



Université ABBES LAGHROUR Khenchela
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Industriel
جامعة عباس لغزور خنشلة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة الصناعية



N° Série :

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

THEME

Evaluation du comportement et des performances de la mobilité dans les réseaux VANET

Réalisé par : - **BOCHRA HADIDI**

- **HADJER BOUMARAF**

Soutenu le 14 / 07 / 2021 Devant le jury composé de :

Mme. Malika Medjaldi

Présidente

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Mr. Farouk Boumehrez

Encadreur

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Mme. Fouzia Maamri

Examinatrice

Université Abbes Laghrou-Khenchela

Promotion 2020/2021

Remerciements

*Avant tous, il ne saurait question d'entreprendre les remerciements sans avoir remercié **ALLAH** de nous avoir permis de réaliser ce travail.*

*Ainsi que **NOS PARENTS** pour leur aide, Leur patience, leur tendresse.*

*Nous tenons à remercier tout d'abord notre encadreur **Dr. « BOUMEHREZ Farouk »** pour sa patience, et surtout pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance. Qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde gratitude.
Je remercie tous les membres de jury pour la pertinence de leurs remarques*

*Tous les enseignants de la faculté génie industriel
Option : Télécommunication,
Université : Abbes Laghrour-Khenchela
Qui ont contribué à notre formation professionnelle.*

Enfin, à toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet, un grand merci.

*Sans oublier **PROMOTION TELECOM 2020/2021**.*

Merci pour tout, cette réussite c'est aussi la votre.



Dédicaces

Je tiens à exprimer d'abord mes profonds remerciements à mon DIEU, Toutpuissant et Le Miséricordieux, de m'avoir donné la santé, la volonté, lapatience et le courage pour mener à terme ce travail.

*Je dédié ce travail aux personnes les plus chères au monde mes chersParents : A mon père **Sabeti** et ma très chère mère **Zineb** Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour monéducation et mon bien-être .Ce travail est fruit de tes sacrifices qui vous êtes consentis Pour mon éducation et ma formation.*

*A ma chère **grande mère***

*A ma chère sœur **Rania***

A mes chères amies

Rania , Lamis , Amina , Khawla , Hanan , Hadil , Hadjer

*« Un remerciement particulier à mon binôme **Bochra** qui a partagée avec moi les moments difficiles de ce Travail».*

Hadjer



Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma chère mère,

Amon cher père,

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir
et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs Pour tout leur
amour, leur tendresse, leur soutien*

Tout au long de mes études,

A mes chers frères

Ames chers sœurs

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études

Pour

A toute ma grande famille

Oncles, tantes, cousins et cousines et à tous ceux qui me sont chers.

A mes chères amies

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles

Bohra

ملخص

في دراسة عن حوادث الطرق اعتبر أن الانسان تسبب في أكثر من 90% من الحوادث وهذا يرجع بشكل أساسي إلى انتهاكات الطرق. ومع استمرار نمو سوق السيارات، أصبحت السلامة على الطرق مجالاً شائعاً للبحث. لطالما كانت الحاجة إلى لسلامة الطرق مصدر قلق رئيسي..

شبكة مركبات مخصصة (VANET) وليدة السنوات الأخيرة قد تكون حلاً للسلامة المرورية من خلال نقل البيانات بين المركبات .

تشمل هذه الدراسة مقارنة لبروتوكولات التوجيه AODV، DSR، DSDV من حيث الكفاءة والأداء و دراسة كذلك طرق حركية المركبات باستخدام برامج المحاكاة SUMO و NS-2 لبيئة خاصة عمرانية من وسط مدينة خنشلة، لذلك وفقاً للتأخير من طرف إلى طرف وعرض النطاق الترددي ومتوسط الإنتاجية ومعدل نقل حزم البيانات لتحديد الأنسب لنقل البيانات.

الكلمات المفتاحية: VANET, QoS, منهاتن, فريواي, حركة, NS-2, SUMO.

Abstract

In a study on road accidents, it was considered that humans caused more than 90% of accidents, and this is mainly due to road violations. As the automobile market continues to grow, road safety has become a popular area of research. The need for road safety has always been a major concern.

