les systèmes (CSMA).

La deuxième catégorie de technique MAC est basée sur l'emplacement de la fonction de contrôle de coordination. Une approche, appelée commande distribué ou décentralisée, est d'avoir les nœuds qui sont auto-organisé, alors qu'avec une autre approche populaires les nœuds sont coordonnés par une entité centrale. Pour les distribués MAC, de nombreux nœuds pourraient se organiser de manière autonome dans un mode ad hoc pour installer et maintenir une coordination d'accès au médium. Le contrôle distribué pourrait être fait soit en groupes, par les dirigeants du groupe qui décide de l'attribution, ou avec des nœuds prétendant Les portions disponibles, puis déclarer ou fait la publicité de leurs allocations. Les chefs de groupe dans l'ancien pourraient être auto-désignés, ou pourraient être élus sur la base d'un ensemble de critères (tels que la force du signal).

1.4.2 Les mesures de performance pour VANET

- **Le Délai maximal d'accès au support** : Mesures combien de temps un nœud doit attendre pour obtenir l'accès au support [25][26].
- **Le Délai de livraison de charge** : Mesure le temps qu'il faut pour envoyer soit un paquet ou de plusieurs paquets d'un point du réseau à une autre. Cette mesure pourrait également inclure une mesure du temps pour un aller-retour [23][25].
- **Le Débit** : Mesure les données transmises à partir d'un point dans le réseau à l'autre dans un temps donné. Lorsque le débit est mesuré, seul le débit de données effectif est mesuré. [23][25][27].
- **L'Overhead** : Mesure le ratio des données transmises à gérer ou à entretenir le réseau, par opposition au débit [24].
- **L'équité d'accès** : Un indice est utilisé pour mesurer l'équité d'accès. Le concept dépend de la définition de l'équité. L'équité basée sur la prémisse que tous les nœuds, malgré leur vitesse, devraient pouvoir envoyer le même nombre de messages à une RSU en un temps donné. Les nœuds plus rapides mobiles doivent donc obtenir plus de chance de transmettre. La mesure de l'équité se traduit la probabilité que chaque nœud transmette par rapport à sa vitesse [28].
- **La Probabilité (ou ratio) de la livraison réussie** : Mesure la probabilité de messages (en particulier les messages de sécurité) étant livré avec succès [24][28][29][30].
- **Le Temps de stabilisation de réseau** : Temps nécessaire pour que tous les nœuds allouent un créneau de transmission et d'atteignent un état stable pour le réseau [23][30].

1.4.3 Les défis de conception de MAC pour VANET

- Le problème du terminal caché où deux nœuds sont en dehors de leur portée de l'autre, mais ils communiquent avec un même nœud, ce qui va causer des collisions à son niveau. Ce problème est susceptible dans les environnements V2V pures où il n'y a pas de coordination centralisé de communication.
- La nature dynamique de VANETs. Vu les conditions changeantes et les positions de véhicules, les fréquences et les retards de propagation d'un canal pourraient varier de façon significative.
- VANETs doivent être évolutive, afin d'assurer la performance du réseau à la fois dans la densité de véhicule basse et haute.
- Les différentes applications prévues pour VANETs, se traduisent par des exigences multiples sur le système.

1.5 Conclusion

Le réseau de véhicules est une des applications des réseaux Ad hoc, il permet d'établir des communications entre véhicules ou bien avec une infrastructure située au bord d'une route, afin d'assurer la sécurité et le confort des passagers. Suivant ces objectifs, nous distinguons trois grandes catégories de services (ou applications) dans ce type de réseaux, la première est liée à la sécurité routière, la seconde est liée au confort et permet de fournir des services comme l'accès à Internet aux passagers dans leurs véhicules, tandis que la troisième est liée à l'optimisation du trafic et aide à la conduite.

Par rapport à un réseau Ad hoc classique, les défis dans les réseaux VANET sont liés à la forte mobilité des nœuds rendant la topologie du réseau fortement dynamique avec un risque de déconnexions rapides et fréquentes, à la densité qui peut varier de très petite taille dans les zones rurales par exemple à plus grande dans un environnement urbain, et à l'hétérogénéité de dissémination des données, entre des applications nécessitant une haute fiabilité (la sécurité routière) et d'autres une communication efficace, ordonnée et équitable entre tous les véhicules sur la route (l'allocation des ressources du réseau).

En Résumé, dans ce chapitre, Nous avons abordé trois sections ce qui concerne les réseaux de véhicule. Dans la première section on a essayé de donner un aperçu sur les réseaux VANET et leurs applications, les caractéristiques, les modes de communications, et la majorité des notions de base liées à ce type de réseaux. Dans la deuxième section nous avons expliqué le choix technologique fait par la communauté scientifique : DSRC. Ainsi que les travaux de standardisations faites aux différentes régions. Dans la troisième section nous avons présenté l'accès au canal dans les Vanets.

Le but principal de ce chapitre est de mieux comprendre le concept des réseaux véhiculaires.

Contribution

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, on va présenter 2 volets : Le premier présente une Comparaison qui contient une étude comparative des techniques d'accès au canal améliorant le CSMA du 802.11 p, Tandis que le deuxième contient une Proposition dont l'intitulé est : l'adaptation du CW selon l'ordre dans la zone de collision pour le 802.11p. Dans ce dernier volet on va présenter d'une manière détaillé notre approche.

2.2 Comparaison : Étude comparative des techniques d'accès au canal améliorant le CSMA du 802.11p

2.2.1 Les mécanismes d'accès au canal avec contention

Afin d'assurer un accès au canal entre les véhicules en concurrence tout en minimisant le risque de collision, des mécanismes d'accès ont été utilisées dans les protocoles proposés dans la littérature. Nous pouvons les classer comme suit :

2.2.1.1 La valeur fixe

Dans ce critère les stations utilisent une valeur fixe du back-off après chaque transmission réussie, si non il génère une valeur aléatoire du back-off comme utilisé dans le standard 802.11p.

2.2.1.2 La probabilité de transmission

Dans ce critère la transmission basé sur une certaine probabilité, Chaque nœud choisit s'il faut transmettre dans le prochain intervalle de temps avec certaine probabilité (p), et reste inactif avec une probabilité ($1 - p$).

2.2.1.3 L'estimation de la densité locale des véhicules

Pour générer une valeur optimale du back-off, ce mécanisme consiste de choisir une valeur du CW (Contention Windows) adaptative au nombre de véhicule en concurrence. Le véhicule doit déterminer l'état local du réseau, et cela peut être fait par l'estimation du nombre de véhicule de voisinage. Les techniques utilisées pour l'estimation sont comme suit :

a. Les Balisages (Beacons) : Les Balisages représentent une méthode native pour estimer le nombre de voisins locaux. Un nœud tente de calculer le nombre de véhicules environnants en comptant les différentes sources à partir de laquelle au moins une balise a été reçue dans les dernières secondes de mise à jour.

$$CW = \lambda N$$

Où λ est un paramètre dépendant de la taille de la balise,

Et N est le nombre de voisins.

b. La charge sur le canal : Dans ce critère des informations de canal sont utilisé où les nœuds mesurent la proportion occupée de canal et selon le degré de changement de la proportion occupée une modification de taille de fenêtre de back-off est choisie.

c. Le Nombre de collision : Avec ce mécanisme le choix du CW est fait selon une estimation du nombre de stations en collision, sur la base de mesures des activités du canal, réalisée par chaque station.

2.2.2 Les protocoles proposés améliorant le CSMA

2.2.2.1 P-persistent

Chaque station émettrice émet avec une certaine probabilité après collision plutôt que de choisir une fenêtre de back-off de manière uniforme à partir de $[0, CW + 1]$.

Il est montré dans [31] que, pour atteindre la limite de débit théorique de la norme IEEE 802.11, la probabilité de transmission doit être adaptée aux conditions du canal de telle sorte que le temps entre deux transmissions consécutives est minimisé[31].

2.2.2.2 CW Adaptation

L'adaptation de la taille du CW a significativement réduit la probabilité de collision en considérant le nombre estimé de véhicules dans les voisinage[32].

2.2.2.3 Centralized Enhancement Algorithm (CEA)

Dans CEA une information estimée sur le nombre de véhicules de transmission simultanés est utilisée pour calculer la taille de fenêtre optimale.

Au lieu d'utiliser une fenêtre basée sur le mécanisme de back-off, le p-persistent CSMA est utilisé en divisant le temps en intervalles de longueur égale et chaque nœud choisit s'il faut transmettre dans le prochain intervalle de temps avec certaine probabilité (p), et reste inactif avec une probabilité $(1 - p)$ dans chaque intervalle de temps ultérieure, lorsque le support est détecté occupé [33].

2.2.2.4 Distributed Enhancement Algorithm (DEA)

Le DEA est un algorithme d'amélioration distribué où un nœud n'utilise que des informations local du canal pour modifier la taille de fenêtre de temporisation (back-off). Plus précisément, un véhicule mesurera la proportion occupée de canal et comparer avec ceux obtenus précédemment. Sur la base du degré de changement de la proportion occupée, un véhicule examinera si le nombre de stations d'émission est augmenté ou diminuée et modifier sa taille de fenêtre de back-off en conséquence [33].

