

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AMMAR TELIDJI LAGHOUAT

FACULTÉ DES SCIENCES

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET INFORMATIQUE



MÉMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER DE

RECHERCHE EN INFORMATIQUE

OPTION : RÉSEAUX, SYSTÈMES ET APPLICATIONS RÉPARTIS

THÈME :

Les techniques d'accès au canal basé sur le TDMA pour les réseaux véhiculaires VANETs.

Présentée Par : BENDJEMAA Mohamed islam
MADNI Kamel

Soutenu devant le jury composé de :

CHETTIH Attika	MAA	Présidente	Université de Laghouat
BENSAAD Lahcen	MCB	Examineur	Université de Laghouat
BOUZIANE Brrik	MAB	Examineur	Université de Laghouat
OULEDDJEDID Lakhdar Kamel	MAA	Encadreur	Université de Laghouat

09 juin 2015

Remerciement

*Je remercie **Dieu** tout Puissant de m'avoir permis de mener à terme ce projet qui est pour moi le point de départ d'une nouvelle carrière, celle de la recherche, source de remise en cause permanente et de perfectionnement perpétuelle, qui a bénéficié des conseils scientifiques des uns, de l'appui moral et du soutien financier des autres.*

*Je remercie mon encadreur **Mr Ouledjedid Lakhdar** , et mes professeurs de la base jusqu'au sommet.*

Enfin un grand merci à ma mère, mon père, ma famille, mes amis et tous les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Sommaire

1	Introduction générale	1
1.1	Motivation	1
1.2	Problématique	1
1.3	Contribution	1
1.4	L'organisation du mémoire	2
2	Background	3
2.1	Les systèmes de transport intelligent (ITS)	3
2.2	Les réseaux Ad Hoc Véhiculaire (VANET)	4
2.2.1	Pourquoi les VANET ?	5
2.2.2	Les types de communications	5
2.2.3	Les applications des réseaux de véhicule	7
2.2.4	Les propriétés et problématiques des réseaux de véhicule	9
2.3	Les standards de communication pour les VANETs	11
2.3.1	Le DSRC (Dedicated Short Range Communication)	12
2.3.2	Les standards WAVE/IEEE 802.11p	13
2.4	L'accès au canal dans les VANET	15
2.4.1	Les défis de la couche MAC des VANETs	16
3	Contribution	18
3.1	Taxonomie : Etude sur les techniques d'accès au canal basé sur le TDMA	18
3.1.1	Critères de comparaison	18
3.1.2	Les protocoles TDMA proposés	19
3.1.3	Le tableau comparative	23
3.2	Proposition : L'allocation des slots d'une façon distribuée avec le D-TDMA	23
3.2.1	Motivation	23
3.2.2	Problématique	24
3.2.3	L'objectif de Notre solution	24
3.2.4	Le protocole D-TDMA	25

3.3	Simulation et Analyse	31
3.3.1	Les expérimentations de simulation	31
4	Les résultats et l'analyse de simulation	37
4.1	Scénario 1	37
4.1.1	La Collision	37
4.1.2	Le Throughput	39
4.2	Scénario 2	41
4.2.1	La Collision	41
4.2.2	Le Throughput	43
4.3	Scénario 3	47
4.3.1	La Collision	47
5	Conclusion générale	49

Table des figures

2.1	Représentation des réseaux VANET [2]	6
2.2	Types de communication dans un réseau de véhicules [3].	7
2.3	Applications des réseaux de véhicule [2].	10
2.4	L'architecture WAVE en couche de DSRC [1].	14
3.1	Comparaison entre les paquets de contrôle des protocoles ADHOC-MAC, VeSOMAC et D-TDMA en terme de Overhead généré.	24
3.2	Véhicules en route partitionnés sur le cluster physique.	25
3.3	Le partitionnement des trames et des slots.	26
3.4	Un design cross layer entre une couche supérieure (Upper layer) et la couche MAC.	26
3.5	Le diagramme de D-TDMA.	27
3.6	L'affectation des slots.	28
3.7	Le format de message HELLO.	28
3.8	La carte des slots du véhicule x.	30
3.9	La liste des voisins de véhicule x.	30
3.10	Le principe de CSMA/CA et D-TDMA.	32
3.11	Architecture de simulation dans les réseaux VANET.	34
3.12	Les modèles de mobilité générés par "IMPORTANT".	35
4.1	Comparaison entre les collisions générés par la technique CSMA avec une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V=[0,0]$	38
4.2	Comparaison entre les collisions générés par la technique TDMA avec une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V=[0,0]$	38
4.3	Comparaison entre les collisions générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=100$ et une vitesse $V=[0,0]$	39
4.4	Comparaison entre le Throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=20$ et une vitesse $V=[0,0]$	40
4.5	Comparaison entre le Throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=50$ et une vitesse $V=[0,0]$	40

4.6	Comparaison entre le Throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité maximale $N=100$ et une vitesse $V=[0,0]$	41
4.7	Comparaison entre les collisions générés par la technique CSMA avec une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V=[0,0]$	42
4.8	Comparaison entre les collisions générés par la technique TDMA avec une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V=[0,0]$	42
4.9	Comparaison entre les collisions générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=100$ et une vitesse $V=[0,0]$	43
4.10	Comparaison entre le throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=20$ et une vitesse $V=[0,0]$	44
4.11	Représentations des nœuds avec position.	44
4.12	Comparaison entre le throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=50$ et une vitesse $V=[0,0]$	45
4.13	Représentations des nœuds avec positions.	45
4.14	Comparaison entre le throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité maximale $N=100$ et une vitesse $V=[0,0]$	46
4.15	Représentations des nœuds avec positions.	46
4.16	Une comparaison entre les collisions générés par le TDMA avec des différents densités et des différents vitesses.	48
4.17	Comparaison entre les collisions générés par le CSMA avec des différents densités et des différentes vitesses.	48

Liste des tableaux

3.1	La comparaison entre les protocoles TDMA proposés	23
3.2	Les scénarios de simulation.	34
3.3	Une comparaison entre les simulateurs des réseaux.	35
3.4	Les paramètre de simulation	36

Liste des abréviations

1PPS : Pulse Per Second
AC : Access Classes
AS : The available Slots
CALM : Communications Access for Land Mobiles
CCH : Control Chanel
CH : Cluster Head
CSMA/CA : Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
D-TDMA : Dynamic-TDMA
DSRC : Dedicated Short Range Communication
ETC : electronic toll collection
ETSI : European Telecommunications Standards Institute
FCC : Federal Communication Commission
FI : Frame information
GPS : Global Positioning System
GSM : Global System for Mobile Communications
HAS : The Hidden Ahead slots
IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF : Internet Engineering Task Force
IPV6 : Internet Protocol version 6
ISO : International Organization for Standardization
ITS : Intelligent Transportation System
LN : List of Neighbors
MAC : Media Access Control
MANET : Mobile Ad-hoc Networks
Max-HS : the Maximum Hidden Slot
MIB : Management Information Base
Min-HS : Minimum Hidden Slot
NA : The Neighbor Ahead
NAS : The Neighbor Ahead Slots
NEMO : Network Mobility
OBU : On-Board Unit

OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OH : On-Hop
pg : physical groupe
RSU : Road Side Units
SCH : Service Chanel
TDMA : Time Devison Multiple Access
TH : Tow-Hop
THHS : The Two Hops Hidden Slots
V2I : Vehicle To Infrastructure
V2V : Vehicle To Vehicle
VANET : Vehicular Ad-Hoc Network
WAVE : Wireless Access in Vehicular Environment
WBSS : WAVE Basic Service Set
WiMAX : Worldwide Interoperability for Microwave Access
WSMP : WAVE Short Message Protocol

Résumé

Les réseaux véhiculaires, connus sous le terme VANETs, sont des réseaux impliquant des communications entre deux ou plusieurs véhicules et éventuellement une communication avec des éléments d'infrastructure sur la route. Récemment, le concept de systèmes de transports intelligent a connu beaucoup d'intérêt. Les ITS (Intelligent Transportation System) sont des systèmes utilisant les nouvelles technologies de communication sans fil appliquées au domaine du transport pour améliorer la sécurité routière, la logistique et les services d'information. Des défis majeurs ont besoin cependant d'être abordés pour offrir une communication sur la route sécurisée et fiable dans des environnements anonymes et quelquefois hostiles à la communication. Comme dans tout système de communication, les réseaux véhiculaires doivent opérer en respectant des contraintes en termes de qualité de service. Ces contraintes sont d'autant plus strictes quand il s'agit de fournir des services de sécurité sur la route.

Ce projet vise à étudier des techniques de communication véhiculaires pour le relayage d'informations de manière fiable et à faible délai entre les véhicules voyageant à haute vitesse.

Cette thèse a deux contributions, premièrement une taxonomie des techniques d'accès au canal basé sur le TDMA qui sont proposées dans la littérature, deuxièmement une proposition d'une technique d'allocation des slots du temps pour le TDMA permettant de diminuer la quantité d'information de contrôle générée, diminuer le risque de collision et d'augmenter le débit de réception.

Mot clé : ITS, TDMA, VANET

Abstract

Vehicular networks, also known as VANETs, are networks involving communications between two or more vehicles and eventually an infrastructural element on the road. Recently, the concept of ITS (intelligent transportation systems) experienced a lot of interest. ITS are a systems using new wireless communication technologies applied to transportation to improve road safety, logistics and information services. However, major challenges need to be addressed to provide communication on the road in a secure and a reliable manner and this should be in an anonymous environment which may be hostile to communication. As in any communication system, vehicular networks must operate respecting constraints in terms of quality of service. These constraints are particularly strict when it comes to providing security services on the road.

This project aims to study communication techniques for vehicular communication to relay information in low delay between vehicles traveling at high speed.

This thesis has two contributions, the first on is a taxonomy of the TDMA-based techniques proposed in the literature, the second is the proposition of the slot allacation technique for the distributed TDMA which aims to reduce the overhead, reduce the collision probability and enhance the throughput.

Key words : ITS, TDMA, VANET

Chapitre 1

Introduction générale

Motivation

La couche MAC (Medium Access Control) est chargée de contrôler l'accès au support de communication. Elle joue un rôle fondamental dans l'utilisation de canal. Elle représente un soutien de tous les protocoles de communication. Le protocole CSMA de la norme IEEE 802.11 est une technique largement adopté pour la couche MAC en raison de sa simplicité, dynamicité ainsi que son mode asynchrone.

1.1 Problématique

Le MAC de la norme IEEE 802.11 est un protocole utilisant des messages RTS / CTS (Ready To Send / Clear To Send) pour éviter la collision cach e et l'attente de l'expéditeur d'un accus e de réception (ACK) pour assurer la fiabilité. Dans une situation de diffusion, tous les mécanismes mentionn es ci-dessus ne sont pas utilis e. Certains protocoles MAC am lior es ont été propos es pour améliorer la performance de 802.11, Cependant, ces propositions souffrent encore du problème de terminal cach e.

1.2 Contribution

Le TDMA (Time-Division Multiple Access) est une solution alternative lorsque la collision cach e peut être résolu par la division de signal à des trames de temps différents. Chaque trame de temps est divis e en N slots de temps. Chaque véhicule doit acquérir slot dans la trame.

Notre objectif est de faire une taxonomie des techniques d'accès au canal à base de TDMA pour les VANETs, et de proposer d'une technique d'allocation

des slots pour le TDMA.

1.3 L'organisation du mémoire

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :

Le premier chapitre : Des notions générale sur les systèmes de transport intelligent, les réseaux Ad Hoc Véhiculaire (VANET), les standards de communication pour les VANETs et l'accès au canal dans les VANET (la couche MAC).

Le deuxième chapitre : Est une contribution qui contient une étude sur les techniques d'accès au canal basé sur le TDMA, une proposition d'une technique d'allocation des slots (D-TDMA).

Le troisièmement chapitre : Est une étude comparatif entre le TDMA proposé et le CSMA du standard IEEE 802.11p via des simulations.

Conclusion perspective : présente recapitulation de ce que nous avons fait dans cet mémoire et les future travaux.

Chapitre 2

Background

2.1 Les systèmes de transport intelligent (ITS)

Les ITS (Intelligent Transportation System) 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.

Les technologies utilisées dans les ITS varient, allant de systèmes de gestion basiques (comme les systèmes de gestion des intersections, les panneaux à messages variables, les radars automatiques ou la vidéo-surveillance) aux applications plus avancées qui intègrent des données en temps-réel se basant sur un retour d'informations de nombreuses sources (comme les informations météorologiques, les systèmes de dégivrage des ponts, les systèmes de navigation embarqués informant des temps de parcours en temps réel etc.).

Diverses technologies de communication sans fil sont proposées pour les systèmes de transport intelligent. Des communications à courte portée (moins de 350 mètres) peuvent être réalisées à l'aide de standard IEEE 802.11p [i], un protocole dédié aux communications à courte portée pour usage automobile. Des communications à plus longue portée ont été introduites en réutilisant les infrastructures réseaux préexistantes tels que le WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), le GSM, (Global System for Mobile Communications). Les communications à longue portée utilisant ces méthodes sont des technologies déjà bien établies mais à la différence des protocoles à

courte portée, elles nécessitent le déploiement d'une infrastructure très extensive et coûteuse.

De récentes avancées dans l'électronique embarquée ont conduit à disposer dans les véhicules de processeurs informatiques plus performants. Un véhicule aurait entre 20 et 100 modules individuels à base de microcontrôleurs interconnectés en réseau. Ces modules sont régis par des systèmes d'exploitation temps réel. Les nouvelles plateformes informatiques embarquées permettent l'implantation d'applications logicielles plus sophistiquées, incluant du contrôle de processus informatique à base de modélisation, d'intelligence artificielle et de l'informatique omniprésente [1].

2.2 Les réseaux Ad Hoc Véhiculaire (VANET)

Les réseaux véhiculaires sont la base des échanges pour les systèmes de transport intelligent. Du point de vue architectural, la communication dans un VANET peut être soit : véhicule-à-véhicule ou véhicule-à-infrastructure. Les nœuds peuvent éventuellement servir de passerelle vers d'autres réseaux et services.

Les réseaux VANET sont constitués de véhicules, équipements de l'infrastructure (capteurs, signalisation, points de services etc.) et centres de gestion et de contrôle. Ils se chargent de connecter les différents intervenants dans les applications ITS, définir les protocoles de communication et gérer convenablement le routage et la dissémination de messages.

Vehicular Ad-Hoc Network (réseau Ad-Hoc de véhicules), ou VANet, est une forme de Mobile Ad-hoc NETWORKS (réseau mobile Ad-Hoc), pour fournir des communications au sein d'un groupe de véhicules à portée les uns des autres et entre les véhicules et les équipements fixes à portée, usuellement appelés équipements de la route.