A Vehicle Ad-hoc Network (VANET), a product of recent years, may be a solution for traffic safety by transferring data between vehicles.

This study includes a comparison of routing protocols AODV, DSR, and DSDV in terms of efficiency and performance, as well as a study of vehicle mobility methods using simulation programs SUMO and NS-2 for a special urban environment from Khenchela city, according to the end-to-end delay, bandwidth, average throughput and rate Transfer data packets for select the most appropriate for the transmission of data.

Keywords: VANET, QoS, mobility, freeway, manhattan, NS-2, SUMO.

Résumé

Dans une étude sur les accidents de la route, il a été considéré que les humains étaient à l'origine de plus de 90 % des accidents, et cela est principalement dû aux infractions routières. Alors que le marché automobile continue de croître, la sécurité routière est devenue un domaine de recherche prisé. Le besoin de sécurité routière a toujours été une préoccupation majeure.

Un réseau de véhicules (VANET), peut être une solution pour la sécurité routière en transférant des données entre les véhicules.

Cette étude comprend une comparaison des protocoles de routage AODV, DSR, DSDV en termes d'efficacité et de performance, ainsi qu'une étude des méthodes de mobilité des véhicules utilisant les simulateurs SUMO et NS-2 pour un environnement urbain particulier du centre-ville de Khenchela, selon l'étude de délai de bout en bout, bande passante, débit utile et le taux de livraison de paquets de données pour sélectionner le plus approprié pour la transmission de données.

Mots clés : VANET, QoS, mobilité, freeway, manhattan, NS-2, SUMO.

LISTE DES ACRONYMS

ADAS	Advanced driver-assistance Systems
AODV	Ad-hoc On-Demand Distance Vector
A-STAR	Anchor-based Street and Traffic Aware Routing
BLR	Boucle locale radio
BTS	Base Transceiver Station
DAB	Digital Audio Broadcasting)
DVB-T	Digital vidéo Broadcasting-terrestrial
DSR	Dynamic Source Routing
DSDV	Destination-Sequenced Distance-Vector
ETSI	Européen Télécommunication Standards Institute
GSR	Global State Routing
GyTAR	Greedy Traffic-Aware Routing protocol
GPSR	Greedy Perimeter Stateless Routing
GPRS	Global Packet Radio Service
GSM	Global Position System,
ITS	Intelligent Transport System
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IrDA	Infrared Data Association
MANET	Mobile Ad hoc Network
MAC	Media Access Control,
MORA	Movement-based Routing Algorithm
NS	Network Simulator
Nam	Network Animation
OTCL	Object Oriented Tool Command Language
OBU	On-Board Unit
OLSR	Optimized Link State Routing

PDA	Personal Digital Assistant
PC	Personnel computer
PCF	La fonction de coordination des points
QoS	Quality of service
QoE	Quality of experience
RCSF	Un Réseau de Capteurs Sans Fil
RDS/TMC	Radio Data System/ Traffic Message Channel
RSU	Road Side Unit
SB	Stations de base
SUMO	Simulation of urban mobility
STI	System de transport intelligent
TA	Trusted Authority
TCL	Tool Command Language
TSM	Traffic sign Model.
TRG	Two ray Ground
UMTS	Universel Mobile Télécommunication System
UM	Unité mobile
UMB	Urban Multi hop Broadcast Protocol
VANET	Vehicular Ad Hoc Networks
V2I	Vehicle to Infrastructure
V2V	Vehicle to Vehicle
VADD	Vehicule-Assisted Data Delivery
Veins	Véhicules in network simulation
WIFI	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WPAN	Wireless Personal Area Network
WWAN	Wireless Wide Area Network
WSN	Wireless Sensor Network
ZRP	Zone Routing Protocol