2.2.2.5 NAV-based Backoff Algorithm (NABA)

Un nouveau algorithme NAV basée sur back-off, appelé NABA, pour le IEEE 802.11 DCF afin d'améliorer le débit du réseau et l'équité d'accès au canal entre les nœuds. NABA ajuste dynamiquement la fenêtre de contention selon le ratio de variation γ des activités des nœuds voisins, qui est estimé par des mesures de NAV (Network Allocation Vector, indique la quantité de temps pendant laquelle un support est réservé par d'autres nœuds). [34]

- Si γ est supérieur à 1, il augmente la CW comme
 $CW = \min (CW * \gamma, CW \text{ max})$.
- Si γ est inférieur à 1, il diminue la CW comme
 $CW = \max (CW * \gamma, CW \text{ min})$.

2.2.2.6 Learning- Binary Exponential Backoff (Learning-BEB)

C'est une modification facile du protocole BEB pour permettre aux stations d'apprendre via les précédentes tentatives de transmission pour diminuer le nombre de collisions. Considérons un exemple de deux stations concurrentes pour accéder au canal. Dans ce cas, les stations utilisent une valeur back-off constante, appelée le cadre virtuel V ($V = 16$) après une transmission réussie.

Au début, les deux stations transmettent au hasard sans aucune connaissance sur les intentions de l'autre station de transmettre.

Cependant, dès que les deux stations transmettent consécutivement avec succès, chacune des stations transmettent périodiquement tous les $V = 16$ slots.

Puisque la sélection des slots de transmission est déterministe, les chances de collisions disparaissent et les stations transmettront d'une manière ordonnée dans un mode similaire de TDMA [35].

2.2.2.7 Collided Packets Estimation (CPE)

Cette technique décrite dans [36], elle consiste à estimer le taux d'erreur de paquet (PER) basé sur un numéro de séquence ajouté à chaque CAM (Cooperative Awareness Messages). La fenêtre de contention est initialement fixé à une valeur par défaut ($CW(0) = CW_{def}$) et, tous les T_{update} secondes, il est mis à jour en utilisant l'algorithme suivant[37] :

$$CW = \begin{cases} \text{Min}(2 * CW(t - 1); CW_{max}) & \text{Si } PER < PER_{min} \\ \text{Max}(CW(t - 1)/2; CW_{min}) & \text{Si } PER > PER_{max} \end{cases}$$

2.2.3 Tableau comparatif

Tableau 2.1 illustre une comparaison entre les différentes techniques améliorant le CSMA selon un ensemble de critères détaillé ci-dessus

	Valeur fixe	Estimation de la densité locale des véhicules,			Probabilité de transmission
		Nombre de Beacons	Nombre de collision	Charge sur le canal	
P-persistent [31]				X	X
CW adaptation [36]		X			
CEA [32]					X
DEA [32]				X	
NABA [33]				X	
Learning-BEB [35]	X			X	
CPE [34]			X		

2.2.4 Synthèse

Concernant le Beacons Le mécanisme est relativement simple à mettre en œuvre car les adresses des voisins seront stockées en tout cas pour le but de routage. Néanmoins, en changeant à plusieurs reprises les identifiants d'un nœud pour les buts de confidentialité, ce changement pourrait avoir un impact non négligeable sur la performance de cette solution.

La valeur fixe du back-off utilisé dans L-BEB montre sa pleine capacité après une courte période d'apprentissage. Idéalement, après que chaque station a trouvé sa place dans le cadre virtuel V, le système fonctionne sans collisions, et le système poursuit ses opérations comme le TDMA. Mais, dans un scénario avec un nombre élevé de nouveaux véhicules entrants, le cadre virtuel sera saturé et les collisions se produisent ce qui amène le système à fonctionner comme le CSMA.

Les techniques basées sur le nombre de collision et la charge du canal sont simples l'idée de ces deux solutions consiste que s'il y a trop de messages entrant en collision, la fenêtre de la contention devrait être augmentée, tandis que CW doit

être décrétement lorsque le canal est inactif pendant un certain temps. Afin d'estimer le nombre de collisions dans un environnement de diffusion où les collisions sont difficiles à détecter, une approche simple est prise qui consiste à compter le nombre de balises perdues. Cependant, pas toutes les balises manquantes sont perdues à cause d'une collision, un problème de propagation radio sur le canal ou la mobilité des nœuds peut produire un effet similaire.

Une hypothèse critique des algorithmes basés sur la probabilité de transmission comme CEA et P-persistent, c'est que le nombre de véhicules de transmission est toujours connu. Pour calculer la probabilité de transmission optimale. Étant donné que ce n'est pas toujours vrai dans les scénarios pratiques.

2.3 Proposition : L'adaptation du CW selon l'ordre dans la zone de collision pour le 802.11p

2.3.1 Introduction

2.3.1.1 Problématique

Le protocole MAC de 802.11 est un protocole d'arrêt et d'attente, et l'expéditeur va attendre un ACK. Si aucun ACK est reçu par l'expéditeur pour quelque raison (ce que le paquet transmis n'a jamais atteint le destinataire, le paquet était incorrect à la réception ou l'ACK n'a jamais atteint l'expéditeur), une procédure de back-off doit également être invoquée avant une retransmission est permis. Pour chaque tentative d'envoi d'un paquet spécifique, la taille de la fenêtre de contention, CW, sera doublé à partir de sa valeur initiale (CW_{min}) jusqu'à ce qu'il atteigne une valeur maximale (CW_{max}). Ceci est fait puisque durant les périodes d'utilisation élevées, il est commode de distribuer les nœuds qui veulent envoyer sur une période de temps plus longue. Après une transmission réussie ou lorsque le paquet devait être jeté parce que le nombre maximum de tentatives de retransmission a été atteint, le CW sera fixé à sa valeur initiale à nouveau, i.e., CW = CW_{min}. Dans le tableau 2.2, les réglages des paramètres par défaut pour les différentes files d'attente dans 802.11 p sont trouvés avec le paramètre CW.

Dans une situation de diffusion, les nœuds de réception ne seront pas envoyer des ACKs. Par conséquent, un expéditeur ne sait jamais si quelqu'un a reçu correctement ou non le paquet transmis. Pour cette raison, l'expéditeur effectuera au plus un back-off, qui se produit lorsque la tentative d'accès au canal initial détecte un canal occupé. Ainsi, les paquets de diffusion ne seront jamais subissent de multiples back-offs, et la fenêtre de contention seront toujours CW_{min}.

Tableau 2.2. Réglage des paramètres par défaut dans 802,11 p pour le mécanisme EDCA.

	File#1	File#2	File#3	File#4
Priorité	Le plus Prioritaire →		Le moins Prioritaire	
AIFS	58µs	58 µs	71µs	123µs
CW_{min}	3	7	15	15
CW_{max}	511	1023	1023	1023

2.3.1.2 Notre approche

L'idée principale de notre approche est de rendre la valeur du CWmin adaptative a la densité locale, au lieu d'utiliser une valeur fixe quelque soit la densité des véhicules. Le protocole proposé est nommé « CZDE-CW, The collision zone density estimation for CW adaptation in VANET ».

2.3.2 Le Protocole CZDE-CW

2.3.2.1 Le modèle de système

Le système considéré est un ensemble de véhicules, notée V , dans la route peloton déplaçant dans la même direction dans laquelle ils ont la même portée de communication R .

$$\forall v, v' \in V : \text{Rang}(v) = \text{Rang}(v') = R$$

Ils peuvent être regroupés en groupes physiques, dénotées par pg , dans lequel chacun d'eux peut entendre l'autre dans une communication à un saut, comme défini comme suit dans Figure 2.1 :

$$PG = \{pg \in p(V) \mid \forall v, v' \in pg : v \in \text{Rang}(v') \text{ and } v' \in \text{Rang}(v)\}$$

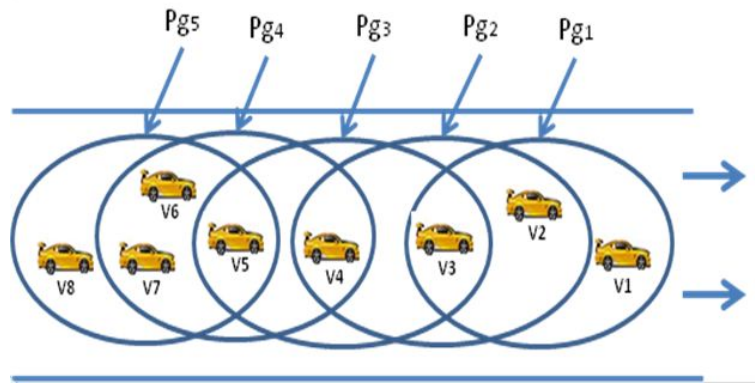


FIGURE 2.1: Les véhicules dans une route divisée en cluster physique.

Pour accéder au canal le véhicule utilise le mécanisme CSMA du standard 802.11p.

2.3.2.2 La zone de collision

L'intersection de deux groupes physiques successives pg_i et pg_{i+1} , donne ce que nous appelons Zone de collision où deux types de collision est produit : la collision direct et la collision caché comme montre la **Figure.2.2** La zone de collision pour chaque véhicule est la zone couverte après deux sauts de sa position.