La plupart des sujets d'intérêt des MANet (Mobile ad hoc networks) [ii], sont aussi pour les VANet, à quelques détails près. Plutôt que de se déplacer au hasard, les véhicules tendent à se déplacer d'une façon organisée. Les interactions avec les équipements de la route peuvent de même être caractérisées de manière assez exacte. Et finalement, la plupart des véhicules sont limités dans leur gamme de mouvement, par exemple en étant contraint de suivre une route pavée.

En outre, en 2006 le terme MANet décrit la plupart du temps un domaine de recherche universitaire, et le terme VANet peut-être son domaine d'application le plus prometteur.

2.2.1 Pourquoi les VANET ?

De notre jour, de plus en plus de foyers possèdent au moins un véhicule. Cette situation a conduit à une grande augmentation du trafic routier causant de multiples problèmes de confort et de sécurité.

Le véhicule, cet engin que nous a offert la technologie moderne, et qui nous a tant facilité la tâche de déplacement à longue distance est entrain de montrer ses méfaits. En effet, la circulation en voiture est devenue dans certaines villes telles que Moscou, Pékin ou Mexico, une épreuve quotidienne à cause des embouteillages. Un problème encore plus important est celui de la sécurité, les statistiques de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) montres qu'il y'a en moyenne 1,2 millions de décès et entre 20 et 50 millions de blessures grave causés par les accidents de la route.

Pour pallier aux problèmes de sécurité et de circulation routière, de nombreuses initiatives ont été prises par les gouvernements, les associations et les constructeurs automobiles. Parmi ces initiatives les campagnes de sensibilisations, l'instauration d'un code de la route stricte et l'amélioration et l'incitation au transport en commun. l'ITS est apparue au début des années 1990, il consiste à intégrer les nouvelles technologies de l'information et de la communication afin de rendre plus efficace le system routier, la sécurité et le confort des usagers.

Après l'investissement de plusieurs pays ces vingt dernières années, une nouvelle technique de communication, dédiée spécialement a l'ITS à émerger en 2002. Cette technologie a été nommée DSRC (Dedicated Short Range Communication) et qui support les communications a courte et à moyenne portée, Tel que :

- V2I (Vehicle To Infrastructure).
- V2V ou VANET (Vehicle to Vehicle, Vehicle Ad hoc Network) [2].

2.2.2 Les types de communications

Dans ces réseaux de véhicules, les services proposés permettent de distinguer plusieurs communications possibles, comme vous pouvez le voir sur la figure.1.2 [3].

A. Les communications de véhicule à véhicule

Les services et les applications qui sont basées sur la simple communication entre les véhicules et n'impliquant pas d'infrastructure fonctionnent

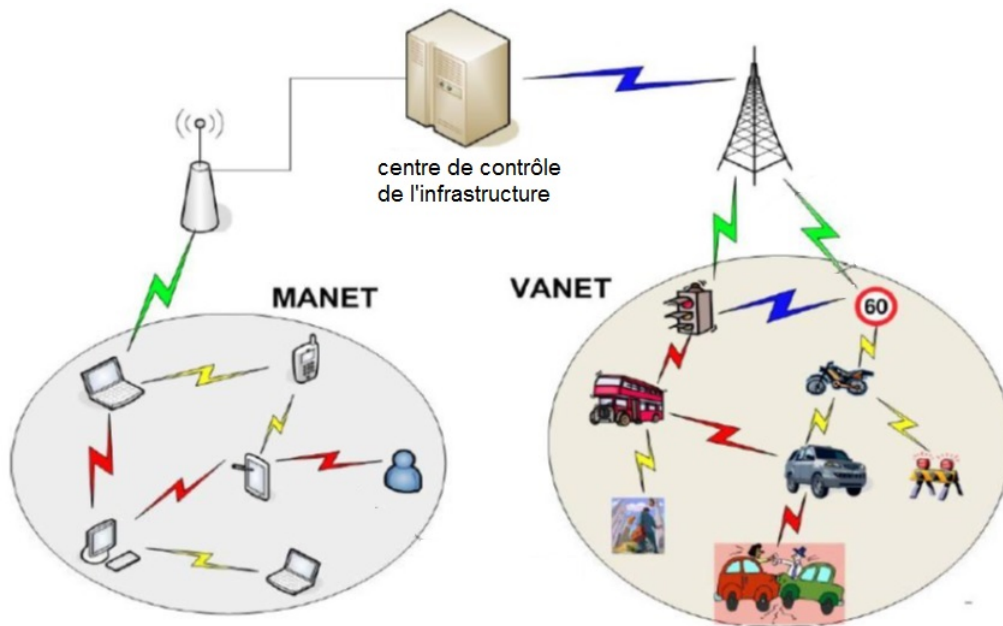


FIGURE 2.1 – Représentation des réseaux VANET [2]

seulement dans le cas où un taux de pénétration suffisant de véhicules équipés a été atteint. En raison des longs cycles de vie des véhicules, un taux de pénétration approprié peut seulement être atteint après plusieurs années, même si toutes les voitures nouvellement produites ont été équipées en juste proportion. C'est pourquoi, les constructeurs automobiles doivent penser aux stratégies d'introduction graduelles du marché.

B. Les communications de véhicule à infrastructure

Nous ne nous concentrons pas donc seulement sur des simples systèmes de communications inter véhicules, mais prenons aussi en compte des applications qui utilisent des points d'infrastructure (road side units ou RSUs). Ceux-ci démultiplient les services grâce à des portails Internet communs.

Des services à base d'infrastructure (accès à internet, échange de données par exemple de voiture-domestique, communications de voiture-à-garage pour le diagnostic distant, ...) profitent aux clients et peuvent motiver des conducteurs à investir dans l'équipement sans fil supplémentaire pour leurs véhicules.

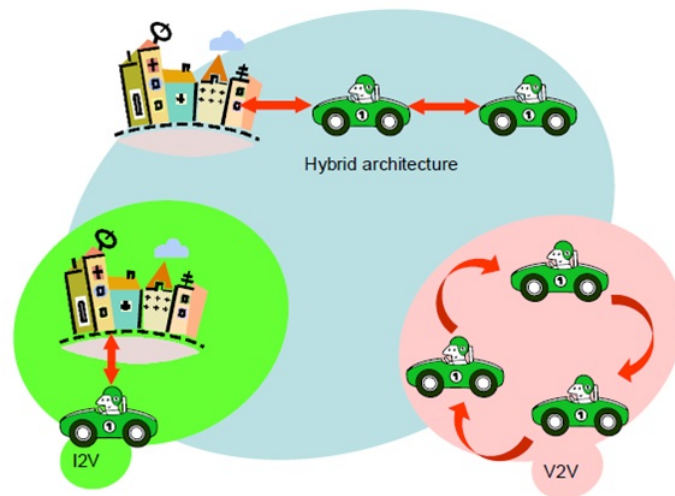


FIGURE 2.2 – Types de communication dans un réseau de véhicules [3].

C. Les communications hybrides

La combinaison de ces deux types de communications permet d'obtenir une communication hybride très intéressante. En effet, les portées des infrastructures étant limitées, l'utilisation de véhicules comme relai permet d'étendre cette distance. Dans un but économique en évitant de multiplier les bornes à chaque coin de rue, l'utilisation de sauts par véhicules intermédiaires prend toute son importance.

2.2.3 Les applications des réseaux de véhicule

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. Cette application est le système de transport intelligent (ITS) [3].

On peut donc distinguer deux types d'applications avec les réseaux de véhicules, les applications de confort et les applications de sécurité routière. Les contraintes de ces applications sont différentes comme par exemple la vitesse de propagation de l'information. Dans le cas d'un accident, il faut prévenir les usagers dans un temps borné alors que la diffusion de publicités n'a pas cette contrainte de temps mais elle sera par contre plus consommatrice de bande passante.

Nous allons donc décrire dans les paragraphes suivants quelques applications.

A. Les applications de sécurité routière

L’alerte 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 la vigilance (figure.1.3.a). 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. Ainsi les ou les nœuds désignés pour la retransmission des messages émettront des alertes à instants réguliers. Les messages devront être de taille réduite pour être transmis le plus rapidement possible. Les messages devront comporter les coordonnées du lieu de l’accident et les paramètres de la zone de retransmission.

L’alerte en cas de ralentissement anormal (bouchon, travaux, etc.) : Ce service permet d’avertir les automobilistes de situations de circulation particulières (figure.1.3.b). L’information quel que soit la nature des difficultés de circulation renseigne 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). Un véhicule banalisé 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.

La conduite collaborative : La conduite collaborative est un concept qui améliore considérablement la sécurité du transport routier (réduction du nombre de victimes, figure.1.3.d). 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. Ces groupes de véhicules ou réseaux ponctuels, peuvent élaborer une stratégie de conduite collective qui exigerait peu ou pas d’interventions de la part des conducteurs. Depuis ces dernières années, différentes architectures de véhicules automatisés ont été proposées, mais la plupart d’entre elles n’ont peu ou pas investi le problème de communication inter véhicules. On peut aussi sur le même principe 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.

B. Les applications de confort

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) et les petites annonces peuvent être des services distribués à base de réseaux collaboratifs. Un serveur relai (dit « proxy-cache ») peut permettre la navigation sur Internet même dans des zones sans connexion à Internet. Un système de distribution de publicités et d'informations pratiques (concerts, restaurants, . . .) peut être mise en place à l'entrée des villes.

L'Internet dans les transports : Aujourd'hui, les hotspots (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 (figure.1.3.e).

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 (figure.1.3.c).

2.2.4 Les propriétés et problématiques des réseaux de véhicule

Ce type de réseau n'est autre qu'une application dédiée et spécifique des réseaux ad hoc mobiles. Cependant, les travaux de recherche étudiés et réalisés dans le domaine des MANETs ne peuvent pas être directement appliqués dans le contexte des réseaux de véhicules à cause de leurs spécificités [3].

Voici quelques propriétés et challenges qui distinguent les réseaux de véhicules :

La capacité de traitement, d'énergie et de communication : Le matériel que l'on peut embarquer dans une voiture est très différentes des terminaux mobiles qui ont des contraintes de taille et de poids. On peut

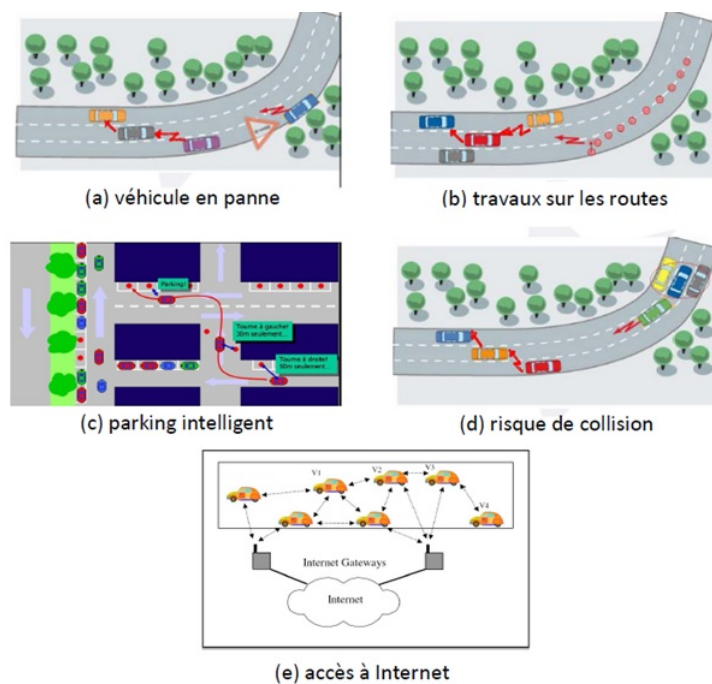


FIGURE 2.3 – Applications des réseaux de véhicule [2].

aussi par exemple embarquer plusieurs interfaces de communication (Wi-Fi, WiMax et Bluetooth).

L'environnement de déplacement et modèle de mobilité : Les environnements dans les réseaux ad hoc sont souvent limités à des espaces ouverts. Les déplacements des véhicules, quant à eux, sont liés aux infrastructures routières (routes, autoroutes). Les trajectoires peuvent donc être prédictibles et l'environnement peut être urbain, rural ou autoroutier. Les contraintes imposées par ce type d'environnement, à savoir les obstacles et interférence radio, affectent le modèle de mobilité et la qualité des transmissions radio. Les protocoles est solutions doivent donc prendre en compte ces spécificités.

Le type de l'information transportée et diffusion : L'une des applications clés des réseaux de véhicules étant la prévention et la sécurité routière, l'information est destinée à un ensemble de véhicules généralement proches et limitée à une zone géographique.

La topologie du réseau et connectivité : À la différence des réseaux ad hoc, les réseaux VANET sont caractérisés par une forte mobilité, liée à la vitesse des véhicules, en particulier sur autoroute. Un nœud peut rejoindre le réseau et le quitter en un temps très court, ce qui rend les changements de topologie très fréquents. Un des problèmes fréquents est le partitionnement ou la fragmentation du réseau, en particulier lors de la phase de déploiement de la technologie. Par ailleurs, les problématiques de passage à l'échelle doivent être prises en compte dans les solutions car le réseau peut devenir gigantesque (en France en 1998, il y avait 2,1 habitants par voiture).

La sécurité et anonymat 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. Un mécanisme d'anonymat doit pouvoir assurer le respect de la vie privée.

2.3 Les standards de communication pour les VANETs

L'introduction de l'intelligence dans le domaine de l'automobile vise à améliorer le quotidien des passagers et conducteurs. Les applications sont innombrables et vont du confort à la sécurité en passant par le divertissement et les services. Tous ces concepts sont l'objet d'intérêt de ce qui est appelé "ITS".

L'idée est d'introduire un certain niveau d'intelligence dans les véhicules en les dotant de capteurs, d'actionneurs et d'unités de traitement. À ce niveau, on parle d'intelligence embarquée locale. Afin de construire une vision globale de tout le trafic et de l'environnement, les véhicules dotés d'intelligence doivent s'échanger des informations. En se basant sur plusieurs vues locales, une vue globale peut être construite par le biais d'échange d'informations. Plusieurs normes et techniques de communications sans fils ont été introduites comme 802.11p et des plages de fréquences ont été dédiées pour la communication véhiculaire comme la communication dédiée à faible portée DSRC (Dedicated Short Range Communication), accès sans fils dans les environnements véhiculaires (En anglais, Wireless Access in Vehicular environment (WAVE)).