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Les catégories des réseaux sans fil.....	5
Figure I.2: Classification des réseaux sans fil	7
Figure I.3 : Classement des réseaux sans fils selon la portée	7
Figure I.4 : Le modèle de réseaux mobile avec infrastructure	9
Figure I.5 : Le modèle des réseaux mobiles sans infrastructure.....	9
Figure I.6 : Hiérarchie des réseaux sans fil.....	11
Figure II.1 : Réseau ad hoc	14
Figure II.2 : Réseau MANET	15
Figure II.3 : Réseau VANET	15
Figure II.4 : Les éléments constituant le véhicule intelligent.....	16
Figure II.5 : Communication véhicule à véhicule.....	16
Figure II.6 : Communication véhicule à station de base.....	17
Figure II.7 : Communication hybride	17
Figure II.8 : Services offerts par les réseaux VANETs	19
Figure II.9 : Application d'avertissement pour céder le passage à un véhicule prioritaire.....	20
Figure III.1 : Le chemin utilisé dans le routage entre la source et la destination.....	29
Figure III.2 : Illustration du routage unicast, multicast et broadcast	30
Figure III.3 : Les protocoles de routage dans les réseaux.....	33
Figure III.4 : La mobilité.....	34
Figure III.5 : Exemple de macro-mobilité et micro mobilité	34
Figure III.6 : Modèle de freeway	36
Figure III.7 : Modèle de Manhattan.....	36
Figure III.8 : Modèle de TSM.....	37
Figure IV.1 : Cycle modélisation-simulation	40
Figure. IV. 2 : Interface graphique de l'environnement OMNeT++.....	41
Figure. IV. 3 : Exemple d'une interface SUMO.....	42
Figure. IV. 4 : Intégration de SUMO et OMNeT++ par le Framework Veins.....	43
Figure. IV. 5 : Simulation bidirectionnelle-couplée du trafic routier et du trafic réseau.....	43
Figure. IV.6 : Schéma de principe de l'architecture NS-2.....	45
Figure IV.7 : Schéma simplifié de principe de simulation utilisant sumo et NS2.....	47

Figure. IV. 8 : Zone d'étude de la ville de Khenchela dans OpenStreetMap	47
Figure. IV. 9 : La fenêtre terminale	48
Figure. IV. 10 : Résultats de map.net.xml	48
Figure. IV. 11 : Répertoires de sortie1	49
Figure. IV. 12 : Répertoires de sortie2	49
Figure. IV. 13 : Répertoire de sortie3	50
Figure. IV. 14 : Fenêtre de simulation de SUMO	51
Figure. IV. 15 : Simulation dans sumo	51
Figure. IV. 16 : Résultat de la visualisation de fichier test.nam	55
Figure. IV. 17 : Bande passante des différents protocoles de routage	56
Figure. IV. 18 : Débit moyen en fonction le nombre de véhicules	57
Figure. IV. 19 : Taux de livraison de paquets en fonction le nombre de véhicules	58
Figure. IV. 20 : Délai de bout en bout en fonction le nombre de véhicules	58

TABLE DES MATIERES

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des acronymes

Liste des figures

Sommaire

Introduction Générale 1

Chapitre I : Les réseaux sans fil

I.1. Introduction	4
I.2. Définition	4
I.3. Les caractéristiques de la communication sans fil	8
I.4. Les environnements mobiles	8
I.5. Les réseaux sans infrastructure (Ad Hoc)	9
I.6. Conclusion	12

Chapitre II : Les réseaux VANETS

II. 1. Introduction	14
II.2. Les réseaux ad hoc	14
II.3. Les réseaux MANET	15
II.4. Réseaux ad hoc véhiculaires	15
II.5. Conclusion	27

Chapitre III : Les protocoles de routage dans les réseaux ad hoc

A. Les protocoles de routage dans les réseaux ad hoc

III.1. Introduction	29
III.2. Définition	29
III.3. Problématiques de routage dans les réseaux Ad Hoc	30
III.4. La conception des stratégies de routage	31
III.5. L'évaluation des protocoles de routage	31
III.6. Classification des protocoles de routage	31

B. Les modèles de mobilité dans réseaux VANET

III.7. Introduction	33
III.8. Les fonctionnels d'un modèle de mobilité	34
III.9. Les modèles de mobilité dans un VANET	35
III.10. conclusion	38

Chapitre IV : Simulation et résultats

IV.1. Introduction	40
IV.2. Simulation dans les VANET	40
IV.3. Outils de simulation	41
IV.4. Les avantages et les inconvénients de simulateur NS2	45
IV.5. Processus de simulation	46
IV.6. Les étapes à suivre pour la simulation de trafic routière	47
IV.7. Le langage awkien	55
IV.8. Résultats de simulations	55
IV.9. Discussion des résultats	59
IV.10. Conclusion	59
Conclusion Générale.....	61
Bibliographie.....	63

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

La mobilité croissante des personnes et des biens a un coût sociétal très élevé en termes de congestion routière, de décès et de blessés chaque année. Dans ce contexte, les systèmes de transport intelligents (STI) sont considérés comme une technologie clé pour accroître la sécurité, améliorer les infrastructures de transport et fournir des informations essentielles sur la sécurité aux usagers de la route.