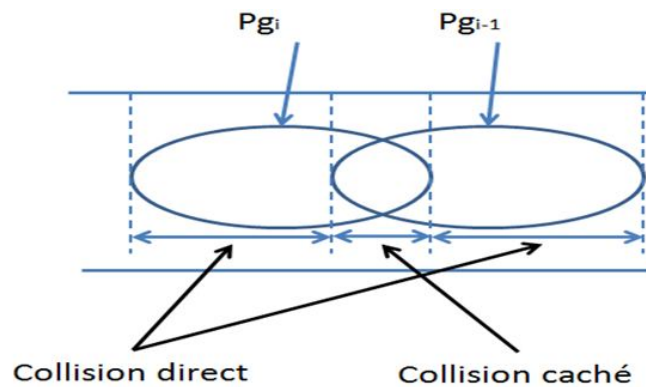


FIGURE 2.2: La zone de collision.

2.3.2.3 L'idée principale

Le CZDE-CW est protocole de broadcast multi-saut où son idée principale est d'adapter la taille de CW selon l'ordre du véhicule dans la zone de collision qui l'appartient, c'est-à-dire que chacun prend une valeur de CW unique dont l'objectif est de minimiser le risque de collision, pour cela tous les véhicules maintiennent la liste de leur voisins (LN, Lists of Neighbors), comme présenté dans la Figure.2.3 En analysant cette liste, chaque véhicule peut connaître son ordre dans sa zone de collision.

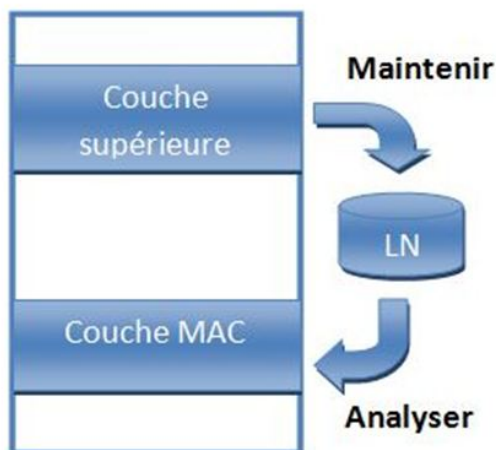


FIGURE 2.3: La conception "cross layer" entre la couche MAC et la couche supérieure.

Dans ce mémoire nous n'avons pas implémenté le mécanisme d'extraction de l'ordre de véhicule dans sa zone de collision, nous avons utilisé l'identifications du véhicule comme valeur de sa CW pour que chacun prend une valeur de CW unique.

Nous voulons tous d'abord s'assurer que cette technique d'adaptation est efficace avant d'investir dans l'analyse de la liste des voisins, comme montre le diagramme de la Figure.2.4.

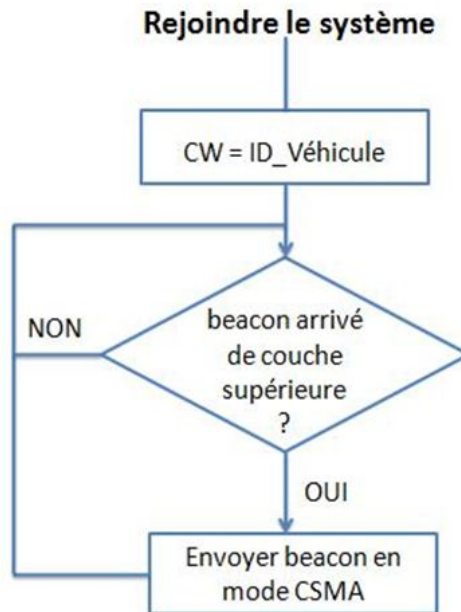


FIGURE 2.4: L'organigramme de ZCDE-CW.

2.3.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté deux parties : L'une contient une présentation des mécanismes d'accès au canal utilisé dans les protocoles améliorant le CSMA cité précédemment. Puis dans un tableau comparatif on a comparé entre ces protocoles en fonction des mécanismes utilisés. Enfin on a terminé avec une synthèse qui contient une hypothèse critique des protocoles améliorants, La deuxième contient une proposition qui présente l'idée, le principe, et le fonctionnement de notre approche.

Simulation et Analyse

3.1 Introduction

L'ingénierie des réseaux informatiques a beaucoup utilisé les outils de simulation pour tester le comportement des protocoles proposés avant leurs implémentations, parce que les expérimentations réelles sont très coûteuses et leurs résultats prennent beaucoup de temps. Donc, la simulation est une étape importante avant la réalisation, mais pour qu'elle soit utile, elle doit être réaliste le plus possible. Pour évaluer les performances de notre approche, nous avons utilisé l'outil NS-2 (Network Simulator-2) comme simulateur réseau sous une plate forme Fedora. Pour pouvoir générer un modèle de mobilité adéquat au VANET, nous avons utilisé le générateur de mobilité IMPORATANT (Impact of Mobility Patterns On Routing in Ad-hoc Networks).

Ce chapitre commence par la présentation des techniques comparé dans cette thèse, Ainsi les deux outils utilisés dans la simulation, et se termine par une section qui détaille l'évaluation des performances

3.2 Les expérimentations de simulation

Dans cette partie, nous allons étudier l'influence de la valeur du CW sur la performance de la technique d'accès au canal CSMA, selon des métriques de performances qui sont (1) le nombre de collisions et le débit de réception (Throughput). Dans cette étude, nous allons examiner l'impact de : (1) La disposition, (2) la densité et (3) la mobilité des véhicules sur les métriques choisi, et pour cela nous avons utilisé des scénarios adéquat.

3.2.1 Les techniques à comparer

Dans cette thèse On a fait une comparaison entre trois techniques, La première c'est mettre la valeur de la fenêtre de contention CW égale une valeur fixe V (Figure 3.1), (la valeur choisi c'est $V=3$), La deuxième c'est mettre la valeur de la fenêtre de

contention CW égale au nombre de véhicules, cette dernière change selon le nombre des véhicules dans le voisinage (Figure 3.2), Alors que la troisième technique se base sur les identifications des véhicules, Où le principe de cette méthode c'est de mettre la valeur de la fenêtre de contention CW pour chaque véhicule égale a son identifiants comme montre l'organigramme présenté dans la Figure 3.3.

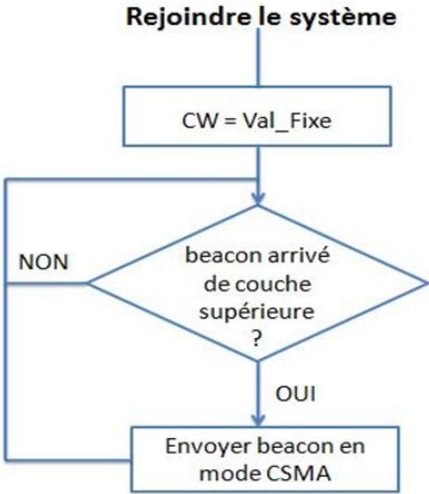


FIGURE 3.1: Le CW égale a une valeur fixe.

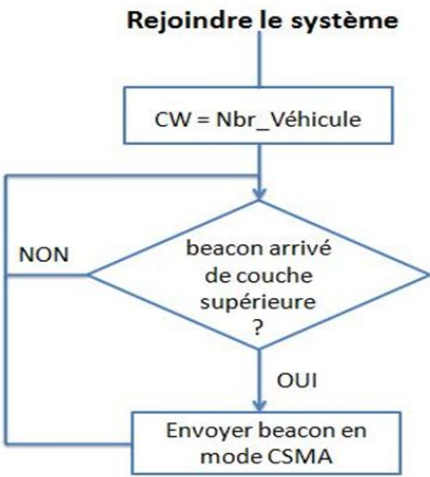


FIGURE 3.2: Le CW égale a le nombre de véhicules

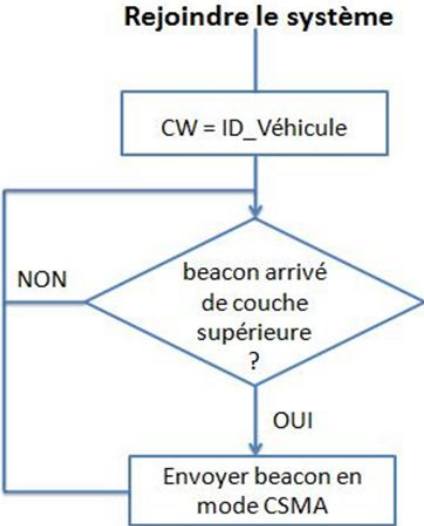


FIGURE 3.3: Le CW égale a l'identifiant de véhicule.

3.2.2 Les métriques de performance

Une métrique est un moyen permettant de mesurer la performance d'un objet spécifique. Dans notre simulation, les métriques doivent déterminer l'efficacité de la technique d'adaptation proposé. Dans cet objectif, nous allons utiliser deux métriques : le débit de réception et le nombre de collision.

- **Débit de réception (Throughput)** : Le débit est le taux de livraison de paquets réussie grâce à une connexion réseau par unité de temps.

$$\text{Throughput } T_i(t) = \sum \frac{S_i}{t_i}$$

Où,

t_i Indique l'unité de temps,

$T_i(t)$ Montre le débit,

$S_i(t)$ Indique le total de paquet réussie reçu dans le délai défini.

- **Le nombre de collisions** : La fiabilité de la connexion réseau est évaluée par le nombre de collisions. Cette métrique présente le nombre de paquets perdus à cause d'une collision dans le réseau.