Les compagnies industrielles et organismes internationaux s'intéressent au développement de nouveaux protocoles réseaux et standards de communication pour les applications ITS. Plusieurs initiatives ont été proposées tel que WAVE introduite par l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engi-

neers). Cette initiative vise à étendre la famille de protocoles 802.11 pour développer un protocole adapté aux applications ITS. L'organisation internationale de standardisation (ISO) a lancé un standard se basant sur Internet Protocol version 6 (IPV6) pour la communication véhiculaire, Communications Access for Land Mobiles (CALM). D'autres solutions pour le support de la mobilité ont été introduites tel que Mobile IP [iii] et NEMO (Network Mobility) proposés par l'IETF (Internet Engineering Task Force) [1].

2.3.1 Le DSRC (Dedicated Short Range Communication)

Une bande de fréquences dédiées aux communications dans les ITS a été attribué dans différentes régions du monde. DSRC (Dedicated Short Range Communication) œuvre dans la bande de fréquence des 5.9 GHz aux États-Unis et en Europe. Ces bandes de fréquences sont définies respectivement par le FCC (Federal Communication Commission) et par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Le Japon utilise la bande de fréquence 5.8GHz.

DSRC s'étend sur la bande de fréquence [5.850GHz, 5.925GHz] (75MHz) pour soutenir la communication de courte et de moyenne portée (entre 300 et 1000 m) avec un taux de transfert de données allant de 3 à 27Mbps. Cette bande de fréquence est segmentée en 7 canaux de 10 MHz chacun avec les premiers 5Mhz utilisée comme intervalle de garde. L'ensemble des canaux se répartissent en un canal de contrôle (CCH) et six canaux de service (SCH). Le canal de contrôle est réservé à la transmission des messages de gestion du réseau et aux messages de très haute priorité tels que les messages critiques liés à la sécurité routière. Les six autres canaux sont quant à eux dédiés à la transmission des données des différents services annoncés sur le canal de contrôle. Le spectre DSRC est partagé entre les voitures (OBU : On-Board Unit) et les points d'infrastructure (RSU : Road-Side unit) dans un espace donné. Avec ce partage une interférence est possible entre un nœud qui émet et un autre qui écoute. Deux types d'interférences sont identifiées ; interférence co-canal (si les deux nœuds utilisent le même canal), l'interférence entre deux canaux (si les deux nœuds sont dans deux canaux différents mais qui sont spectralement proche). Le problème d'interférence a amené le FCC à réguler les puissances d'émissions des équipements DSRC comme moyen de contrôler des deux types d'interférences.

Un dispositif WAVE peut établir un WBSS (WAVE Basic Service Set) dans SCH et l'annoncer dans CCH. Un WBSS consiste en ressources en temps et fréquences du canal qui seront réservées pour un service donné. Si

une application n'utilise pas un WBSS, elle peut seulement communiquer avec WSMP (WAVE Short Message Protocol) dans le CCH. Sinon, les applications qui emploient un WBSS peuvent communiquer avec WSMP ou IP dans le SCH associé à ce WBSS. WSMP est utilisé dans les canaux de service et de contrôle, il est limité à 1400 octets et utilisé seulement par les dispositifs qui supportent WAVE. IPv6 est utilisé dans les canaux de service seulement, il permet l'accès aux applications génériques et au réseau global. Le format du paquet IEEE 802.11p est le même que le standard IEEE802.11a. La nouveauté consiste dans le format de message WSMP.

Pour la gestion de la priorité d'accès au niveau MAC (Media Access Control), les messages sont rangés dans quatre classes d'accès différentes (Access Classes AC). Chaque AC a sa propre priorité et contient une file d'attente. Lorsqu'un paquet arrive, il sera ajouté à la file qui correspond à sa priorité afin d'initier le processus de contention pour l'accès au canal. Le temps d'attente minimal dans une file est déterminé par les paramètres de contention.

2.3.2 Les standards WAVE/IEEE 802.11p

Depuis l'année 2003 l'organisme IEEE a entrepris des travaux pour définir un nouveau standard dédié aux communications dans la bande DSRC. Ce standard connu sous le nom d'IEEE 802.11p/WAVE utilise le concept de multicanaux afin d'assurer les communications pour les applications de sécurité et les autres services ITS. Ce protocole répond à un manque d'homogénéité entre les manufacturiers automobiles et fournit un support suffisant pour l'organisation des fonctions de gestion et mode d'opération pour la communication véhiculaire. WAVE fournit un ensemble de services et d'interfaces qui collectivement permettent d'assurer une communication V2V ou V2I sécuritaire.

Le protocole WAVE se base sur la famille des protocoles IEEE1609 [iv] pour opérer dans la bande DSRC. Cette pile protocolaire est formée de quatre standards en période d'essai et deux qui n'ont pas encore été publiés :

IEEE P1609.0 WAVE Architecture, décrit l'architecture WAVE et les services nécessaires pour que les équipements DSRC/WAVE puissent communiquer dans un environnement véhiculaire.

IEEE 1609.1-2006 WAVE Resource Manager, pour la gestion des ressources au niveau des trois couches supérieures du modèle ISO. Il décrit les services de gestion et de données offerts dans l'architecture WAVE. Il définit

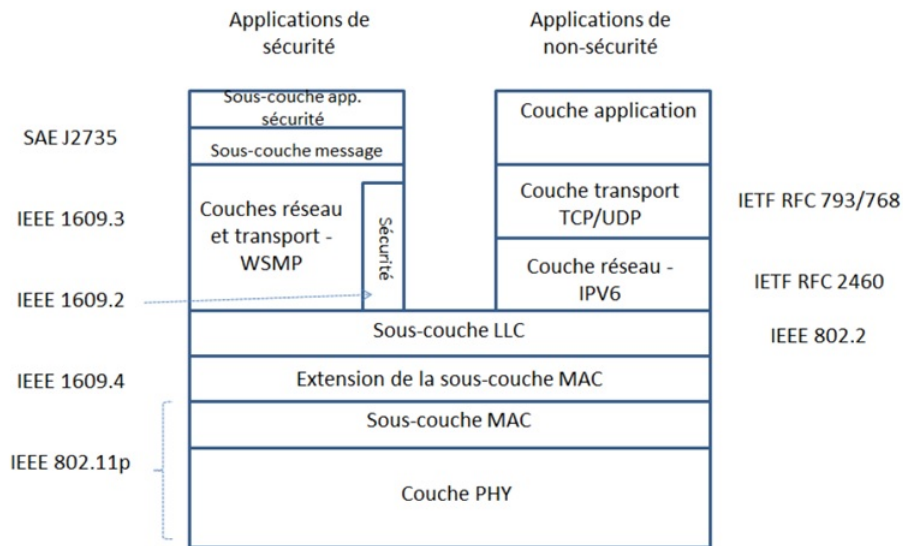


FIGURE 2.4 – L’architecture WAVE en couche de DSRC [1].

le format des messages de commandes et la réponse appropriée à ces derniers, formats de stockage des données utilisés par les applications pour communiquer entre les composantes de l’architecture, et le format des messages de statuts et de requête.

IEEE 1609.2-2006 WAVE Security Services for Applications and Management Messages, pour la transmission et le traitement sécurisé des messages, au niveau de la couche transport. Il définit aussi les circonstances de l’utilisation d’un échange sécurisé et comment ces messages doivent être traités selon le but de l’échange.

IEEE 1609.3-2006 WAVE Networking Services, définit les services de niveau de la couche réseau et transport incluant l’adressage et le routage pour le support d’échange de données sécurisé. Il définit aussi le Wave Short Messages (WSM), fournissant une alternative à IPV6 efficace spécifique à WAVE qui peut être directement supportée par les applications. En plus, ce standard définit le Management Information Base (MIB) pour la pile de protocole WAVE.

IEEE 1609.4-2006 WAVE Multi-Channel Operations, fournit une amélioration de la couche Medium Access Control (MAC) 802.11 afin de supporter les opérations de WAVE ; la coordination et la gestion des sept canaux dans

la bande DSRC et gestion des files d'attentes et de l'ordre de priorité de l'accès au médium.

IEEE P1609.11 Over-the-Air Data Exchange Protocol for ITS définit les services et le format de messages sécurisé pour le support du paiement électronique sécurisé.

IEEE 802.11p est le protocole sur lequel s'appuie WAVE au niveau de la couche MAC et la couche physique. Au niveau de la couche MAC, le 802.11p est basé sur CSMA/CA également comme le protocole 802.11a. Les extensions de 802.11p MAC concernent la gestion de la priorité des messages pour mieux gérer les applications sensibles au retard. Au niveau de la couche physique à 5,9GHz, IEEE 802.11p emploie OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) de manière similaire à IEEE802.11a, mais avec des canaux de 10MHz.

2.4 L'accès au canal dans les VANET

La caractéristique de la mobilité des nœuds (véhicules) exige des connexions limitées entre les véhicules et les différents types d'infrastructures, tels que les installations d'interne et de péage. Le fait que l'occupant d'un véhicule est muni d'un téléphone mobile avec une connexion de données à un service de téléphonie cellulaire, l'utilisateur peut accéder à Internet à partir de l'intérieur du véhicule. Les véhicules récents sont équipés de la connectivité de téléphone mobile intégré et aussi des différents services tel que l'accès à Internet et l'infrastructure de collecte de péage électronique (ETC : electronic toll collection).

Les VANETs qui ont été développés en utilisant les technologies existantes (par exemple, les téléphones cellulaires ou Wi-Fi) ne sont pas solide et fiable contre la mobilité inhérente des véhicules. La faible largeur de bande et la courte portée fournie par ETC restreint et limite sa capacité à accueillir les différentes applications de VANET.

Les applications à infrastructure envisagées pour VANET exigent une association rapide et une communication infrastructure indépendante.

L'un des plus grands défis dans la prise de VANET est le temps nécessaire pour établir des connexions entre les véhicules, ou entre les véhicules et les infrastructures, ainsi que les retards encourus au cours de la gestion de l'accès au support sans fil. Le problème est plus visible dans le scénario où deux voitures circulant dans des directions opposées, et ils ont besoin de transférer des informations sur le support, tout en gérant le support et

l'accompagnement des collisions de données. Le goulot d'étranglement dans ce processus est la couche MAC.

Plusieurs défis de conception doivent encore être abordés au niveau MAC pour obtenir un accès rapide, fiable et équitable [4].

2.4.1 Les défis de la couche MAC des VANETs

Plusieurs défis de conception doivent être abordés au niveau de la couche MAC, on va présenter quelques défis qui doivent être pris en considération comme :

Le problème de la station cachée : Deux véhicules A et C sont à l'extérieur de portée l'une de l'autre, mais ils sont en communication avec un véhicule B qu'est dans la portée de ses deux véhicules, ce problème est très courant dans les réseaux VANETs ou il n'y a pas de communication centralisée, ce problème cause une collision de message

La topologie dynamique de VANETs : La mobilité des véhicules donne une topologie dynamique, c'est-à-dire n'est pas fixe, les conditions et les positions des véhicules changent d'un instant à l'autre donc les fréquences et les retards de propagation d'un canal pourraient varier de façon significative.

Les performances des VANETs : Ils doivent être scalables, fiables et évolutives afin d'assurer la performance du réseau dans les densités hautes et basses véhicules.

Des exigences multiples : Les différentes applications prévues pour les VANETs, se traduisent par des exigences complètement différentes sur le système.

Le MAC devrait être robuste : Surtout contre les déconnexions fréquentes entre les nœuds, ce qui pourrait se produire en raison de la nature hautement mobile et variable de VANETs. Les nœuds dans un VANET sont les véhicules, qui sont par nature mobile, le MAC doit s'adapter aux déconnexions et hand-offs fréquentes avec les OBU et les RSUs. En plus, la détection de collision n'est pas simple par ce que l'émetteurs-récepteurs sans fil ne peuvent pas transmettre et recevoir simultanément.

l'équité : La couche MAC doit garantir l'équité entre toutes les stations qui partagent le support sans fil et d'offrir un accès prévisible au support partagé.

La coordination : Pour la communication entre véhicules (Véhicule à Véhicule), qui sont hors de portée d'une RSU, est la coordination de la communication sur les canaux disponibles. Dans les situations pures véhicule à véhicule, pas de coordination centrale disponible pour gérer et coordonner l'accès aux canaux alloués.

Les principaux défis consistent à déterminer qui prend le contrôle de la coordination de l'accès au support sur une base adhoc, et comment les créneaux horaires et les canaux sont partagés équitablement entre les véhicules.

Chapitre 3

Contribution

3.1 Taxonomie : Etude sur les techniques d'accès au canal basé sur le TDMA

L'une des méthodes de contrôle d'accès au support physique (MAC) des VANETs est le TDMA (Time Division Multiple Access), elle consiste à résoudre les collisions cachées par la division de signal en différentes échelles de temps appelé trames, chaque échelle de temps est divisée en N slots, pour assurer que tous les véhicules ont assez de temps pour envoyer des messages. Différents protocoles MAC à base de TDMA ont été proposés récemment pour les vanets comme : ADHOC-MAC, VeSOMAC, STDMA, MACDensNET, VeMAC, TC-MAC et DATS. Dans ce chapitre on va comparer ces protocoles selon des critères précis qui seront présenté ci-après.

3.1.1 Critères de comparaison

Pour attribuer les slots TDMA aux véhicules, une variété de solution et de protocoles ont été proposées, ils sont classés en fonction de deux critères qui sont la technique de signalisation et l'emplacement de signalisation :

A. La technique de signalisation

cette technique détermine la façon de synchronisation entre les véhicules, elle put être l'une des trois techniques suivantes :

La technique « in-band » : Ajoute un entête au paquet envoyé comme une information de contrôle, en échangeant le paquet et en consultant cet entête de l'expéditeur, un véhicule peut connaître l'état des slots de l'entourage

et il réserve un slot libre.

La technique « out-of-band » : Utilise généralement deux phases, la phase d'attribution des slots où les véhicules échangent des paquets de contrôle entre eux pour réserver un slot. Une fois les slots sont affectés, la deuxième phase de transmission de paquet aura lieu lors de chaque véhicule transmet son paquet dans son propre slot.

La technique « listening » : Consiste d'écouter les activités de canal pendant une trame du temps, en fonction des positions GPS des voisins, le véhicule détermine sa propre carte des slots et choisit un slot libre.

B. L'emplacement de la signalisation

peut-être centralisé ou distribué :

Centraliser : quand un nœud élu assure le processus d'attribution.

Distribuer : quand tous les véhicules attribuent les slots en collaboration et en utilisant l'une des techniques de signalisation précédentes.

3.1.2 Les protocoles TDMA proposés

Dans cette partie nous allons présenter les protocoles TDMA proposés dans la littérature et nous allons les comparés selon les critères qui nous avons définies si-dessus.

A. Le protocole ADHOC-MAC

Le protocole Adhoc-MAC est conçu d'une façon que les terminaux peuvent être regroupés en cluster. Les terminaux d'un cluster sont dans la portée radio les uns les autres.