Le réseau véhiculaire ad hoc (VANET) (Vehicular Ad hoc NETwork) ne soit pas un nouveau sujet, il continue de fournir de nouveaux défis de recherche et problèmes. L'objectif principal de VANET est d'aider un groupe de véhicules pour établir et maintenir une communication réseau entre eux sans utiliser de station de base centrale ou n'importe quel contrôleur. Une des applications majeures de VANET se trouve dans les situations d'urgence médicale critique où il y a aucune infrastructure alors qu'il est essentiel de transmettre l'information pour sauver des vies humaines. Cependant, en plus de ces utiles applications de VANET, émergent de nouveaux défis et problèmes.

Dans ce mémoire les transmissions des données à travers les réseaux des véhicules font partie d'un réseau V2V pouvant transmettre des données en utilisant une communication ad hoc. L'objectif principal est d'étudier et simuler l'importance de choisir le modèle de mobilité dans la simulation des réseaux VANET et l'impact de cette sélection sur les résultats. Pour mener à bien cette étude, nous allons mettre en œuvre des modèles de mobilité inspirés des modèles les plus réalistes.

Dans le premier chapitre nous allons présenter d'abord la définition des réseaux mobiles et réseau sans fil. Ensuite les avantages et les catégories des réseaux sans fil, puis nous abordons les caractéristiques de la communication ainsi que les environnements mobiles « les réseaux avec infrastructure cellulaire et Ad Hoc », nous avons présenté les réseaux mobiles ad hoc d'une manière générale :(généralité, définition, des avantages, des inconvénients, les types et les caractéristiques) et à la fin on a montré les domaines d'application.

Dans le deuxième chapitre nous allons présenter les réseaux ad hoc de manière générale. On commence par définir les réseaux ad hoc, MANET et VANET, puis nous abordons aux réseaux VANET, les différents types de services offerts par ces réseaux et les modes de communication existants, ainsi que les modes des communications, les caractéristiques des réseaux VANET, et à la fin nous décrivons les défis pour les VANETS.

Dans le troisième chapitre nous allons présenter le routage dans le réseau Ad Hoc, puis définit le routage dans MANET et VANET, puis la conception des problèmes de routage et des stratégies de routage, et la classification des protocoles de routage dans les réseaux VANET. Le nombre de protocoles de routage dans le réseau VANET dépend des conditions d'utilisation. Dans la deuxième partie, nous avons étudié des modèles de mobilité réalistes (autoroute,

Manhattan, TSM, nakagami, TRG), qui représentent un aperçu des principaux aspects des modèles de mobilité dans les réseaux VANET. Par conséquent, dans ce chapitre, nous définissons la mobilité et les fonctions du modèle de mobilité dans le réseau VANET, et enfin nous montrons le modèle de mobilité dans le VANET.

Le quatrième chapitre, est consacré aux simulations, où nous allons tester le protocole AODV et le protocole DSDV sous l'outil de simulation NS2 couplé avec le simulateur de mobilité SUMO et MOVE, pour terminer avec des interprétations et discussions des résultats où nous allons voir l'impact d'une modélisation réaliste sur les performances des protocoles de routage.

On terminera ce travail par une conclusion et les perspectives qui sous-tendent notre travail ainsi que les horizons de recherches futures dans ce domaine.