3.2.3 Les scénarios de simulation

Dans notre étude, nous avons étudié l'impacte des paramètres de réseaux comme la densité, la disposition et la mobilité des véhicules sur la performance de notre approche, en terme de collision et de débit de réception (throughput). Ces trois paramètres sont présentés comme suit :

- **La Densité** : Qui représente le nombre de véhicules dans la route, Dans notre simulation nous avons utilisé trois nombres de véhicules [20, 50, 100].
- **La Disposition** : Deux types de disposition des véhicules est utilisé :
 - **Exposé** : Où les véhicules sont dans la portée de transmission les uns avec les autres pour cela la longueur de la route égale la portée de transmission [=300 mètres].
 - **Dispersé** : Dans cette disposition, il se peut que certains véhicules soient cachés aux autres.
- **La mobilité** : Il décrit la différence entre la vitesse maximum et minimum des véhicules, Pour cela nous avons utilisée trois types de mobilité [0, 0] Km/h, [70,80] Km/h, [70,120] Km/h.

Dans les réseaux mobiles, La collision est un critère très important dans une étude de performance. Il y'a trois types de collision qui sont :

1. **La Collision Directe** : Où les nœuds sont dans la même portée les uns des autres.
2. **La Collision Caché** : Cette collision causé par les nœuds cachés aux autres.

3. **La Collision Émergente** : ce type de collision se produit à cause de la mobilité des véhicules, Où ils rentrent dans la porté des autres au moment de la transmission.

Pour cela nous avons généré trois scénarios adéquats, tout en modifiant les paramètres du réseau cité dessus, qui sont présenté dans le tableau suivant :

TABLE 3.1: Les scénarios de simulation.

	Densité			Disposition		Mobilité		
	20	50	100	Exposé [300 m]	Dispérsé [1000 m]	[0,0] Km/h	[70,80] Km/h	[70,120] Km/h
Scénario (1)	X	X	X	X		X		
Scénario (2)	X	X	X		X	X		
Scénario (3)	X	X			X	X	X	X

3.2.4 L'environnement de simulation

La simulation dans VANET constitué de deux composants : la simulation du trafic et la simulation de réseau. La simulation de trafic se concentre sur la mobilité des véhicules et il génère un fichier de trace qui fournit le mouvement des véhicules réalistes. Ce fichier de trace est alimenté pour le simulateur réseau qui définit la position réaliste de chaque véhicule au cours de la simulation.

Le réseau, puis le simulateur implémente les protocoles VANET et produit un fichier trace de tous les événements du réseau.



FIGURE 3.4: L'Architecture de Simulation dans les VANET.

3.2.4.1 Le simulateur réseau « NS2 »

Les chercheurs utilisent les simulations de réseau afin d'étudier le comportement de réseau sous diverses conditions. Dans le tableau suivant, la comparaison entre les différents simulateurs de réseaux est présentée[38].

TABLE 3.2: Tableau comparative entre les simulateurs réseau.

	NS-2	Swans	GloMoSim	OPNET
Probabilité	Oui	Oui	Oui	Oui
Open Source	Oui	Oui	Oui	Non
Développement contenu	Oui	Oui	Non	Oui
Facilité d'utilisation	difficile	difficile	difficile	facile
Supporte l'IEEE 802.11p	Oui.Version 2.34	Non	Non	Non

Selon le tableau seulement NS-2 prend en charge IEEE 802,11 p ; par conséquent, nous avons utilisé ce simulateur comme simulateur de réseau pour collecter des données primaires.

Ns-2 est un simulateur open source qui a été développé par l'Université de la Californie à Berkeley (Ns-2). Ce simulateur supporte à la fois les réseaux sans fil et filaires, et il couvre un grand nombre de protocoles et applications. Ns-2 est l'outil le plus populaire pour les chercheurs universitaires[39].

Ns-2 est un simulateur basé Unix, cela signifie qu'il peut être installé sur le système d'exploitation Unix (Solaris, Linux, SunOS). Toutefois, il peut fonctionner sur le système d'exploitation Windows en utilisant Cygwin. Cygwin est un Unix comme l'environnement qui aide à lancer le logiciel de base Unix sur le système d'exploitation Windows.

Un groupe de chercheurs à l'institut de l'université de télématique de Karlsruhe (TH) et recherche de DaimlerChrysler, ingénierie et Design North America Inc a conçu un nouveau modèle d'IEEE 802.11 de modules MAC et PHY pour NS-2 supportant IEEE802.11 P.[40] Ce nouveau modèle est implémenté dans la version NS-2.34 et cette version de NS-2 est utilisée dans cette thèse.

3.2.4.2 Le générateur de mobilité « IMPORTANT »

Le modèle de mobilité est un facteur très important dans la détermination de la performance du protocole de communication dans les réseaux mobiles, Dans les VANET, les nœuds mobiles (les véhicules) ne se déplacent pas d'une façon aléatoire, mais, en suivant des routes unidimensionnelles. Pour cela, un modèle alternatif pour les VANET est nécessaire afin que les simulations dans ce type de réseau soient réalistes. Une équipe de recherche de l'université USC (Université de Southern California) a proposé un générateur de mobilité pour les VANET appelé IMPORTANT. Ce

générateur est capable de générer beaucoup de modèles pour les VANET comme les modèles Freeway (les routes droites Figure 3.5 (a)) et Manhattan (les routes croisées Figure 3.6 (b)).

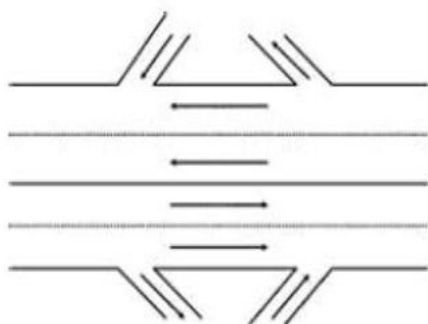


FIGURE 3.5: (a) Les routes droites.

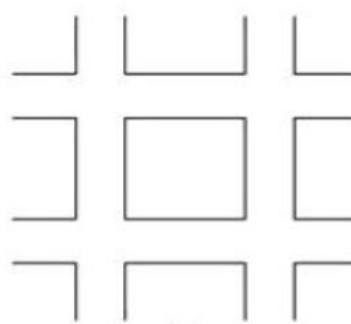


FIGURE 3.6: (b) Les routes croisées

3.2.5 Les paramètres de simulation

Pour atteindre les buts de cette évaluation, nous avons fait la simulation dans le fameux simulateur réseau NS-2.v2.34, et nous avons utilisé le générateur de mobilité IMPORTANT pour produire un modèle de mobilité réaliste. Les paramètres globaux de simulation sont comme suit (Tableau 3.3.) :

TABLE 3.3: Les paramètres généraux de simulation.

Paramètre	Valeur
Largeur du canal	10MHz
Slot du temps physique	13 ns
SIFS	32 ns
Débit	6 Mbps
Taille du Message Hello	300 O
Fréquence d'envoi	2 Hz

3.3 Les résultats de simulation

Dans cette partie, nous présentons les résultats obtenus dans chaque simulation que nous avons menée, et nous examinons l'effet de la variation des conditions du réseau sur les critères de performance des protocoles.

3.3.1 Analyse

3.3.1.1 Scénario 1

Le but des expérimentations avec le scénario.1 est d'étudier l'impact de la densité, où les véhicules sont exposés entre eux, sur la performance des techniques d'accès au canal en termes de nombre de collisions et de throughput.

1. La Collision

La figure 3.7, 3.8 et 3.9 présentent l'influence de la densité sur le nombre des collisions Directe, nous remarquons qu'avec l'augmentation de la densité quelque soit la technique de CW, le protocole souffre des collisions.

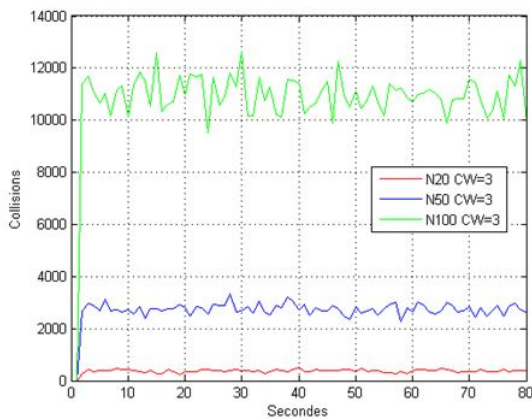


FIGURE 3.7: Comparaison des collisions générés avec le CW=3 et pour une densité N=20, 50, 100 et une vitesse V= [0,0]

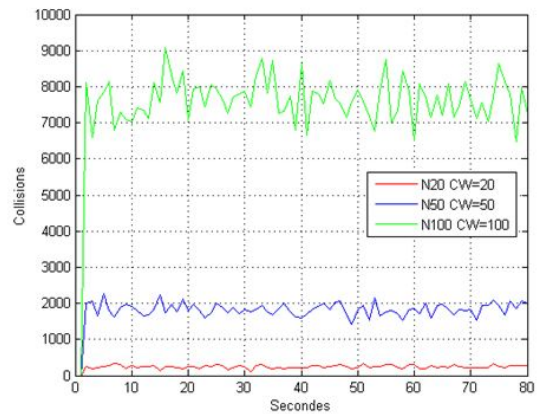


FIGURE 3.8: Comparaison de collisions générées avec le CW=N et pour une densité N=20, 50, 100 et une vitesse V= [0,0]

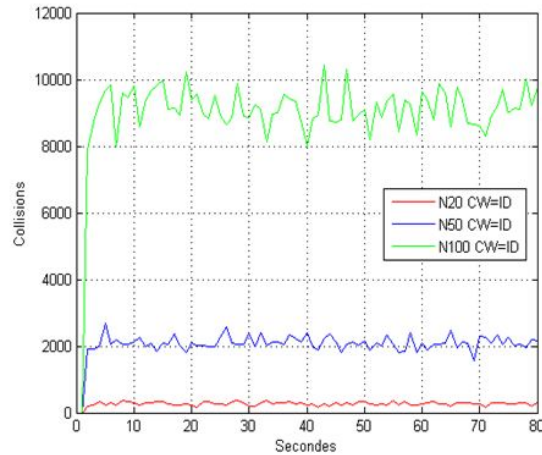


FIGURE 3.9: Comparaison de collisions générées avec le CW=ID et pour une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V = [0,0]$

Tandis que, la figure 3.10 présente une comparaison entre les trois techniques de CW en terme de nombre de collision généré et pour une densité maximale (relativement) égale à 100 véhicules qui présente le pire des cas, nous remarquons la supériorité de l'approche utilisant le CW=Densité (égale à la densité des véhicules), qui génère le moins de collision, suivi par celle qui utilise CW=ID (égale à l'identité du véhicule) et finalement l'approche du standard 802.11p ou le CW = 3, génère le plus de collision.