Un tel cluster est défini comme étant un saut (On-Hop « OH »), et on suppose que les terminaux appartenant à des clusters différentes ne peuvent pas communiquer entre eux au niveau de la couche physique.

L'union des OH-clusters ayant un sous-ensemble commun (terminaux) est appelé un Tow-Hop (TH) cluster, les terminaux de sous-ensembles communs, génèrent le problème de "stations caché" dans lequel les transmissions de deux terminaux qui ne voient pas l'un l'autre (caché).

Le protocole ADHOC-MAC fonctionne sur le principe de division de temps à des slots (Slotting). Le mécanisme d'accès du l'ADHOC-MAC peut

être classé comme TDMA dynamique et les canaux sont affectés aux terminaux en fonction de leur besoins. Un protocole capable de parvenir à un partage dynamique des canaux appelé « Reservation ALOHA (R-ALOHA) ». Avec R-ALOHA, la transmission est utilisée pour accéder à un slot disponible, si la transmission est considérée comme réussie, le slot sera réservé pour ce terminal et ne sera plus être accessible par d'autres terminaux jusqu'à ce que le canal sera libéré.

Pour mettre en œuvre un TDMA dynamique, ils ont élaboré un nouveau protocole, le protocole Reliable R-ALOHA (RR-ALOHA), en transmettant des informations supplémentaires, appelé (Frame information « FI »), n'importe quel terminal peut connaître l'état (disponible ou réservé) de chaque slot [5].

B. Le protocole VEMAC

Le protocole VEMAC met en œuvre un mécanisme TDMA capable de fournir un accès rapide et des canaux fiables pour le trafic de messages pour VANET. VEMAC consiste en un ensemble d'équipements de route « RSUs » et un ensemble de véhicules se déplaçant dans des directions opposées sur les routes à deux voies. Chaque trame est divisée en trois ensembles de slot de temps : L (Left), R (Right), et F (RSU), L et R sont réservés aux véhicules des deux voies de la route, et F est pour les RSUs.

Sur le canal de contrôle, il est distribué et complètement basée sur ADHOC MAC. Pour obtenir les informations d'attribution des slots dans la zone de conflit, chaque nœud recueille les messages d'informations (FI) transmis par ses voisins. Sur le canal de service, l'attribution de slot de temps aux véhicules s'effectue par les fournisseurs d'une manière centralisée [6].

Exemple. Si un véhicule A aura accès au canal, d'abord, il recueille les informations de ces voisins et sélectionne au hasard un slot de temps disponible de L ou R. S'il affirme pour un slot x, il va diffuser des paquets de FI contenant le message affirmant le choix du slot x. Il sera alors en attente de confirmation de ses voisins. Si tout FI reçu par le véhicule A dans cette période contient « slot x est occupé par le nœud A », alors la réservation du slot x est réussie et ce slot appartient au véhicule A jusqu'à ce qu'il sera libre, autrement, le véhicule A doit rivaliser pour un autre slot.

C. Le protocole DATS

Dans le DATS, chaque nœud diffuse périodiquement les messages de base (FI) contenant l'emplacement, la vitesse, la direction, le slot, etc. Le nœud

sait les informations de base de ses voisins par les FI reçu. Il peut ajuster le slot gauche et droit en fonction du nombre de voisins sur la gauche ou la droite.

Le protocole DATS offre un accès au canal dynamique et décentralisé pour tous les nœuds dans le VANET. L'idée principale est de prendre la direction et l'emplacement des nœuds pour décider quel slot devrait être occupé par les nœuds actuels et ajuster le ratio de slot et la longueur de trame en fonction de la densité des nœuds.

Lorsqu'un nœud veut accéder au réseau, il détermine d'abord si le slot de temps actuelle appartient à l'ensemble L ou R, grâce à l'information de localisation fourni par le système GPS (Global Positioning System), puis il écoute le canal pour une période de temps pour collecter les informations des voisins à deux-sauts. Puis il détermine un ensemble de slots libre selon les informations d'emplacement des voisins à deux-saut, puis il sélectionne un slot disponible [7].

D. Le protocole STDMA

STDMA est un système décentralisé où les membres du réseau eux-mêmes sont responsables de partager le canal de communication. La synchronisation entre les nœuds se fait grâce à un GPS. L'algorithme MAC exige que tous les nœuds du réseau envoient régulièrement des messages contenant des informations sur leur propre position. L'algorithme de STDMA utilisera cette information de position lors du choix du slot de transmission dans la trame. Tous les membres du réseau commencent par déterminer le nombre de messages de position qui sera envoyé pendant une trame, qui se traduit par le nombre de slots nécessaires dans chaque trame. Quand un nœud est allumé, il suivra quatre phases différentes sont : initialisation, entrer au réseau, premier trame, et opération continue [8].

E. Le protocole VeSOMAC

Le protocole d'auto-organisation (self-organizing) MAC (VeSOMAC) est distribué avec une conception de reconfiguration rapide pour faire face aux changements de topologie des véhicules. Avec la conception distribuée, le MAC ne dépend pas de l'infrastructure routière ou un ordonnanceurs virtuels tels que les véhicules leader. Cette autonomie d'allocation, couplée avec l'ajout d'un tableau appelé « bitmap », contenant la réservation des slot, au message de balise (hello message), donc le VeSOMAC utilise le mécanisme de signalisation « in-band » [9].

F. Le protocole MAC DensNet

Notre protocole est particulièrement efficace dans des réseaux denses où le retard de transmission augmente de façon linéaire avec le nombre de véhicules. L'idée est de partitionner le réseau en clusters, puis au sein de chaque cluster utiliser un algorithme d'ordonnancement à base TDMA. Pour éviter les interférences entre les clusters, un calendrier « attente / transmission » est appliquée dans chaque cluster par un nœud élu Cluster Head (CH). Ce calendrier est synchronisé avec les calendriers des clusters adjacents par les nœuds de passerelle qui sont les nœuds situés dans la zone des deux clusters adjacents [10].

G. Le protocole VMAC

Dans VMAC, chaque voiture est synchronisée par le système de navigation GPS. VMAC est essentiellement similaire à la fonction de coordination distribuée du protocole 802.11. Il diffère seulement en termes de deux facteurs. Le premier est le contrôle de résolution de conflit pour ajuster le nombre de contention par unité de temps. Le second est le contrôle de transmission, ce qui rend VMAC fonctionne comme TDMA et CSMA en modifiant quand et comment sélectionner une fenêtre de contention avant de transmettre un paquet. Grâce à ces modifications, quelques nœuds sont autorisés à concourir pour accéder au canal sans fil, en leur donnant une grande priorité que les autres nœuds, qui met en œuvre l'idée principale de VMAC, réduisant le nombre de prétendants à un slot donné [11].

H. Le protocole TC-MAC

Le protocole TC-MAC est proposé comme une nouvelle technique d'attribution des slots avec TDMA pour les clusters basé sur les VANETs. TC-MAC, permettra aux véhicules d'échanger des messages d'alertes avec un niveau de fiabilité élevé. Dans cette technique, les communications sans collision entre les clusters sont gérées d'une façon centralisée par un nœud élu (CH) en utilisant le TDMA [12].

I. Le protocole OSTR MAC

L'OSTR est un protocole avec des plannings de transmissions dans un environnement divisé en slot. Il est dynamique et distribué qui fonctionne sur un canal à une seule fréquence de transmission. Le temps est organisé dans des trames, chacune est composée de deux sous-trames. Une sous-trame de contrôle, où l'accès au canal suit un schéma d'accès CSMA/CA (Carrier

Sense Multiple Access/Collision Avoidance), et une sous-trame de DATA. La sous-trame de contrôle permet de gérer les nouvelles demandes des véhicules entrants et de résoudre les conflits de slot. Durant la sous-trame de DATA, chaque nœud envoie des paquets de données dans son slot réservé. l'OSTR est un protocole basé sur la topologie, où l'information des voisins à deux-sauts contrôle l'affectation des slots. C'est aussi un protocole basé sur la réservation, où un mécanisme de réservation est déployé pour attribuer les slots aux véhicules dans le réseau [13].

3.1.3 Le tableau comparative

Une comparaison entre les protocoles TDMA proposés est présentée dans la table.2.1 .

TABLE 3.1 – La comparaison entre les protocoles TDMA proposés

	Signalisation	L'emplacement de signalisation
ADHOC-MAC [2004]	In-band	Distribuer
VeMAC [2012]	In-band	Distribuer
DATS [2013]	In-band	Distribuer
STDMA [2009]	Listening	Distribuer
VeSOMAC [2007]	In-band	Distribuer
MAC DensNet [2010]	Out-of-band	Centraliser
VMAC [2012]	Out-of-band	Distribuer
TC-MAC [2012]	Out-of-band	Centraliser
OSTR [2011]	In-band	Distribuer

3.2 Proposition : L'allocation des slots d'une façon distribuée avec le D-TDMA

3.2.1 Motivation

Lorsque la couche application génère des messages, surtout si elle est générée à partir d'une application de sécurité, le MAC doit les envoyer rapidement que possible. la technique in-band fournit une allocation particulièrement adapté pour les applications des réseaux véhiculaire où la topologie du réseau change fréquemment et rapidement [14].

3.2.2 Problématique

Dans les deux schémas présentés dans la figure 3.1 (Adhoc-MAC FI packet et VeSOMAC Hello packet) ci-dessus, la taille de l'entête est un paramètre de conception, Cela nous amène à une surcharge globale lourde quand il est conçu pour une capacité totale du réseau.

3.2.3 L'objectif de Notre solution

La solution proposée dans cette contribution a le potentiel de surmonter l'inconvénient de la technique de signalisation in-band, visant à concevoir un système d'attribution des slots distribué efficace en utilisant une entête de contrôle d'une petite taille comme présenté dans la figure 3.1, la proposition est appelée D-TDMA (Dynamic TDMA).

Comme il est présenté dans la figure.3.1, la taille de l'entête générée par le protocole ADHOC-MAC et VeSOMAC égale à la taille du réseau, par contre, le cas de D-TDMA où l'entête est la petite et fixée quelle que soit la taille du réseau.

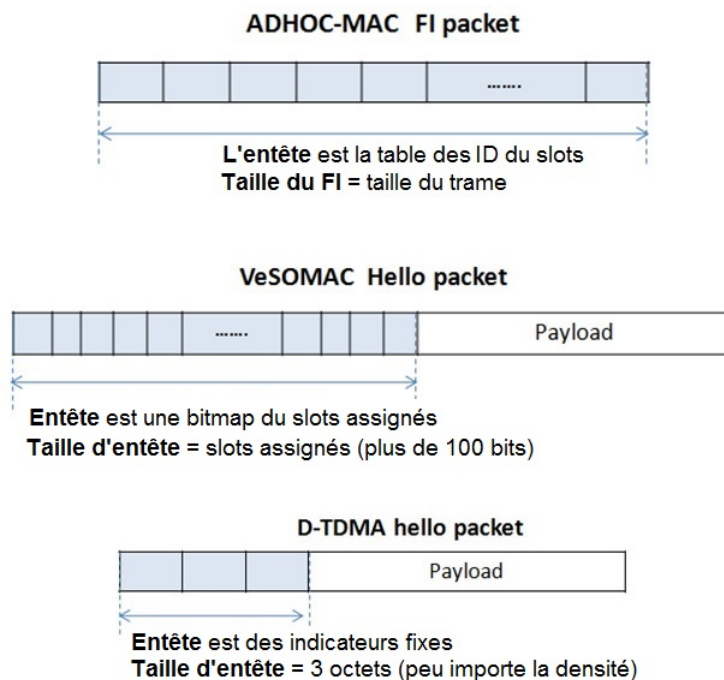


FIGURE 3.1 – Comparaison entre les paquets de contrôle des protocoles ADHOC-MAC, VeSOMAC et D-TDMA en terme de Overhead généré.

3.2.4 Le protocole D-TDMA

2.2.4.1 Le contexte 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 .

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

Ils peuvent être regroupés en groupes physiques, désignés par pg , dans lequel tous peuvent entendre l'autre avec une communication one-hop, comme il est défini dans (Fig.3.2) :

$$PG = \{pg \in \rho(V) \mid \forall v, v' \in pg : v \in \text{Porté}(v') \text{ et } v' \in \text{Porté}(v)\}$$

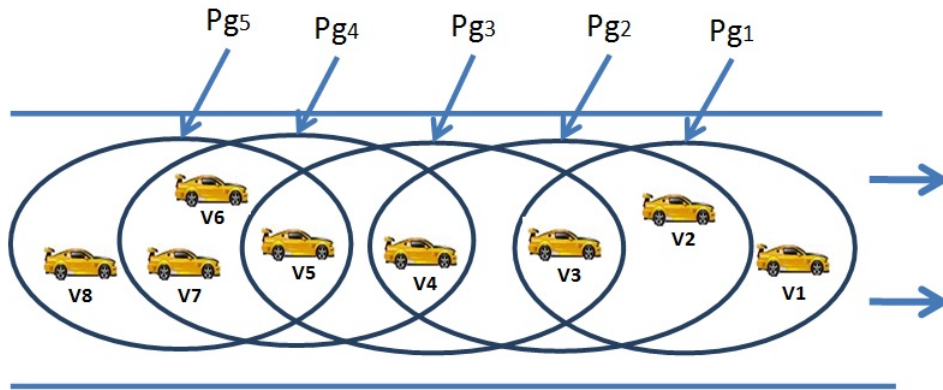


FIGURE 3.2 – Véhicules en route partitionnés sur le cluster physique.

Le système fonctionne sur un canal de temps divisé en slots où ils forment des trames virtuels, de sorte que les véhicules doivent partager les mêmes frontières.

Les slots sont divisées en deux séries de temps, l'un est le temps de garde "guard time" qui assurent la compétition entre les véhicules pour un slots donné en utilisant le mode CSMA, et l'autre est le temps de transmission "transmission time" où le paquet peut être transmis, comme il est montré dans la Fig.3.3.

Les véhicules sont équipés de récepteurs GPS pour être en mesure de déterminer leur position, la direction de déplacement et la synchronisation entre elles sont utilisées avec le signal 1PPS (Pulse Per Second) $[v]$ qui est généré par le GPS.

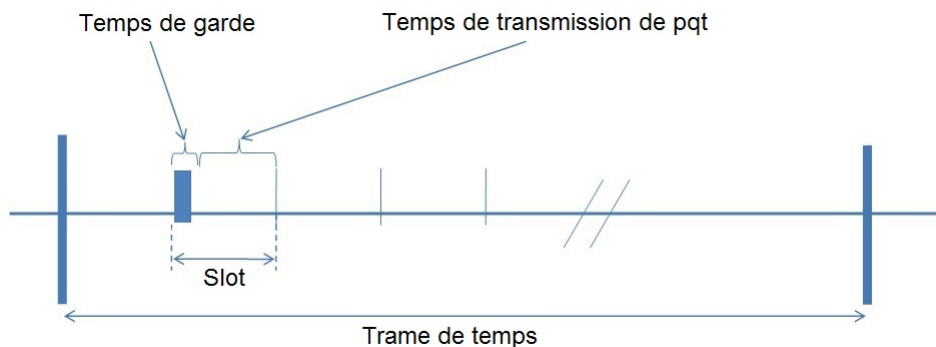


FIGURE 3.3 – Le partitionnement des trames et des slots.