CHAPITRE I:

Les réseaux sans fil

I.1. Introduction

L'essor des technologies sans fil offre aujourd'hui de nouvelles perspectives dans le domaine des télécommunications. L'évolution récente des moyens de la communication sans fil a permis la manipulation de l'information à travers des unités de calculs portable qui ont des caractéristiques particulières (une faible capacité de stockage, une source d'énergie autonome...) et accèdent au réseau à travers une interface de communication sans fil. Comparant avec un environnement statique, le nouvel environnement résultant appelé l'environnement mobile, permet aux unités de calcul une libre mobilité, et il ne pose aucune restriction sur la localisation des usages. La mobilité (ou nomadisme) et le nouveau mode de communication utilisé engendrent de nouvelles caractéristiques propres à l'environnement mobile : une fréquente déconnexion, un débit de communication et des ressources modestes, et des sources d'énergie limitées.

Dans ce chapitre, nous présentons les environnements mobiles et les principaux concepts liés à ces environnements. Nous commençons par définir cet environnement et citer les deux classes qui le constituent, ainsi que les principaux avantages offerts. Nous donnons par la suite quelques notions importantes utilisées dans les systèmes mobiles et qui sont plus liées à la technologie sans fil qui représente le cœur de la télécommunication sans fil ainsi que nous introduisons les concepts de réseau Ad Hoc.

I.2. Définition

I.2.1. Les réseaux mobiles

Un utilisateur mobile est défini théoriquement comme un utilisateur capable de communiquer à l'extérieur de son réseau d'abonnement tout en conservant une même adresse. Les différents protocoles de signalisation à l'œuvre dans les réseaux étant peu compatibles entre eux, on a souvent recours, pour pallier ce handicap, à des mécanismes de transcription de la signalisation de l'utilisateur pour l'adapter au réseau visiteur.

I.2.2. Un réseau sans fil

Un réseau sans fil est un réseau informatique ou numérisé qui connecte différents postes ou systèmes entre eux par ondes radios. Le réseau sans fil peut associer à un réseau de télécommunication pour réaliser des interconnexions entre nœuds. La norme la plus utilisée actuellement pour les réseaux sans fil est la norme IEEE802.11. Le rayonnement géographique des ondes est relativement limité étant donné la faible puissance d'émission des solutions matérielles actuelles. Pour cette raison, les réseaux sans fil se sont avant tout développés comme réseaux internes, propres à un bâtiment, soit comme réseau d'entreprise, soit comme réseau domestique.

I.2.3. Avantage des réseaux sans fil [1]

- Liberté de mouvement des usagers et des terminaux.
- Moins de risques de rupture de liens que dans le filaire (coupure du câble, abîmer les connecteurs et prises, etc.)
- Délais de mise en service du réseau plus faibles
- Des économies à long terme (retour sur investissements).

I.2.4. Les catégories des réseaux sans fil

Il existe plusieurs catégories de réseaux sans fil qui diffèrent par le périmètre géographique qu'ils couvrent ainsi que par les types d'applications supportées. Le schéma suivant illustre les catégories des réseaux sans fil.