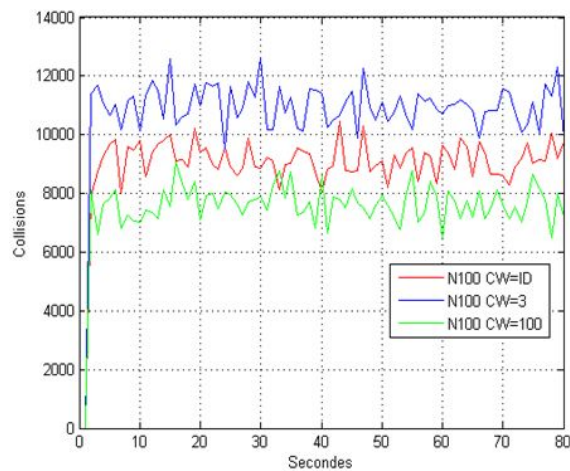


FIGURE 3.10: Comparaison de collisions générées avec le CW= ID, 3, 100 et pour une densité $N=100$ et une vitesse $V = [0,0]$

2. Le Débit de réception (throughput)

Les trois figures 3.11, 3.12 et 3.13 montrent le throughput de chaque technique de CW pour des différentes densité, et nous remarquons qu'avec un CW = Densité le protocole donne le maximum de throughput suivi par le CW = ID, les deux graphes sont un peu proches, par contre le throughput donné par le CW=3 présente le pire des cas et son graph est éloigné par rapport aux autres.

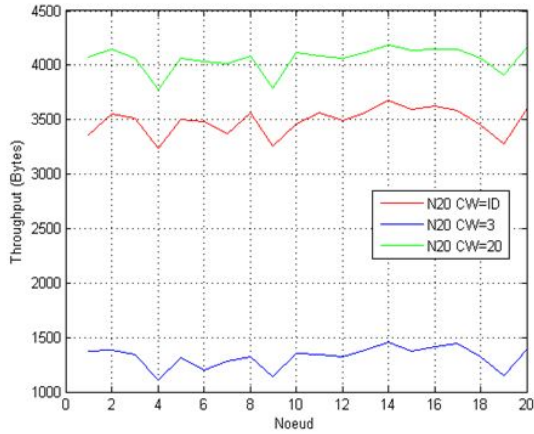


FIGURE 3.11: Comparaison de Throughput générées avec le CW=ID, 3, 20 et pour une densité $N=20$ et une vitesse $V=[0,0]$

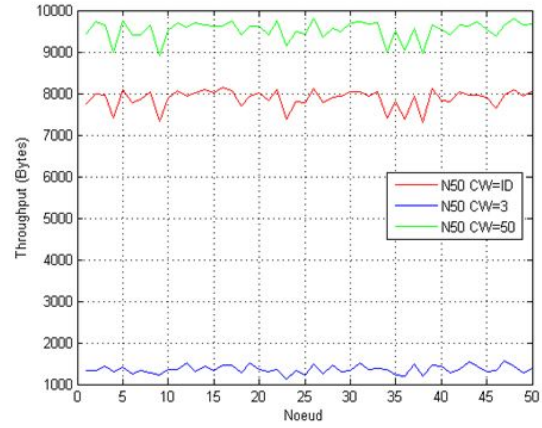


FIGURE 3.12: Comparaison de Throughput générées avec le CW=ID, 3, 50 et pour une densité $N=50$ et une vitesse $V=[0,0]$

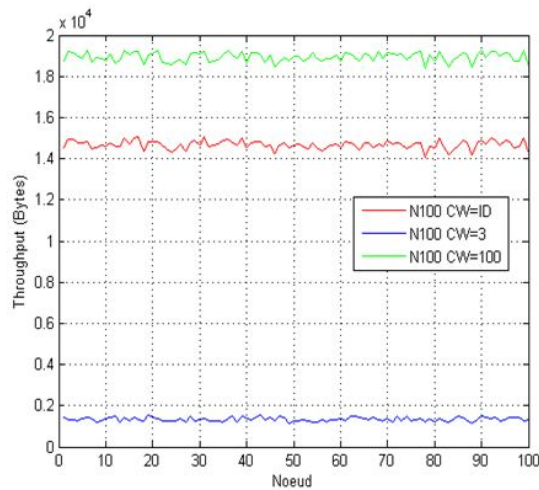


FIGURE 3.13: Comparaison de Throughput générées avec le CW=ID, 3, 100 et pour une densité $N=100$ et une vitesse $V=[0,0]$

La figure 3.14 montre les collisions détectées par chaque véhicule avec un scénario de densité égale à 20, si nous comparons les graphes avec celle de la figure.5, nous voyons que plus les collisions est détecté moins le throughput est mentionné, ce qui montre l'influence des collisions sur le throughput.

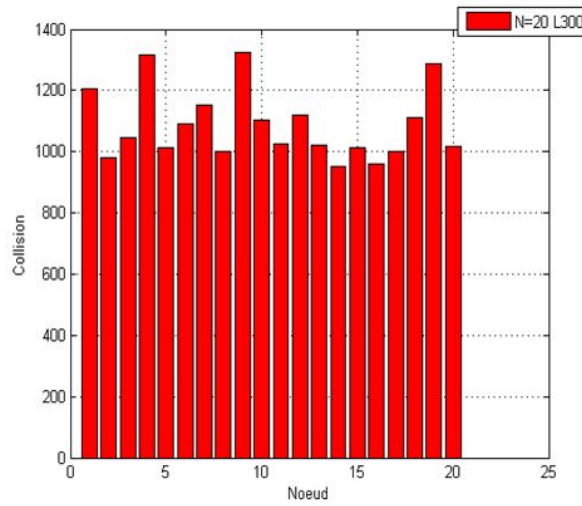


FIGURE 3.14: la collision détecté par chaque véhicule dans une route de densité N=20 et qui sont Dans leur portée de transmission.

3.3.1.2 Scénario 2

Avec le scénario 2, nous allons étudier l'impact de la distribution des véhicules de façons à ce que ils peuvent être exposés et cachés entre eux, dont le but est d'examiner leur impact sur les collisions et le throughput.

1. La Collision

La figure 3.15, 3.16 et 3.17 présentent l'influence de la densité sur les collisions directes et cachés, nous remarquons qu'avec l'augmentation de la densité quel que soit la technique de CW, le protocole souffres des collisions.

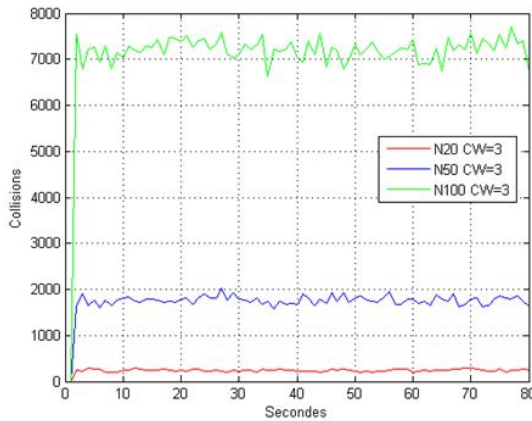


FIGURE 3.15: Comparaison de collisions générées avec le CW=3 et pour une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V= [0,0]$

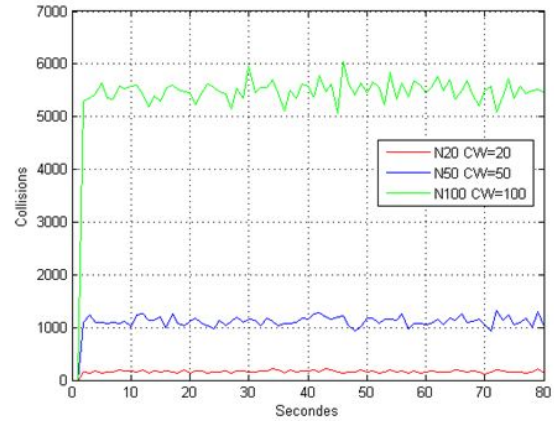


FIGURE 3.16: Comparaison de collisions générées avec le CW=N et pour une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V= [0,0]$