2.2.4.2 L'idée principale

Le protocole D-TDMA est un mécanisme d'accès TDMA distribué où sa contribution principale est la répartition des slots de manière distribuée. Tous les véhicules ont leurs listes des voisins (LN), à la fin de chaque trame ils analysent leurs listes pour allouer un slot libre pour être utilisé de manière autonome dans la trame suivante, après ils effacent les listes et le processus sera répété à nouveau, comme représenté sur la Fig.3.5. Ce mécanisme est assuré par concept appelée (cross layer design) assuré par la collaboration entre une couche supérieure et la couche MAC, comme représenté sur la Fig.3.4.

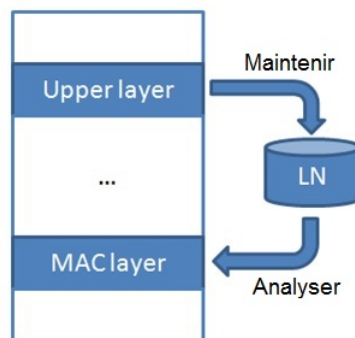


FIGURE 3.4 – Un design cross layer entre une couche supérieure (Upper layer) et la couche MAC.

Les slots libres sont ceux qui ne sont pas utilisés par les voisins de deux sauts, donc après l'attribution d'un slot libre, il est possible que les véhicules, qui n'entendent pas encore les uns les autres, choisissent le même slot de temps. Voilà pourquoi le temps de garde est utilisé, avant toute transmis-

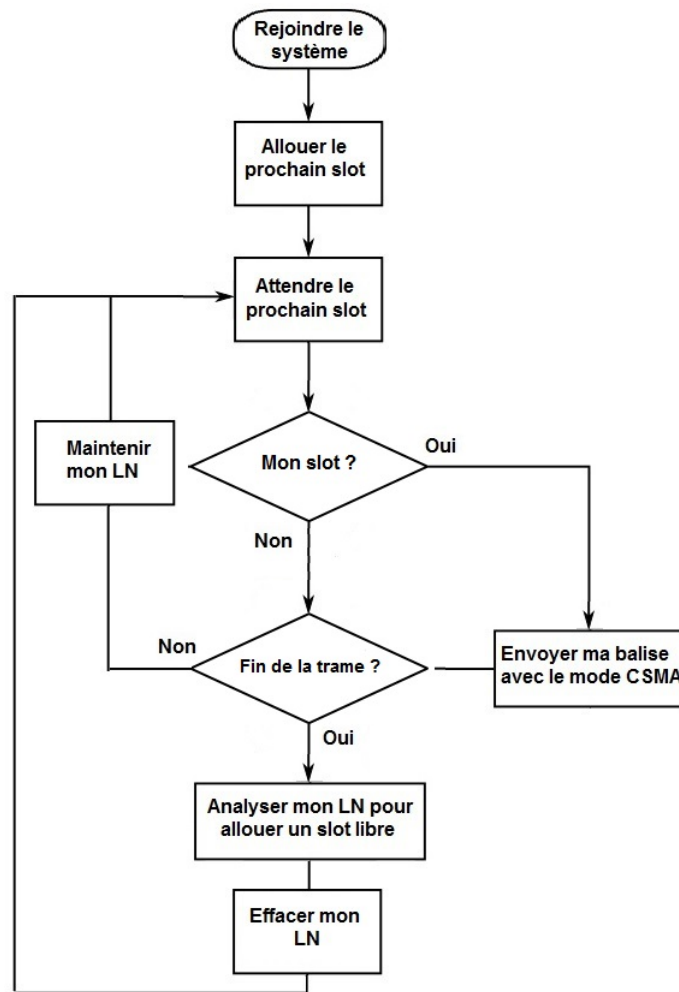


FIGURE 3.5 – Le diagramme de D-TDMA.

sion, pour permettre une concurrence entre les véhicules pour cette tranche de temps en utilisant le mode CSMA, et de minimiser le risque de collisions émergents causés par la forte mobilité. Cependant, à cause de cela, la collision peut être se produire si deux ou plusieurs véhicules sélectionnent le même back-off [15], alors ils essaient d'obtenir un autre dans la trame suivante, jusqu'à ce qu'une transmission est réussite, dans ce cas, le véhicule transmetteur sera ajouté dans le LN de leurs voisins, donc la concurrence pour son slot de temps est éliminée, jusqu'à ce qu'une collision émergente aura lieu à causer de l'arriver d'un nouveau véhicule. L'affectation de slot est ordonnée en fonction des positions des véhicules à l'exception du cas des slots de temps réutilisés, comme il est montre dans la figure.3.6 :

$\forall pg \in PG, \forall v, v' \in pg:$

$pos(v) > pos(v') \Rightarrow slot(v) < slot(v')$
si aucune réutilisation des slots

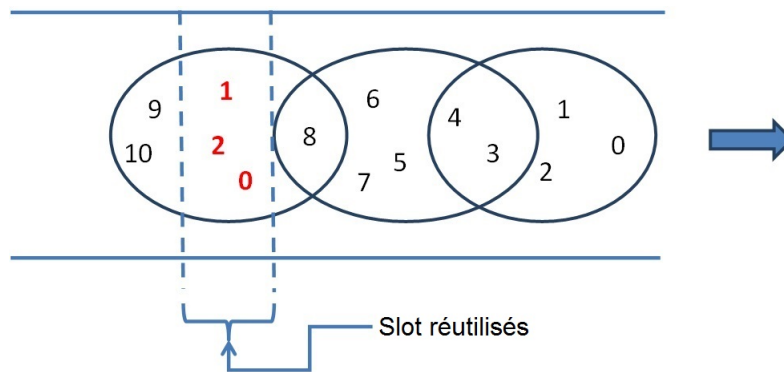


FIGURE 3.6 – L’affectation des slots.

À la fin de chaque trame les véhicules analysent leur LN afin d’en extraire un slot de temps libre pour être utilisé dans la trame suivante, puis ils les effacent pour répéter le processus. Pour allouer et réutiliser les slots de temps grâce à une connexion de plusieurs groupes physiques, il est essentiel à chaque véhicule de savoir la carte des slots de voisinage. Pour cela, chaque véhicule ajoute un en-tête supplémentaire pour le message HELLO permettant à ceux en derrière d’extraire la carte des slots, Il n’est pas nécessaire de transmettre la liste de tous les voisins tel qu’il est utilisé dans certaines techniques de signalisation in-band. Comme indiqué dans fig.3.7, l’en-tête supplémentaire ne contient que trois domaines :

1. MySlot.
2. Minimum des slots caché (Min-HS).
3. Maximum des slots caché (Max-HS).

Payload	MySlot	Min_HS	Max_HS
---------	--------	--------	--------

FIGURE 3.7 – Le format de message HELLO.

2.2.4.2.1 L’extraction du carte des slots : Chaque véhicule doit savoir la carte des slots du voisinage extrait de la liste des voisins. La carte des slots contient : les slots de voisinage en avant (NAS, Neighbor Ahead Slots),

les slots caché en avant (HAS, Hidden Ahead Slots), les slots caché en deux sauts en avant (THHS, Two Hops Hidden Slots), et les slots disponibles (AS, Available Slots) qui peuvent être réutilisés, tel que présenté dans fig.3.8 et fig.3.9

- **Les slots de voisinage en avant (NAS) :** Les NAS (Neighbor Ahead Slots) sont les slots qui sont présentés dans la liste des voisins en avant de chaque véhicule :

$$NAS_{F_j}(x) = \{s \in FS \mid s \in UsedSlot_{F_j}(NA(x))\}$$

Où NA (x) représente les voisins en avant du véhicule x.
Et FS représente les slots de la trame actuelle.

- **Les slots caché en avant (HAS) :** Le HAS (Hidden Ahead Slots), du véhicule x sont ceux manqués dans sa liste de voisins en avant, Fig.2.8 et Fig.2.9 :

$$HAS_{F_j}(x) = \{s \in FS \mid s \notin NAS_{F_j}(x)\}$$

Depuis cette liste, le véhicule x extrait les deux variables <Min-HS> et <Max-HS> qui peut représenter l'ensemble de la liste HAS, qui est la cause pour ordonner les slots.

- **Les slots caché en deux sauts en avant (THHS) :** Chaque véhicule x peut extrait les THHS (Two Hops Hidden Slots), depuis le véhicule le éloigné en avant, qui joue le rôle de routeur pour ses voisins, il leur donne une vue sur les THHS comme indiqué sur Fig.2.8 et Fig.2.9.

$$THHS_{F_j}(x) = \{s \in FS \mid s \in HS_{F_j}(farthest(x))\}$$

Pour cela, Il n'est pas nécessaire d'échanger l'ensemble de la liste des slots cachés. L'idée est d'utiliser seulement deux champs <min-HS> et <Max-HS> envoyé par chaque véhicule, tel que présenter dans fig.2.8. Donc THHS de x peut être écrit avec une autre façon comme suit :

$$HS_{F_j}(farthest(x)) = \{s \in FS \mid farthest(x).min_HS \leq s < farthest(x).Max_HS\}$$

- **Les Slots disponibles (AS) :** Le AS (Available Slots) de chaque véhicule x sont les THHS qui ne sont pas utilisés par les voisins de l'avant, tel que représenté dans la suite :

$$AS_{F_j}(x) = \{s \in FS \mid s \in THHS_{F_j}(x)/NAS_{F_j}(x)\}$$

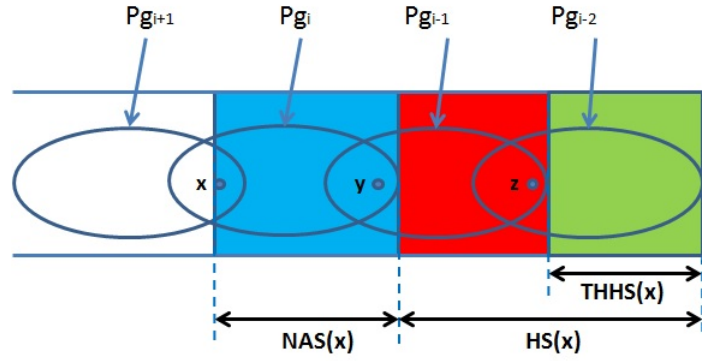


FIGURE 3.8 – La carte des slots du véhicule x.

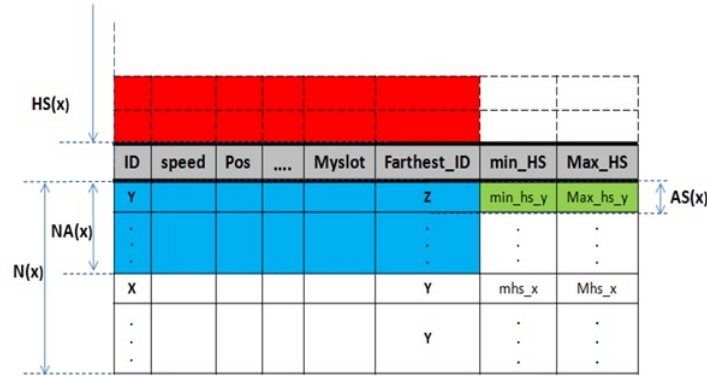


FIGURE 3.9 – La liste des voisins de véhicule x.

2.2.4.2.2 Le processus d'attribution des slots : À la fin de la trame actuelle F_j , chaque véhicule vérifie sa propre liste des slots disponibles $AS(x)$ au niveau de trame F_j pour sélectionner le minimum pour être utilisé dans la trame suivante F_{j+1} , mais si elle est vide, il sélectionne le slot après le maximum de slot du son voisin direct mis $NAS(x)$.

$$Slot_{F_{j+1}}(x) = \begin{cases} \text{Min}(AS_{F_{j-1}}(x)) & \text{if } AS_{F_{j-1}}(x) \neq \emptyset \\ \text{Max}(NAS_{F_{j-1}}(x)) + 1 & \text{if else} \end{cases}$$

3.3 Simulation et Analyse

3.3.1 Les expérimentations de simulation

Dans cette partie, nous allons comparer la performance Du Protocole proposé ci-dessus, le D-TDMA, avec la technique CSMA du standard 802.11p, selon des métriques de performances qui sont : le nombre de collisions et le débit de réception (Throughput). Dans cette étude, nous allons examiner l'impact de : La disposition, la densité et la mobilité des véhicules sur les métriques choisi, et pour cela nous avons utilisé des scénarios adéquat.

2.3.1.1 Les techniques à comparer

Au niveau de cette partie nous allons définir le protocole CSMA/CA, pour le comparé avec le protocole D-TDMA proposé ci-dessus.

Le protocole CSMA/CA : Dans une communication de Broadcast, il n'y a pas des messages RTS/CTS (Request to Send / Clear to Send), les nœuds de réception n'envoient pas les ACKs. Par conséquent, un expéditeur ne sait jamais si quelqu'un a reçu correctement le paquet transmis ou non. Pour cette raison, l'expéditeur se produira au plus un backoff, qui se produit lorsque la tentative d'accès au canal initial détecte un canal occupé. Ainsi, les paquets de diffusion ne seront jamais subissent des multiples backoffs, et la fenêtre de contention CW (Contention Window) seront toujours CWmin, la figure.2.10 représente le principe de CSMA/CA et D-TDMA [8].

Remarque : Arbitration InterFrame Space (AIFS) : Est une période de temps.

2.3.1.2 Les métriques de performance

Au niveau de métriques de performances nous avons deux métriques, le nombre de collisions et le débit de réception (Throughput).

A. le nombre de collisions : est le nombre de collision entre les nœuds par unité de temps.

B. Throughput : throughput est le taux de livraison de paquets avec succès par unité de temps, grâce à une connexion réseau.