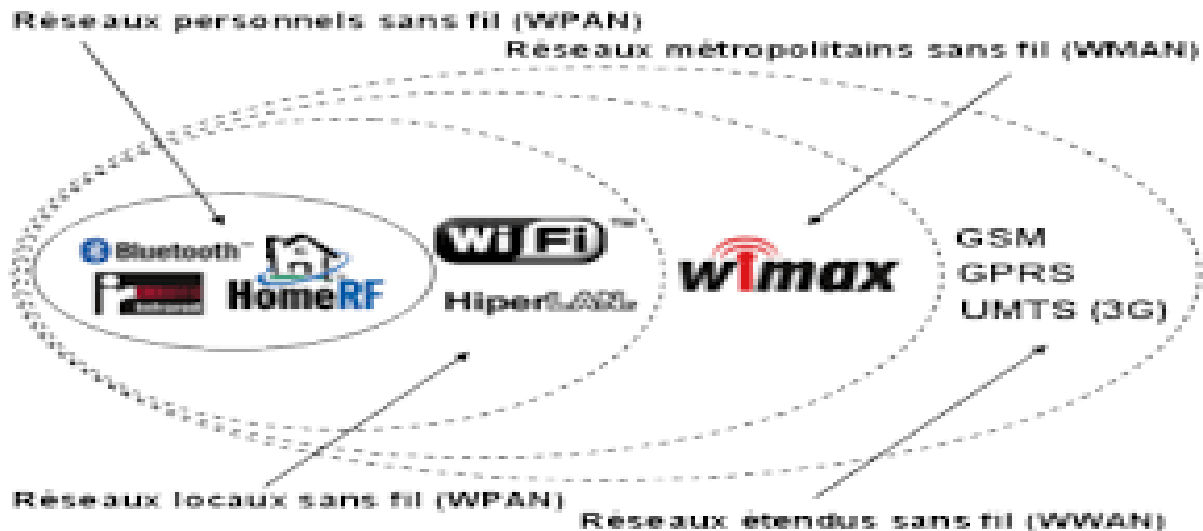


Figure I.1: Les catégories des réseaux sans fil

A. Réseaux personnels sans fil (WPAN)

Les réseaux personnels sans fil ou Wireless Personal Area Network (WPAN), sont des réseaux sans fil à très faible portée, de l'ordre d'une dizaine de mètres. Ils sont le plus souvent utilisés à faire communiquer entre eux des matériels présents sur une personne (par exemple une oreillette et un téléphone portable). Ils sont également utilisés pour relier des équipements informatiques entre eux sans liaison filaire ; par exemple pour relier une imprimante ou un PDA (Personal Digital Assistant) à un ordinateur de bureau ou faire communiquer deux machines très peu distantes. [2]

Il existe plusieurs technologies permettant la mise en œuvre de tels réseaux qui sont :

●Bluetooth :

La norme Bluetooth (pris en charge par IEEE 802.15.1) est une technologie de moyen débit, elle permet d'atteindre un débit maximal théorique de 1Mbps (environ 720Kbps effectif) à basse consommation énergétique. Bluetooth utilise la bande de fréquence 2.4GHz avec une couverture entre 10 et 30 mètres. Cette technologie permet de créer un réseau de 8 appareils en communication simultanée. La petite taille des composants Bluetooth lui permet d'être inséré dans des équipements tels que les claviers et les souris sans fil, les kits main libre ou écouteur et le transfert de données entre un pc et les PDA ou téléphones mobiles...etc. [3]

●ZigBee :

Le standard IEEE 802.15.4 propose une norme pour les couches physique et liaison de données, orientée très faible consommation énergétique, qui rend cette technologie bien adaptée à de petits appareils électroniques (appareils électroménagers, hifi, jouets, ...), et plus particulièrement aux réseaux de capteurs. La pile proposée par l'IEEE et la ZigBee qui a pour objectif de promouvoir une

puce offrant un débit relativement faible (100Kbps environ) mais à un coût très bas, et une consommation électrique extrêmement réduite. [4]

●**Liaisons infrarouges :**

Avant l'arrivée des technologies radio comme le Wi-Fi et le Bluetooth, il était malgré tout possible de transférer des données sans fil entre deux appareils, grâce à l'infrarouge. L'IrDA (L'Infrared Data Association) est une technologie qui a été très utilisée dans les années 90 et début des années 2000, surtout sur les téléphones, les PDA et les PC portables. L'IrDA utilise un signal infrarouge, de la même façon que les télécommandes de télévision par exemple, pour effectuer des transferts entre deux périphériques.

Le fonctionnement est simple : une lampe émet un rayonnement dans l'infrarouge (invisible pour les humains) avec une fréquence qui permet de travailler en binaire.

L'infrarouge a plusieurs défauts : la portée est limitée (entre 5 et 1 mètre), il est nécessaire d'aligner les périphériques (dans un cône de 15° environ) et aucun obstacle ne doit séparer les deux appareils. Actuellement, les usages informatiques ont presque totalement disparu, mais beaucoup de sociétés utilisent encore de l'infrarouge pour leurs télécommandes (l'infrarouge est omniprésent dans le monde audio/vidéo). La raison est simple : la technologie est bien maîtrisée, efficace et consomme peu. [5]