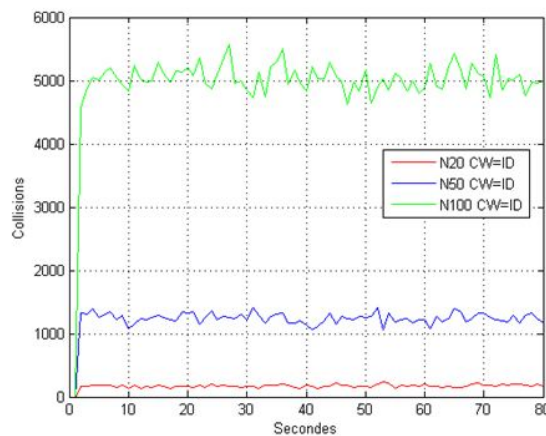


FIGURE 3.17: Comparaison de collisions générées avec le CW=ID et pour une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V= [0,0]$

Les figures 3.18, 3.19 et 3.20 présentent une comparaison de nombre des collisions (directes et cachés) générées entre les trois techniques de CW, pour des différentes densités. Il se voit que l'approche du standard 802.11p ou le $CW = 3$, génère le plus de collision, quelque soit la densité. Pour les approches $CW = \text{Densité}$ et $CW = \text{ID}$, nous remarquons un comportement similaire avec la densité égale à 20 véhicules et la supériorité de l'approche utilisant le $CW = \text{Densité}$ avec la densité égale à 50 véhicules et l'inverse avec celle de 100 véhicules.

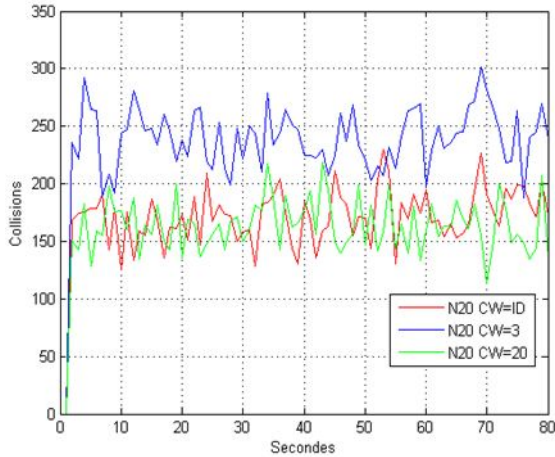


FIGURE 3.18: Comparaison de collisions générées avec le $CW = \text{ID}$, 3, 20 et pour une densité $N=20$ et une vitesse $V = [0,0]$

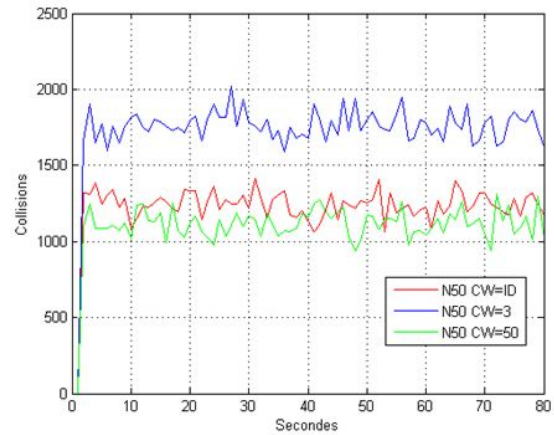


FIGURE 3.19: Comparaison de collisions générées avec le $CW = \text{ID}$, 3, 50 et pour une densité $N=50$ et une vitesse $V = [0,0]$

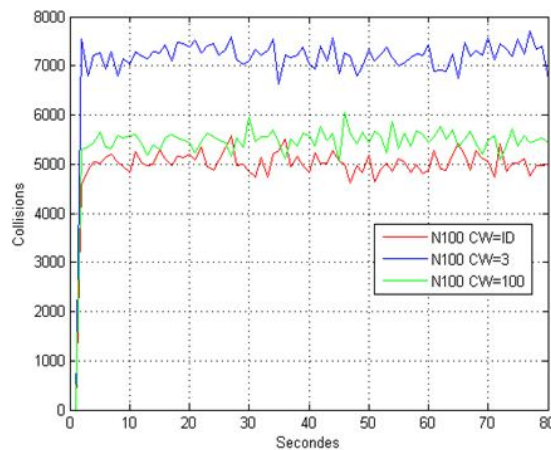


FIGURE 3.20: Comparaison de collisions générées avec le $CW = \text{ID}$, 3, 100 et pour une densité $N=100$ et une vitesse $V = [0,0]$

2. Le débit de réception

La figure 3.21 montre le throughput de chaque technique de CW pour une densité de 20 véhicules, et nous remarquons que les points minimaux sur les graphes donnés par les points 6, 11, 15, 20 sont à cause des collisions comme présenté dans la figure 3.23. La figure 3.22 montre les positions des véhicules dans une route de 1000 mètre, où il est clair que les véhicules cités ci-dessus se trouvent dans une zone appelée la zone de collision caché entre l'intervalle [500-800] mètre, nous remarquons aussi que les véhicules de cette zone ont plus de collision que ceux qui se trouvent dans les zones de collision directe présenté par les intervalles [300-500] mètres et [800-1000] mètres.

Mais les deux véhicules 4 et 9 malgré qu'ils détectent le minimum de collision par rapport aux autres, ils présentent le minimum de throughput, et c'est par ce que sont éloignés et leur portée n'aboutit pas aux autres véhicules du réseau, ce qui explique la diminution du taux de réception.

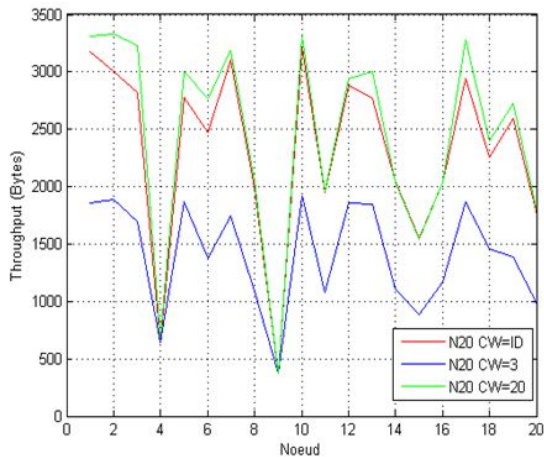


FIGURE 3.21: Comparaison de Throughput générées avec le CW=ID, 3, 20 et pour une densité $N=20$ et une vitesse $V=[0,0]$

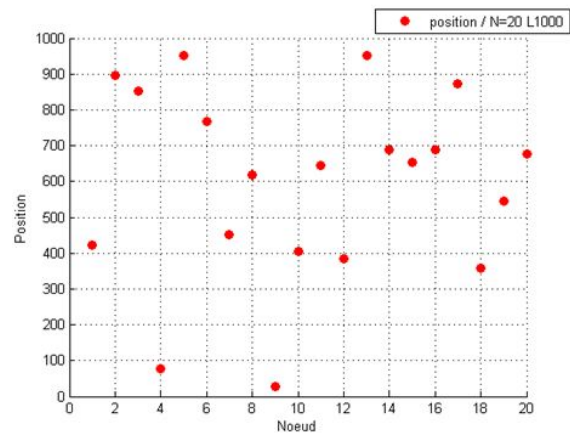


FIGURE 3.22: les différentes positions véhicules pour une densité $N=20$

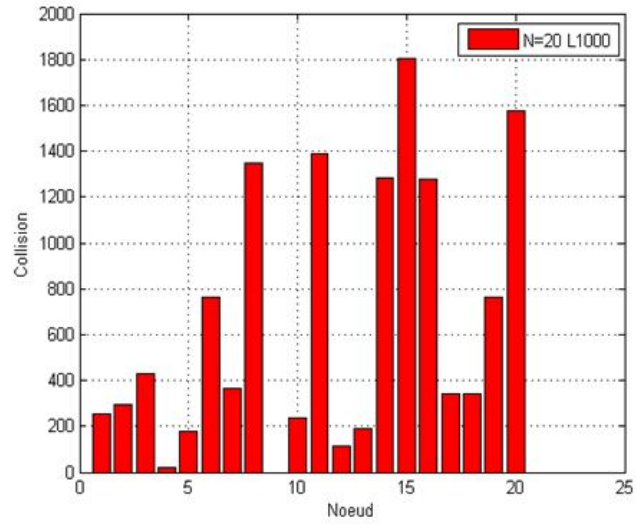


FIGURE 3.23: La collision détecté par chaque véhicule dans une route de densité $N=20$ et qui sont Pas Dans la même portée de transmission.

Les figures 3.24, 3.25, 3.26 et 3.27 confirment que plus la densité des véhicules augmente plus le throughput augmente à moins qu'il détecte plus de collision.