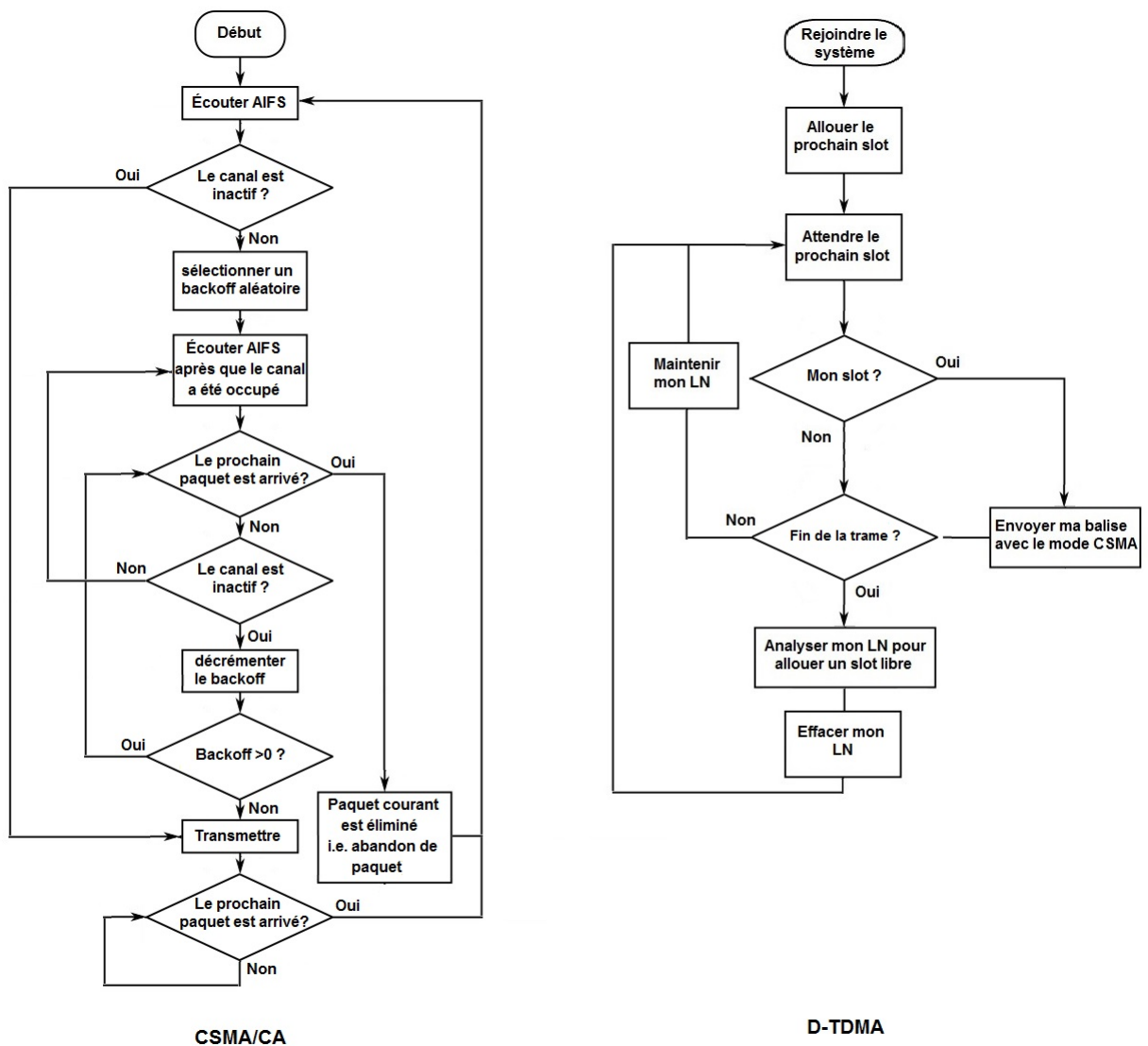


FIGURE 3.10 – Le principe de CSMA/CA et D-TDMA.

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

t : représente l'unité de temps.

T : représente le Throughput.

S : représente le total des paquets reçus dans un délai défini [16].

2.3.1.3 Les scénarios de simulation

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

A. La densité : qui représente le nombre de véhicules dans la route, dans notre simulation nous avons utilisé trois nombre [20, 50, 100] véhicules.

B. La disposition : deux types de disposition des véhicules est utilisé :

B.1. Exposé : Où les véhicules sont dans la portée de transmissions les uns les autres pour cela la longueur de la route égale la portée de transmission [= 300 m].

B.2. Dispersé : dans cette disposition, il se peut que certains véhicules soient cachés aux autres.

C. La mobilité : il décrit la différence la vitesse maximum et minimum des véhicules, pour cela nous avons utilisé 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 :

A. Les collisions directes : Où les nœuds sont dans la portée les uns les autres.

B. Les collisions cachées : causé par les nœuds cachés aux autres.

C. Les collisions émergentes : se produit à cause de la mobilité des véhicules, Où ils rentrent dans la portée des autres au moment de la transmission.

Pour cela nous avons généré trois scénarios adéquats, tout en modifiant les paramètres au réseau. Situés dessus, qui sont présentés dans la table.2.2 :

TABLE 3.2 – Les scénarios de simulation.

	Densité			Disposition		Mobilité		
	20	50	100	Exposé [300 m]	Dispersé [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	X

2.3.1.4 L'environnement de simulation

La simulation dans les réseaux Vanet est constituée de deux composants : simulation de trafic et simulation de réseau.

Simulation de trafic se concentre sur la mobilité des véhicules et il génère un fichier de mobilité qui permet d'avoir un mouvement réaliste des véhicules. Ce fichier de trace est alimenté pour le simulateur de réseau qui définit la position réaliste de chaque véhicule au cours de la simulation.

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

FIGURE 3.11 – Architecture de simulation dans les réseaux VANET.



A. 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 VANETs est nécessaire pour que les simulations dans ce type de réseau soient réalistes. Une équipe de recherche de l'université USC (Université of Southern California) a proposé un générateur de mobilité pour les

VANETs appelé IMPORTANT. Ce générateur est capable de générer beaucoup de modèles pour les VANETs comme les modèles Freeway (les routes droites Fig 2.12.A) et Manhattan (les routes croisées Fig 2.12.B).

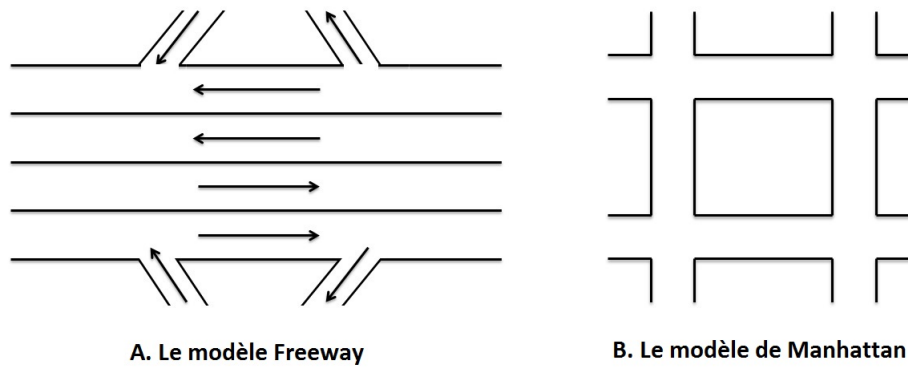


FIGURE 3.12 – Les modèles de mobilité générés par "IMPORTANT".

B. Le simulateur réseau « NS2 » Les chercheurs utilisent les simulations de réseau afin d'étudier le comportement de ce dernier dans différentes conditions. Dans le tableau suivant, on trouve la comparaison entre les différents simulateurs de réseaux.

TABLE 3.3 – Une comparaison entre les simulateurs des réseaux.

	NS-2	Swans	GloMoSim	OPNET
Probabilité	Oui	Oui	Oui	Oui
Open source	Oui	Oui	Oui	Non
développement continu	Oui	Oui	Non	Oui
Facilité d'utilisation	Difficile	Difficile	Difficile	Facile
Support IEEE 802.11p	Oui-version 2.34	Non	Non	Non
Support VanetMObiSim output	Oui	Oui	Oui	Non

Selon le tableau 3.3 , NS-2 est le seul qui prend en charge IEEE 802.11p et la sortie VanetMobiSim. Alors, nous avons utilisé ce simulateur comme un simulateur de réseau pour collecter des données primaires. NS-2 est un simulateur open source qui a été développé par l'Université de Californie à Berkeley. Ce simulateur prend en charge les réseaux sans fil et filaires. Et il couvre un grand nombre de protocoles et d'applications. NS-2 est l'outil le plus populaire pour les recherches universitaires.

NS-2 est un simulateur de base Unix. Cela signifie qu'il peut être installé sur le système d'exploitation Unix (Solaris, Linux, SunOS).

Un groupe de chercheurs de l'Université Télématique de Karlsruhe a conçu un nouveau modèle de la norme IEEE 802.11 MAC pour les modules NS-2 qui supporte IEEE 802.11p. Ce nouveau modèle est mis en œuvre dans le NS-2 version 2.34 et cette version de NS-2 est utilisée dans cette thèse.

Nous avons mis beaucoup de temps et d'efforts pour installer NS-2 version 2.34 sur Fedora4 qui est installé sur la machine virtuelle VMware8.0.2 sous Windows7.

2.3.1.5 Les paramètres de simulation

Le tableau.3.4 présente les paramètres de simulation utilisés dans notre étude.

TABLE 3.4 – Les paramètres de simulation

Paramètre	Valeur
Largeur du canal	10 MHz
CW	15
Slot TDMA	1 ms
Slot physique	13 ns
SIFS	32 ns
Débit	6 Mbps
Taille du Message Hello	300 O
Fréquence d'envoi	2 Hz

Chapitre 4

Les résultats et l'analyse de simulation

4.1 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 deux techniques d'accès au canal, le CSMA et le TDMA, en termes de nombre de collisions et de throughput.

4.1.1 La Collision

La figure 4.1 et 4.2 présentent l'influence de la densité sur le nombre de collisions directe avec les deux techniques MAC le CSMA et le TDMA, nous remarquons qu'avec l'augmentation de la densité, quel que soit la technique utilisée, il souffre des collisions.

Tandis que, la figure 4.3 présente une comparaison entre les deux techniques CSMA et TDMA en termes de nombre de collision générés et pour une densité maximale (relativement) égale à 100 véhicules qui présentent le pire des cas. Nous remarquons que pour chaque densité, la supériorité de l'approche utilisant la technique TDMA génère moins de collision par rapport à la technique CSMA

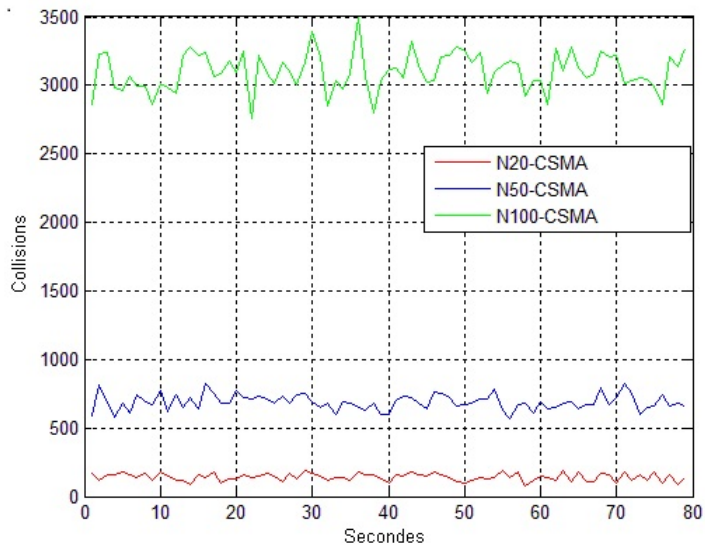


FIGURE 4.1 – Comparaison entre les collisions générés par la technique CSMA avec une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V=[0,0]$.

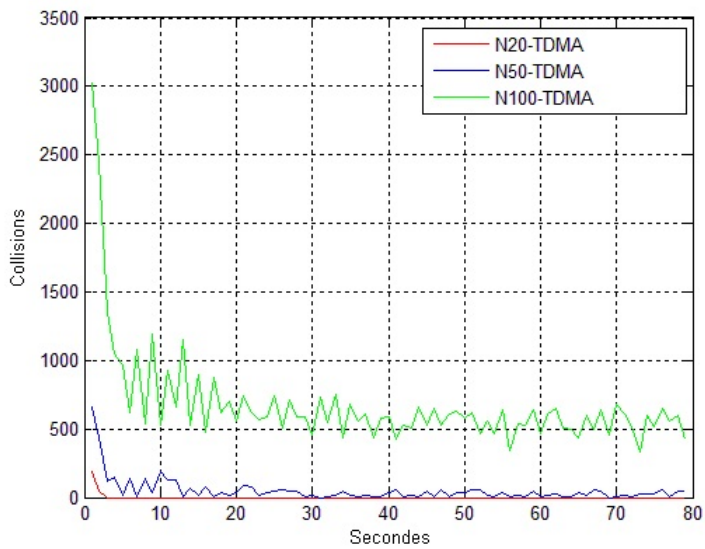


FIGURE 4.2 – Comparaison entre les collisions générés par la technique TDMA avec une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V=[0,0]$.

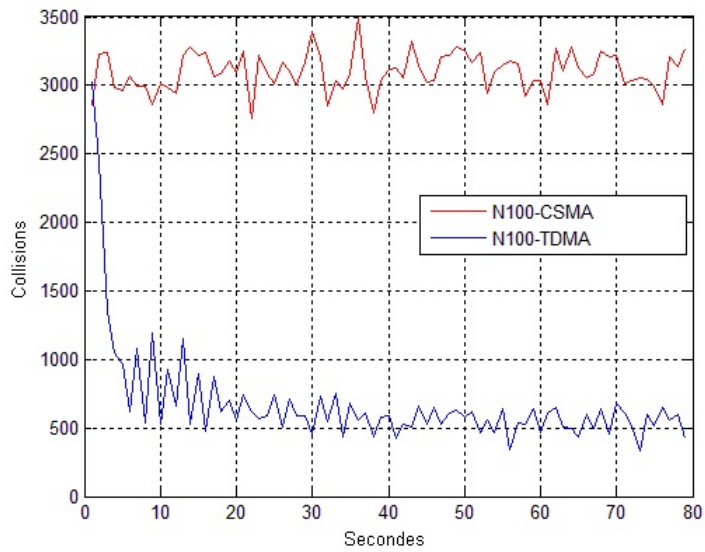


FIGURE 4.3 – Comparaison entre les collisions générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=100$ et une vitesse $V=[0,0]$.

4.1.2 Le Throughput

Les figures 4.4, 4.5 et 4.6 montrent le throughput des deux technique MAC pour des différentes densités, et nous remarquons qu'avec la technique TDMA le protocole donne un maximum de throughput par rapport au CSMA.