B. Réseaux locaux sans fil (WLAN)

Depuis le développement des normes qui offrent un haut débit, les réseaux locaux sans fil ou Wireless Local Area Network (WLAN) sont généralement utilisés à l'intérieur d'une entreprise, d'une université, mais également chez les particuliers. Par exemple : IEEE 802.11, WiFi (Wireless Fidelity) IEEE 802.11 ou WIFI est un standard international décrivant les caractéristiques du réseau LAN sans fil (WLAN). Il connecte des ordinateurs portables, des équipements de bureau, des équipements personnels (PDA)... en créant un réseau sans fil couvrant un rayon de dizaines de mètres et tolérant une mobilité à très petite vitesse. [6]

C. Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN)

Les réseaux métropolitains sans fil ou Wireless Metropolitan Area Network (WMAN) sont aussi connus sous l'appellation de boucle locale radio (BLR). Les réseaux basés sur la technologie IEEE 802.16 ont une portée de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres (50 km de portée théorique annoncée) et un taux de transmission radio théorique pouvant atteindre 74 Mbit/s pour IEEE 802.16, plus connu sous le nom commercial de WIMAX. [2]

D. Les réseaux sans fil étendus (WWAN) [2] [5].

Les réseaux sans fil (WWAN pour Wireless Wide Area Network). Cette catégorie possèdent assez peu de technologies à l'heure actuelle. Les seules technologies de WWAN disponibles sont des technologies utilisant les satellites géostationnaires ou en orbite basse pour relayer l'information entre plusieurs points du globe. Parmi les principales technologies, dans ce type de réseaux, sont les suivantes :

- **GSM :**

Le réseau GSM (Global System for Mobile communication) constitue au début du 20^e siècle, le standard de téléphonie mobile le plus utilisé. La norme GSM autorise un débit maximal de 9.6kbps, ce qui permet de transmettre la voix ainsi que des données numériques de faible volume, par exemple des messages textes ou des messages multimédias. Les réseaux cellulaires reposent sur l'utilisation d'un émetteur récepteur central au niveau de chaque cellule, appelé station de base (BTS : Base Transceiver Station). Plus le rayon d'une cellule est petit, plus la bande passante disponible est élevée. La carte SIM permet ainsi d'identifier chaque utilisateur, indépendamment du terminal utilisé lors de la communication avec une station de base. La communication entre une station mobile et la station de base se fait par l'intermédiaire d'un lien radio, généralement appelé interface air.

- **GPRS :**

Le GPRS (General Packet Radio Services) est une technologie de radiocommunication par commutation de paquets pour les réseaux de GSM. Les connexions des services de GPRS sont toujours ouvertes afin d'offrir aux utilisateurs des terminaux mobiles une disponibilité de réseau identique à celle qu'ils pourraient atteindre par des réseaux d'entreprise. Le GPRS offre une connectivité d'IP de bout en bout, du terminal GPRS jusqu'à n'importe quel réseau IP. Les terminaux peuvent être intégrés efficacement aux réseaux Internet. La vitesse "utile" sera d'environ 40 Kb/s (vitesse maximum : 171 Kb/s), l'un ou l'autre est quatre fois supérieure à celle du GSM.

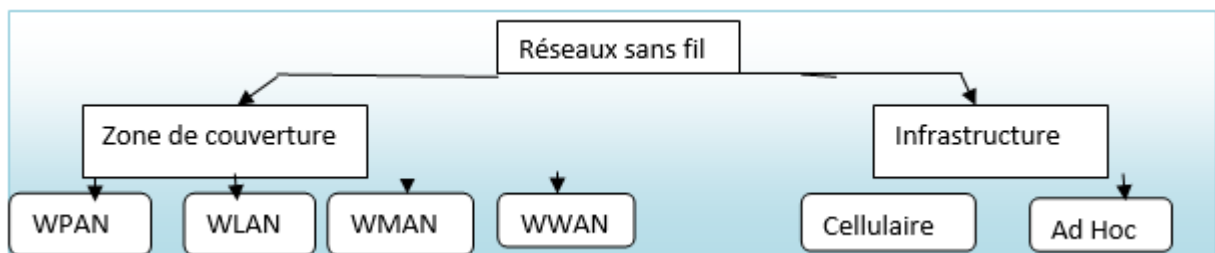


Figure I.2 : Classification des réseaux sans fil



Figure I.3 : Classement des réseaux sans fils selon la portée

I.3. Les caractéristiques de la communication sans fil

Les réseaux sans fil se caractérisent principalement par :