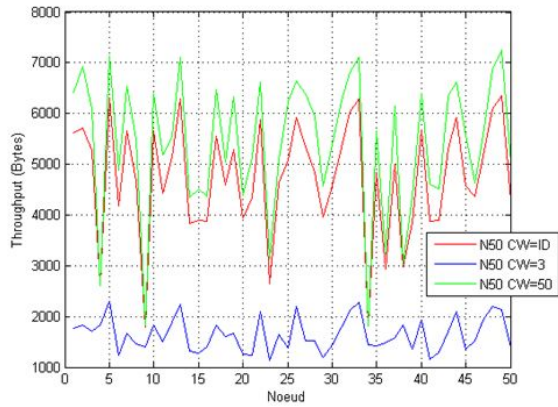


FIGURE 3.24: Comparaison de Throughput générées avec le CW= ID, 3, 50 et pour une densité $N=50$ et une vitesse $V=[0,0]$

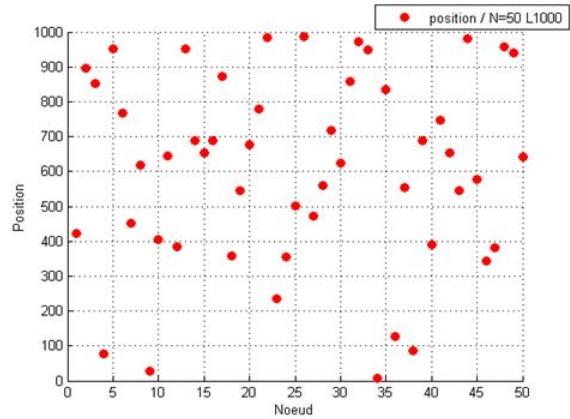


FIGURE 3.25: Les différentes positions véhicules pour une densité $N=50$

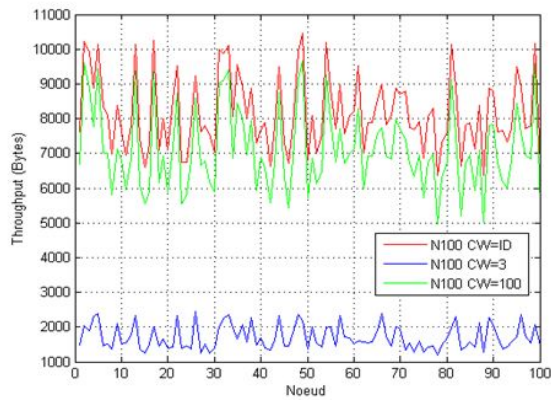


FIGURE 3.26: Comparaison de Throughput générées avec le CW= ID, 3, 100 et pour une densité $N=100$ et une vitesse $V=[0,0]$

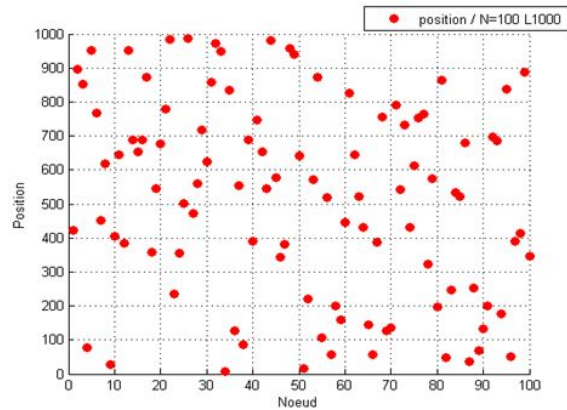


FIGURE 3.27: les différentes positions véhicules pour une densité $N=100$

3.3.1.3 Scénario 3

Dans ce scénario présentent l'influence de la vitesse sur le nombre des collisions. Toujours le CW=3 présente le pire des cas et les CW=Densité et CW=ID ont des résultats de collision presque similaire. Les figures 3.28 et 3.30 montre que avec les réseaux de zéro mobilité et forte mobilité, les graphes sont stable et nous ne voyons pas vraiment l'impacte de la mobilité, par contre les graphes de collision dans le réseau de faible mobilité, figure 3.29, comprend une augmentation dans l'intervalle du temps [0-20] secondes et [50-80] secondes, et une diminutions dans l'intervalle [20-50] secondes, cela peut être expliqué comme suite. La mobilité a un impact direct sur la distribution des véhicules, et la distribution influx sur les collisions, alors si les véhicules se regroupent, le risque de collision augmente et s'ils se dispersent le risque se diminue, donc la forte mobilité ne permet pas une grande durée de regroupement par contre la faible mobilité où le regroupement prend un peu du temps ce qui permet la grande possibilité des collisions.

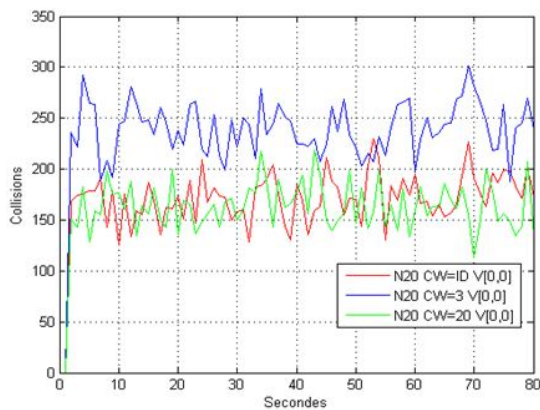


FIGURE 3.28: Comparaison de collisions générées avec le CW= ID, 3, 20 et pour une densité N=20 et une vitesse V= [0,0]

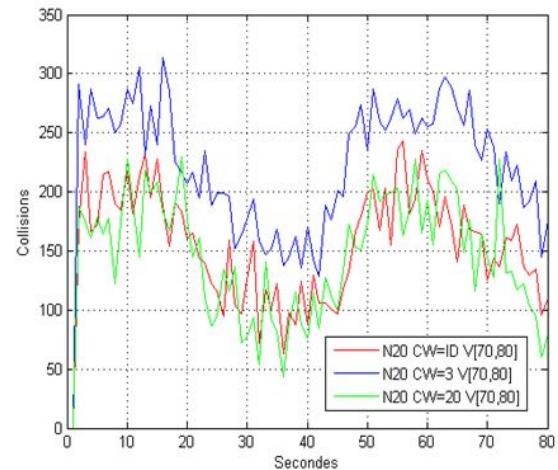


FIGURE 3.29: Comparaison de collisions générées avec le CW= ID, 3, 20 et pour une densité N=20 et une vitesse V= [70,80]

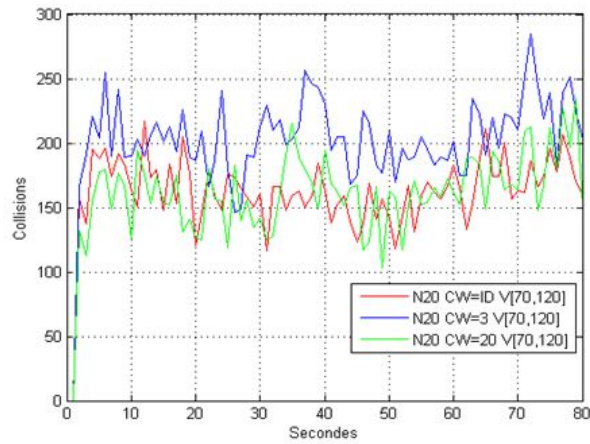


FIGURE 3.30: Comparaison de collisions générées avec le CW= ID, 3, 20 et pour une densité $N=20$ et une vitesse $V=[70,120]$

Dans un scénario de 50 véhicules, nous ne voyons pas l'influence de la mobilité sur le réseau de faible mobilité, par ce que l'augmentation de la densité les véhicule se regroupent de plus en plus et il y'aura pas des moments de dispersion, donc le nombre de collision reste stable. Ce qui montre les figures 3.31, 3.32, et 3.33.

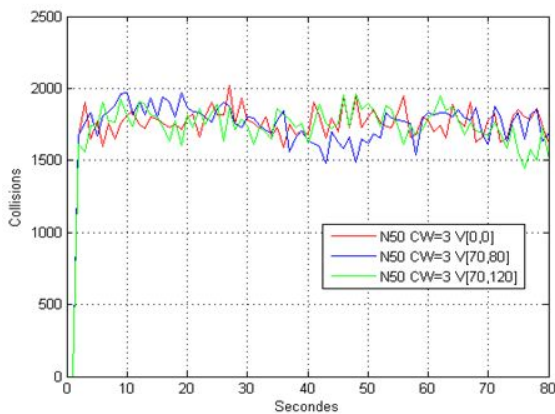


FIGURE 3.31: Comparaison de collisions générées avec le CW= 3 et pour une densité $N=50$ et une vitesse $V=[0,0]$; $[70,80]$; $[70,120]$

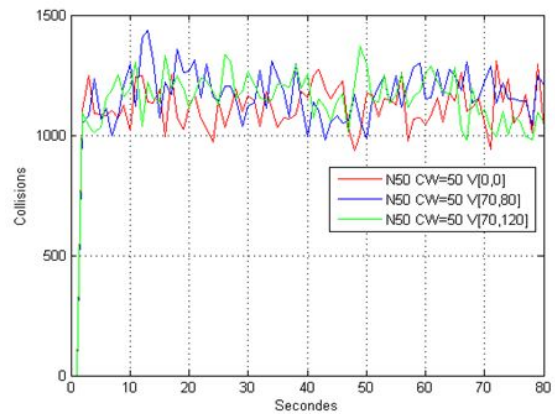


FIGURE 3.32: Comparaison de collisions générées avec le CW= N et pour une densité $N=50$ et une vitesse $V=[0,0]$; $[70,80]$; $[70,120]$

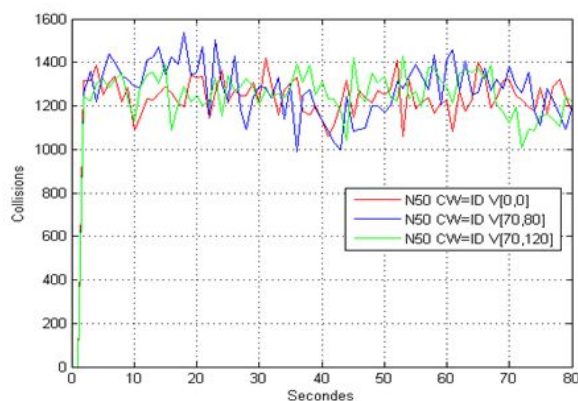


FIGURE 3.33: Comparaison de collisions générées avec le CW= ID et pour une densité $N=50$ et une vitesse $V= [0,0]; [70,80]; [70,120]$

3.3.2 Discussion

Nous pouvons constater que les techniques d'adaptations du CW selon le nombre des véhicules de voisinage (CW=Densité et CW=ID) donnent des meilleurs performances par rapport à celle utilisé dans le standard IEEE 802.11p où le CW prend une valeur fixe $CW=3$ quelque soit la densité locale, cette supériorité est en terme de nombre de collisions et de throughput.