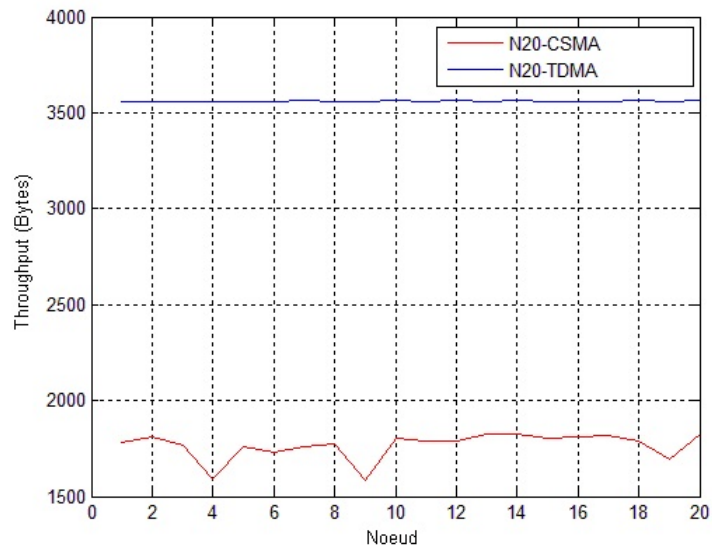


FIGURE 4.4 – Comparaison entre le Throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=20$ et une vitesse $V=[0,0]$.

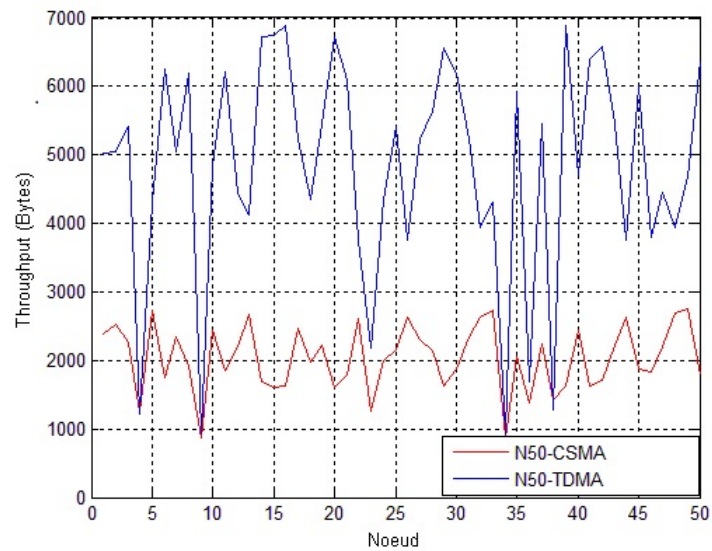


FIGURE 4.5 – Comparaison entre le Throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=50$ et une vitesse $V=[0,0]$.

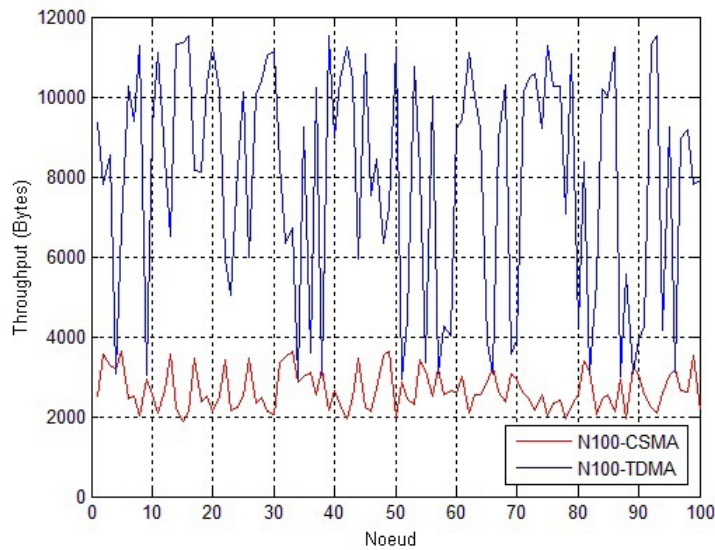


FIGURE 4.6 – Comparaison entre le Throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité maximale $N=100$ et une vitesse $V=[0,0]$.

4.2 Scénario 2

Avec le scénario 2, nous allons étudier l'impact des véhicules cachés et celle qui sont exposés sur la performance des techniques d'accès au canal le TDMA et le CSMA, en termes de nombre de collisions et de throughput.

4.2.1 La Collision

Les figure 4.7 et 4.8 présentent l'influence de la densité sur le nombre de collisions directe avec les deux techniques MAC, le CSMA et le TDMA, nous remarquons qu'avec l'augmentation de la densité quel que soit la technique utilisée, il souffre des collisions.

La figure 4.9 représente la comparaison de nombre de collisions pour chaque instant avec l'utilisation des deux techniques CSMA et TDMA et avec une densité maximale $N=100$, Nous remarquons que le protocole génère plus de collision quand on utilise la technique CSMA Par rapport au TDMA.

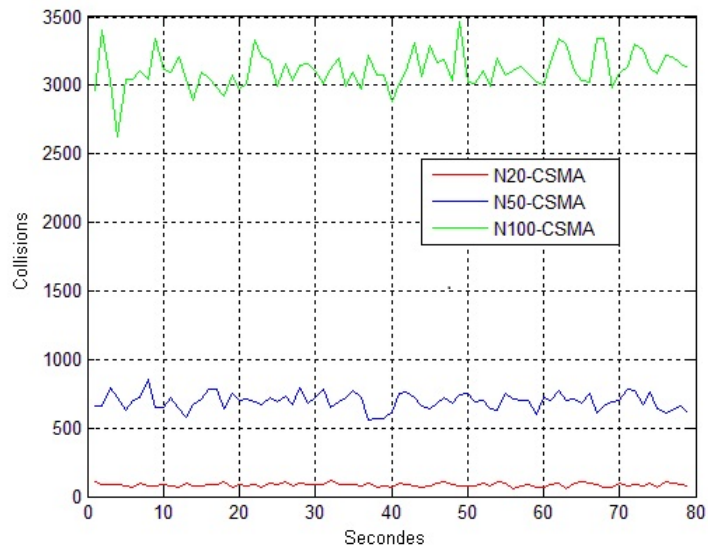


FIGURE 4.7 – Comparaison entre les collisions générés par la technique CSMA avec une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V=[0,0]$.

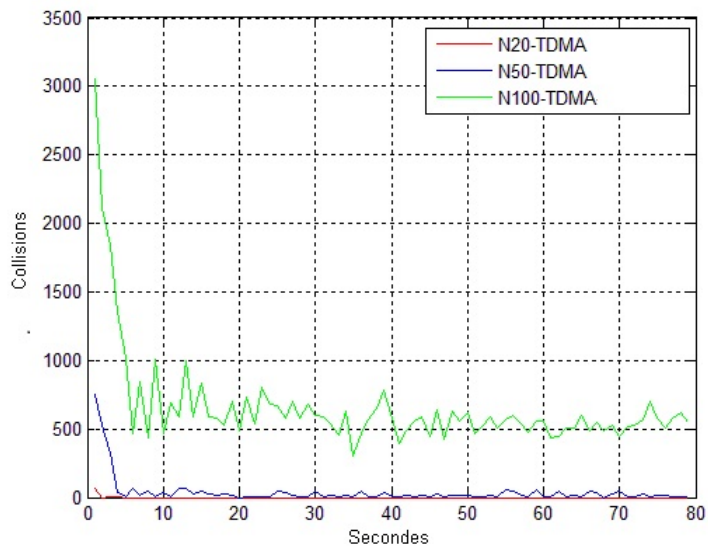


FIGURE 4.8 – Comparaison entre les collisions générés par la technique TDMA avec une densité $N=20, 50, 100$ et une vitesse $V=[0,0]$.

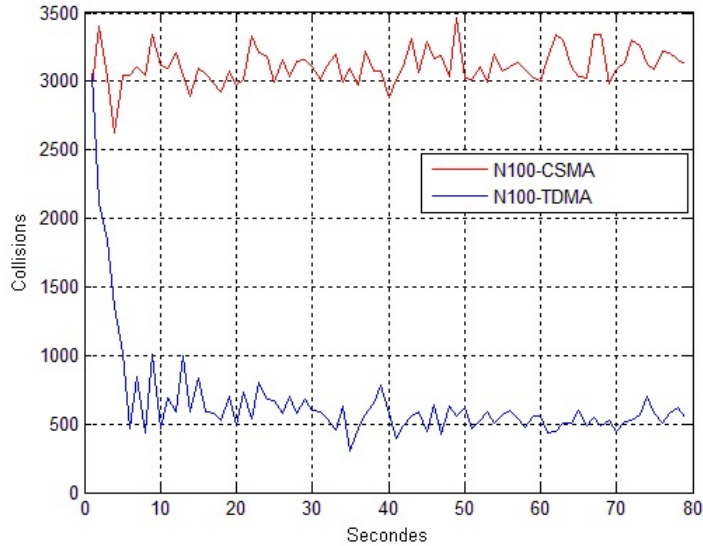


FIGURE 4.9 – Comparaison entre les collisions générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=100$ et une vitesse $V=[0,0]$.

4.2.2 Le Throughput

Nous remarquons que les véhicules 4, 9 et 34 dans les figures 4.11 et 4.13 génèrent un minimum de throughput, comme présenté dans les figures 4.10 et 4.12, 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.

Dans les figures 4.11, 4.13 et 4.15 en dit que la zone d'intervalle [500m-800m] est appelé la zone de collision caché par contre que les zones d'intervalle [300m-500m] et [800m-1000m] sont appelé la zones des collisions directe.

Prenant la figure 4.10 présentant les throughputs des véhicules où le nombre des nœuds est 20 et leur position sont montrés dans la figure 4.11, les véhicules situés dans la zone de collision direct (les carrés bleus) ont moins de collisions que ceux qui ont dans la zone des collisions caché (le carré rouge), par ce que les véhicules de la première zone se situent aux extrémités et écoutent moins de voisins que ceux de la deuxième. Nous remarquons dans la figure 4.10 qu'avec le CSMA les véhicules des zones de collision cachée présentent le pire des cas avec le minimum de throughput, et cela est à cause des collisions caché et le CSMA n'a pas un mécanisme contre se types collisions, par contre avec le TDMA proposé, la même zone présente les meilleures cas ce qui explique le potentielle du TDMA de dépasser l'influence des collisions cachés et d'augmenter le throughput que possible ver une valeur maximale,

vu que dans cette comprend beaucoup de voisins.

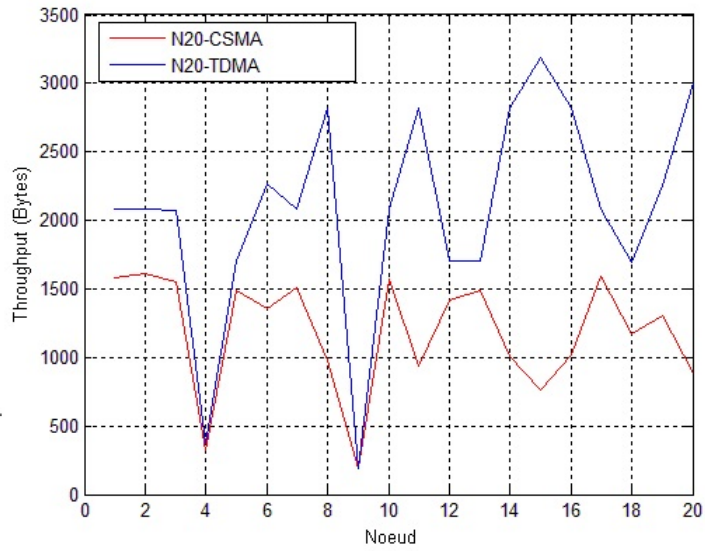


FIGURE 4.10 – Comparaison entre le throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=20$ et une vitesse $V=[0,0]$.

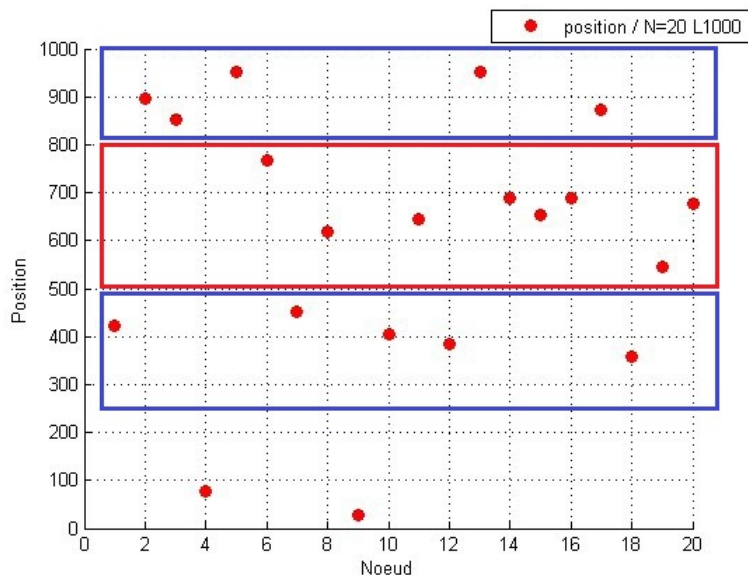


FIGURE 4.11 – Représentations des nœuds avec position.

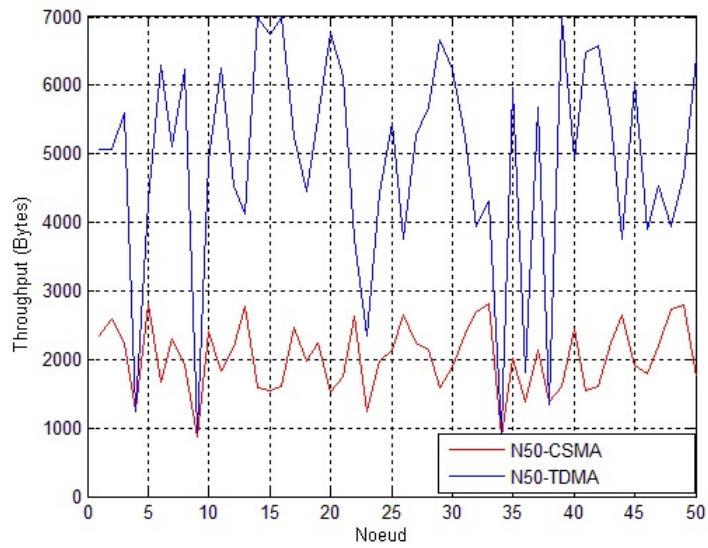


FIGURE 4.12 – Comparaison entre le throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité $N=50$ et une vitesse $V=[0,0]$.

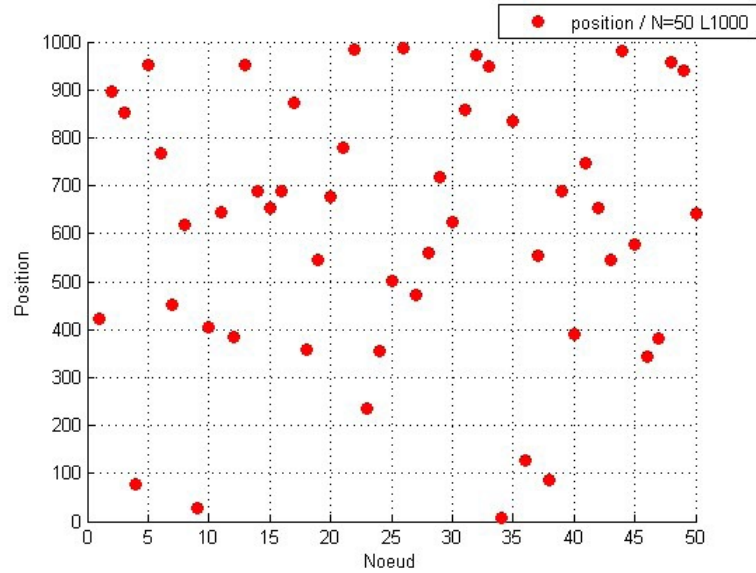


FIGURE 4.13 – Représentations des nœuds avec positions.

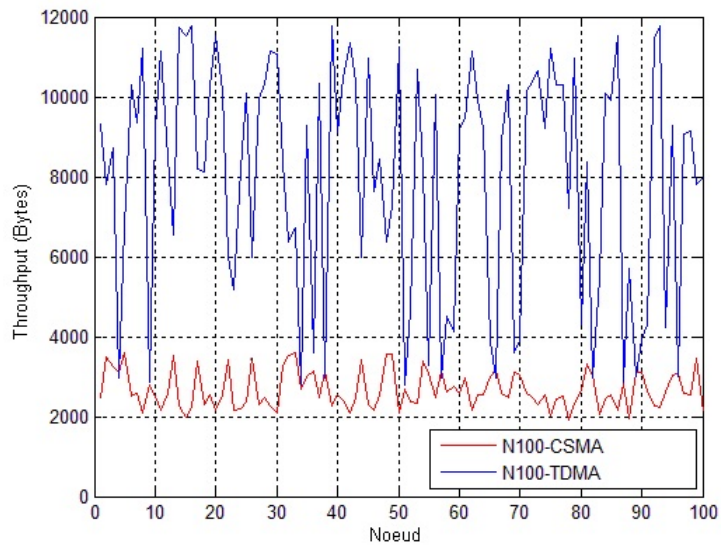


FIGURE 4.14 – Comparaison entre le throughput générées par les techniques CSMA et TDMA avec une densité maximale $N=100$ et une vitesse $V=[0,0]$.

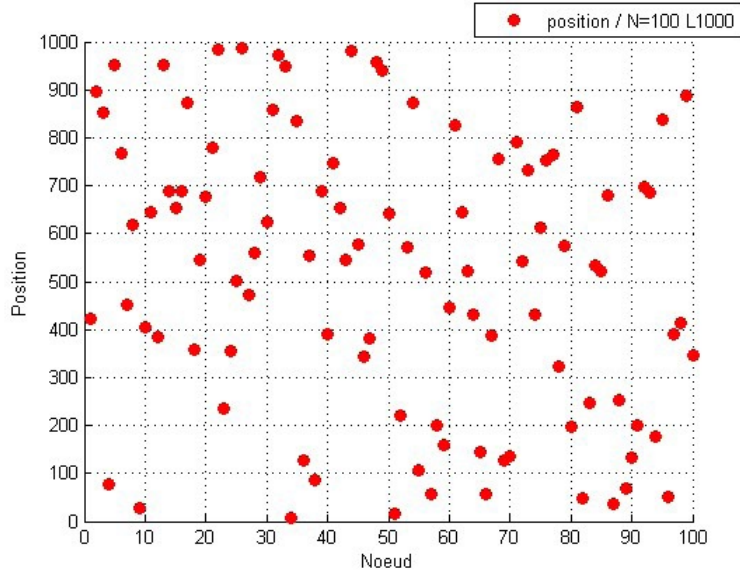


FIGURE 4.15 – Représentations des nœuds avec positions.

4.3 Scénario 3

Dans ce scénario on va étudier l'influence de la vitesse sur le nombre des collisions, avec les techniques d'accès au canal le CSMA et le TDMA. Toujours nous utilisons les densités $N=20, 50$ et 100 avec un changement dans la mobilité dans chaque technique.

4.3.1 La Collision

Dans les figures 4.16 et 4.17, les histogrammes avec une mobilité $[0,0]$ k/h représentent les collisions directes et avec les deux mobilités $[70-80]$ k/h et $[70-120]$ k/h, ils représentent les collisions émergentes vu le déplacement des véhicules. Et sur les collisions directes à cause du changement de distribution des véhicules, alors si les véhicules se regroupent, le risque de collision directe augmente et s'ils se dispersent le risque se diminue.

Les figures 4.16 et 4.17 montrent qu'avec le CSMA sauf la densité qui a une influence sur les collisions directes, contrairement à la mobilité qui n'a aucune influence sur les collisions émergentes. Mais avec le TDMA proposé, nous remarquons que la densité et la mobilité ont influencé sur les deux types de collisions, en plus avec le cas de 50 véhicules, la mobilité moyenne donne le plus de collisions, et avec le cas de 100 véhicules la mobilité d'une façon générale augmente les collisions émergentes.

Nous pouvons dire que le CSMA a montré sa résistance contre les collisions émergentes, mais le TDMA souffre des deux types de collisions. Mais dans tous les cas le TDMA reste plus performant par rapport au CSMA.

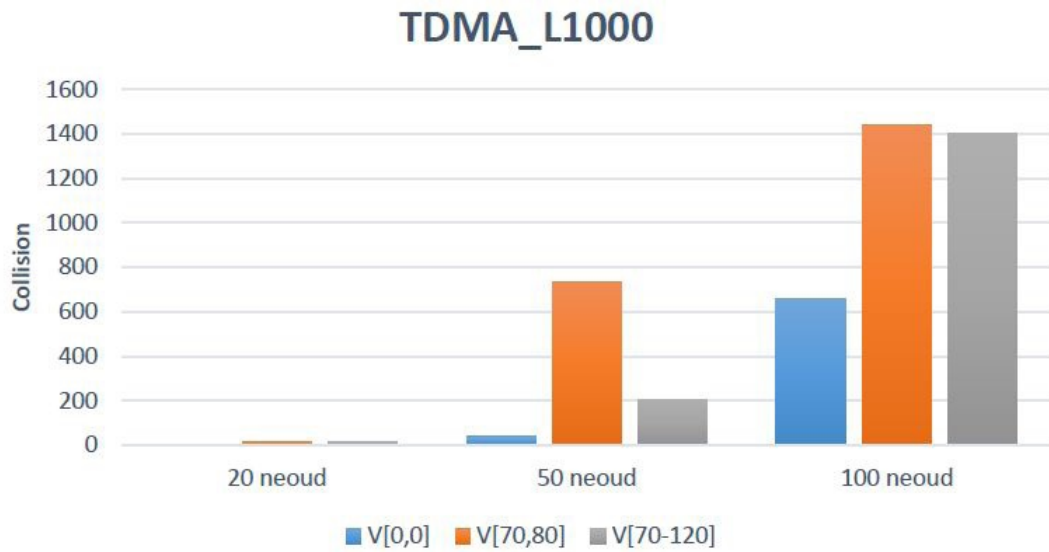


FIGURE 4.16 – Une comparaison entre les collisions générés par le TDMA avec des différents densités et des différentes vitesses.

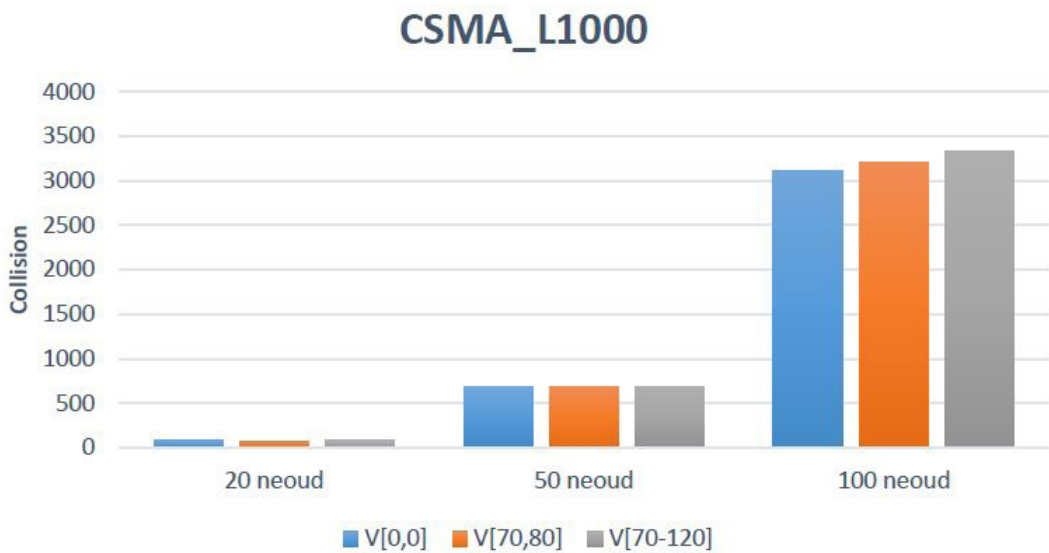


FIGURE 4.17 – Comparaison entre les collisions générés par le CSMA avec des différents densités et des différentes vitesses.

Chapitre 5

Conclusion générale

Les applications de sécurité routière peuvent être classés comme des systèmes de communication en temps réel, et ils sont caractérisés par deux paramètres importants : délai (le temps est limité) et la fiabilité (probabilité d'erreur).

Le standard IEEE 802.11p destinée au VANET utilise le CSMA comme méthode d'accès au canal malgré ses deux inconvénients bien connus : le retard d'accès au canal ainsi que les collisions sur le canal sans fil.

Lorsque la densité des nœuds augmente, le CSMA trouvera un grand problème avec la résolution de toutes les demandes d'accès au canal.

Nous avons fait une étude de l'existant des protocoles basé sur le TDMA et nous avons proposé le protocole D-TDMA qui a comme contribution l'allocation de slot d'une façon distribué.

L'étude comparative qui s'est concentré sur le Broadcast dans un seul-saut (One-hop Broadcast) ou bien l'envoi périodiques des messages Hello. Les simulations ont prouvé la supériorité du D-TDMA par rapport au CSMA et que le TDMA peut être la bonne alternative du CSMA dans le standard 802.11p.

Dans un futur travail, nous allons Améliorer le D-TDMA pour supporter le Broadcast multi-saut.

Bibliographie

- (1) CHAKROUN Omar. Techniques de contrôle de congestion et de dissémination d'informations dans les réseaux véhiculaires. Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke, Septembre 2014.
- (2) AOUES Abdelaziz. Les Réseaux Véhiculaires VANET. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, 2014.
- (3) MARLIER Patrick. Communications optimisées dans un réseau véhiculaire ad hoc multi-sauts. Thèse de Master, Université de Technologie de Compiègne, Juillet 2007.
- (4) M.J.Booyesen, S.Zeadally et G.J.van Rooyen. Survey of media access control protocols for vehicular ad hoc networks. Article scientifique, Publier en IET Communications, Mars 2011.
- (5) F. BORGONOVO, A. CAPONE, M. CESANA et L. FRATTA. ADHOC MAC : New MAC Architecture for Ad Hoc Networks Providing Efficient and Reliable Point-to-Point and Broadcast Services. Article scientifique, Publier en Kluwer Academic Publishers. Manufactured in The Netherlands, 2004.
- (6) Hassan Aboubakr Omar. VeMAC : A TDMA-based MAC Protocol for Reliable Broadcast in VANETs. Article scientifique , Publier en IEEE Transactions on mobile computing, 2012.
- (7) Wang Ke, Yang Weidong, Li Pan et Zhu Hongsong. A Decentralized Adaptive TDMA Scheduling Strategy for VANET. Article scientifique, Publier en IEEE WCNC Workshop on Applications of Delay Tolerant Networking (A-DTN), 2013.
- (8) Katrin Sjöberg Bilstrup. Predictable and Scalable Medium Access Control for Vehicular Ad Hoc Networks. Thèse d'ingénieur, Chalmers university of technology, 2009.
- (9) Fan Yu. Self-Configuring TDMA Protocols for Enhancing Vehicle Safety With DSRC Based Vehicle-to-Vehicle Communications. Article scientifique, Publier en IEEE Journal on selected areas in communications, Octobre 2007.
- (10) Sarah Sharafkandi et David H.C.Du. A New MAC Layer Protocol

- for Safety Communication in Dense Vehicular Networks. Article scientifique, Publier en 4th IEEE Workshop On User MObility and VEhicular Networks, 2010.
- (11) Moonsoo Kang, Jeonghoon Mo, Seokjoo Shin et Chung Ghiu Lee. A Scalable MAC for Vehicular Ad hoc Networks. Article scientifique, Publier en 15th International IEEE Conference, 2012.
- (12) Almalag M.S, Olariu S et Weigle M.C. TDMA Cluster-based MAC for VANETs (TC-MAC). Article scientifique, Publier en IEEE International Conference, 2013.
- (13) Sayadi A, Wehbi B et Laouiti A. One shot Slot TDMA-based Reservation MAC Protocol for Wireless Ad hoc Networks. Article scientifique, Publier en IEEE International Conference, 2011.
- (14) Dang, Duc Ngoc Minh. HER-MAC : A Hybrid Efficient and Reliable MAC for Vehicular Ad Hoc Networks. Article scientifique, Publier en IEEE 28th International Conference, 2014.
- (15) Wang, A Ahmed, B Krishnamachari et K Psounis. IEEE 802.11p performance evaluation and protocol enhancement. Article scientifique, Publier en IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, Sept 2008.
- (16) Amir Jafari. Performance Evaluation of IEEE 802.11p for Vehicular Communication Networks. Thèse de doctorat , Université Sheffield Hallam , sept 2012.
- (i) Le standard IEEE 802.11p : "http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11p" Consulté le 5 avril 2015.
- (ii) MANet : "http://fr.wikipedia.org/wiki/Mobile_ad_hoc_networks" Consulté le 9 avril 2015.
- (iii) Mobile IP : "http://fr.wikipedia.org/wiki/Mobilit%C3%A9_IP" Consulté le 1 mai 2015.
- (iv) IEEE1609 : "<http://www.standards.its.dot.gov/Factsheets/Factsheet/80>" Consulté le 6 mai 2015.]
- (v) Le signal 1PPS : "http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse_per_second" Consulté le 12 mai 2015.