Parmi les objectifs de cette étude est de vérifier l'apport de la technique d'accès au canal que nous avons proposé, où chaque véhicule prend une valeur de CW différente aux autres, par rapport à celle qui donne la même valeur aux véhicules.

Nous n'avons pas remarqué une bonne amélioration et la deuxième technique (CW=Densité) reste meilleure que la notre (CW=ID) pour tous les critères de performance.

Conclusion générale et perspective

La conception d'une couche MAC efficace et évolutive est une étape essentielle vers la création d'un réseau véhiculaire de sécurité sur nos routes. Ce document est axé sur IEEE 802.11p, cette technologie largement considéré comme le meilleur choix dans ce contexte, plus précisément sur le mécanisme de back-off proposée dans la norme. Nous montrons que la valeur actuellement affectée à la fenêtre de contention est loin d'être optimale, en particulier lorsque la densité des véhicules augmente.

A travers les différentes simulations l'approche adaptative a prouvé son efficacité pour tous les types de scénarios en termes de nombre de collisions et de débit de réception (throughput), par rapport au standard IEEE 802.11p. Le nombre collisions a diminué et le débit de réception utile a été augmenté dans tous les scénarios évalués. La densité, la disposition et la mobilité ont été utilisée comme des descripteurs de contexte et la taille de fenêtre de contention CW comme un paramètre à être changé dynamiquement dans chaque véhicule pour traiter son accès au support.

Ce travail a proposé un mécanisme pour l'adaptation du CW, où chaque véhicule prend une valeur de CW unique et différente aux autres où $CW=ID$, et nous n'avons pas remarqué une grande amélioration par rapport a l'autres technique où $CW=Densité$.

Pour le mécanisme de back-off basé sur la génération d'une valeur aléatoire dans l'intervalle $[0,CW]$, l'idéal est de choisir un CW adaptative à la densité locale et que tous les véhicule prennent même valeur.

Comme perspective de ce travail, il est recommandé d'étudier le même schéma que nous avons proposé mais le choix de la valeur de back-off doit être déterministe et non pas d'une façon aléatoire, donc le mécanisme de back-off vas se comporter comme le TDMA.

Bibliographie

- [1] Sébastien Combéfis. Vanet. <http://fr.slideshare.net/akashraghunath/vanet>, July 2013.
- [2] Delgrossi L. Jiang D. Ieee802.11p :towards an international standard for wireless access invehicular environments. in : Vehicular technology conference. pages 2036–40., 2008.
- [3] Colette Johnen. Hiérarchisation dans les réseaux ad hoc de véhicules. page 3, mai 2012.
- [4] Hamid Menouar. Prédiction de mouvement pour le routage et le contrôle d'accès au canal dans des réseaux sans-fil véhiculaires. page 3, Février 2008.
- [5] Patrick Marlier. Communications optimisées dans un réseau véhiculaire ad hoc multi-sauts. page 3, 2007.
- [6] Mohamed Ilies SAHEL Houda ABBAD Ali. TALHA Sidahmed, Walid CHOU-CHAOUI. Les réseaux véhiculaires (vanet). 2013.
- [7] M. Exbrayat. Standardization of wireless vehicular communications within iee and etsi. November 9, 2011.
- [8] Thomas Ruocc. Camille Rives Catherine Loison. "routage multicast dans les réseaux véhiculaires (vanet)". 2013.
- [9] C.Tchepnda. "authentification dans les réseaux véhiculaires opérés",. page 3, Décembre 2008.
- [10] M.JERBI. "protocoles pour les communications dans les réseaux de véhicules en environnement urbain : Routage et geocast basés sur les intersections". page 3, 2008.
- [11] F. Filali M. Fiore, J. Harri and C. Bonnet. "vehicular mobility simulation for vanets",. pages 301–309., 2007.
- [12] Jacob E. Berbineau M. Aguado M., Matias J. "the wimax asn network in the v2i scenario",. pages 1–5., September 2008.
- [13] IEEE Standard 802.11a. "wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications : High-speed physical layer in the 5 ghz band",. page 3, 1999.

- [14] IEEE Standard 802.11p. "ieee standard for information technology– telecommunications and information exchange between systems–local and metropolitan area networks–specific requirements part 11 : Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications amendment 6 : Wireless access in vehicular environments",. page 3, 2010.
- [15] Sébastien Combéfis. Vanet. http://fr.wikipedia.org/wiki/Vehicular_Ad-Hoc_Network, 2014.
- [16] Aguado M. "gestion de l'anonymat et de la traçabilité dans les réseaux véhiculaires sans fil,". FÉVRIER 2014.
- [17] Z. Axbrayat. "fcc report and order 03-324 : Amendment of the commission's rules regarding dedicated short-range communication services in the 5.850-5.925 ghz band,". December 17, 2003.
- [18] H. Eayat. "fcc report and order 06-110 : Amendment of the commission's rules regarding dedicated short-range communication services in the 5.850-5.925 ghz band,". July 20, 2006.
- [19] 8. IEEE. "local and metropolitan area networks - specific requirements - part 11 : Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications – amendment 7 : Wureless access in vehicular environment",. 2010.
- [20] IEEE P802.11 Task Group p. Vanet.
- [21] M. Exbrayat. Ieee completes fourth "wave " radio communication standard. 2007.
- [22] IEEE :. 'ieee 802.11 standard for information technology – telecommunications and information exchange between systems – local and metropolitan area networks – specific requirements part 11 : Wireless lan medium access control and physical layer'. 2007.
- [23] Biswas S. : Yu, F. 'a self reorganizing mac protocol for intervehicle data transfer applications in vehicular ad hoc networks'. 2007.
- [24] Zhang X. : Su, H. 'clustering-based multichannel mac protocols for qos provisioning over vehicular ad hoc networks',. 2007.
- [25] Liu K. Cai L.X. Shen X. : Bi, Y. 'a multi-channel token ring protocol for qos provisioning in inter-vehicle communications',. 2009.
- [26] Takawira F. Xu H. : Liu, I. 'a hybrid token-cdma mac protocol for wireless ad hoc networks',. 2009.
- [27] Jung S. Lee S. : Kim, T. 'cmmpp : clustering-based multi-channel mac protocol in vanet'. 2009.
- [28] Ashtiani F. : Karamad, E. 'a modified 802.11-based mac scheme to assure fair access for vehicle-to-roadside communications',. 2008.
- [29] Uhlemann E. Strom E. Bilstrup U. : Bilstrup, K. 'on the ability of the 802.11p mac method and stdma to support real-time vehicle-tovehicle communications',. 2009.

- [30] Ji Y. Liu F. Wang X. : Lu, N. 'a dedicated multi-channel mac protocol design for vanet with adaptive broadcasting'. 2010.
- [31] M. Conti F. Cali and E. Gregori. "dynamic tuning of the ieee 802.11 protocol to achieve a theoretical throughput limit,". 2000.
- [32] D. Popescu M. Weigle S. Olariu D. Rawat, G. Yan. "dynamic adaptation of joint transmission power and contention window in vanet". September 2009.
- [33] B. Krishnamachari Wang, A. Ahmed and K. Psounis. "ieee 802.11p performance evaluation and protocol enhancement,". Sept 2008.
- [34] L.In-Soo et al. Network allocation vector-based dynamic backoff algorithm for ieee 802.11 dcf, ieice electronics express,. 2010.
- [35] J. Barcel et al. "learning-beb : Avoiding collisions in wlan",,. 2008.
- [36] Andre-Luc Beylot Razvan Stanica, Emmanuel Chaput. "local density estimation for contention window adaptation in vehicular networks". 2007.
- [37] D. et al Dang. An efficient and reliable mac in vanets,. pages 1–4, 2014.
- [38] Toh C. K. Cano J.-C. Calafate C. T. Martinez, F. J. and Manzoni. A survey and comparative study of simulators for vehicular ad hoc networks (vanets). wireless communications and mobile computing. 2009.
- [39] T. Issariyakul and Hossain. Introduction to network simulator ns2. springer us. 2010.
- [40] Schmidt-Eisenlohr F. Jiang D. Torrent-Moreno M. Delgrossi L. Chen, Q. and Hartenstein. Overhaul of ieee 802.11 modeling and simulation in ns-2. in proc. page 159–168., 2007.