- **Mobilité** : L'utilisateur des réseaux sans fil a la possibilité de se déplacer dans le réseau tout en gardant la même adresse. Cela nécessite d'une assurance de la continuité des communications en cours de déplacement (Handover).
- **Autonomie** : Les unités mobiles ont une contrainte liée à la durée de vie des batteries, il faut économiser autant que possible les transmissions inutiles. Heureusement qu'actuellement les nouvelles technologies de mobiles présentent des durées plus importantes offrant aux mobiles une autonomie plus importante
- **Débit et portée faible** : L'une des limites de la communication sans fil vient de la relative faiblesse de la bande passante des technologies utilisées. Plusieurs facteurs limitent la portée d'une transmission sans fil, comme la faible puissance du signal, les obstacles qui empêchent, atténuent, ou réfléchissent les signaux.
- **Non sécurisé** : Les réseaux sans fil offrent de nouvelles failles aux pirates. De part la nature immatérielle du support physique, l'écoute clandestine sur un réseau sans fil est facile.

I.4. Les environnements mobiles

Un environnement mobile est un système composé de sites mobiles qui permet à ses utilisateurs d'accéder à l'information indépendamment de leurs positions géographiques. Les réseaux mobiles ou sans fil peuvent être classés en deux catégories.

I.4.1. Les réseaux avec infrastructure (cellulaire)

Le modèle de système intégrant des sites mobiles et qui a tendance à se généraliser, est composé de deux ensembles d'entités distinctes :

- ❖ Les " sites fixes " d'un réseau de communication filaire classique (wired network).
- ❖ Les "sites mobiles" (Wireless network).

Certains sites fixes, appelés stations de base (SB) sont munis d'une interface de communication sans fil pour la communication directe avec les sites mobiles ou unité mobile (UM) localisés dans une zone géographique limitée, appelée cellule comme le montre la figure 3.

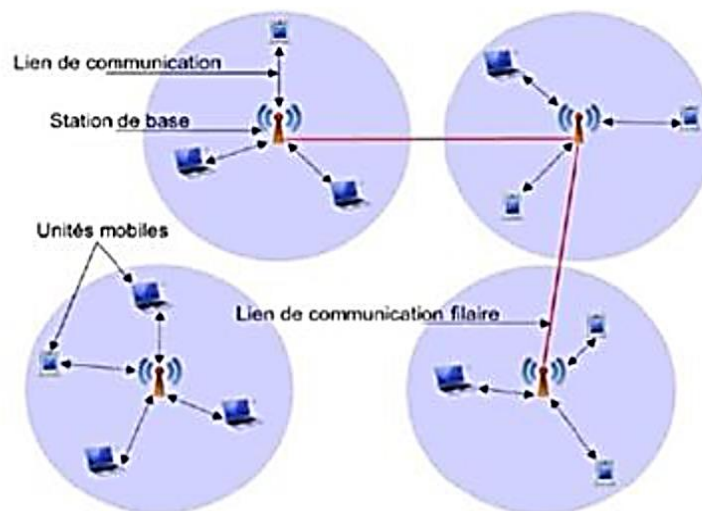


Figure I.4 : Le modèle de réseaux mobile avec infrastructure

- ❖ A chaque station de base correspond une cellule à partir de laquelle des unités mobiles peuvent émettre et recevoir des messages. Alors que les sites fixes sont interconnectés entre eux à travers un réseau de communication filaire.
- ❖ Une unité mobile ne peut être à un instant donné directement connectée qu'à une seule station de base. Elle peut communiquer avec les autres sites à travers la station à laquelle elle est directement rattachée [3].

I.5. Les réseaux sans infrastructure (Ad Hoc)

Le modèle du réseau mobile sans infrastructure préexistante ne comporte pas l'entité « site fixe ». Tous les sites du réseau sont mobiles et communiquent d'une manière directe en utilisant leurs interfaces de communication sans fil (Figure I.5). L'absence de l'infrastructure ou d'un réseau filaire composé de station de base, oblige les unités mobiles (UM) à se comporter comme des routeurs qui participent à la découverte et à la maintenance chemins pour les autres hôtes du réseau. Ce type de réseau est appelé : Ad Hoc.

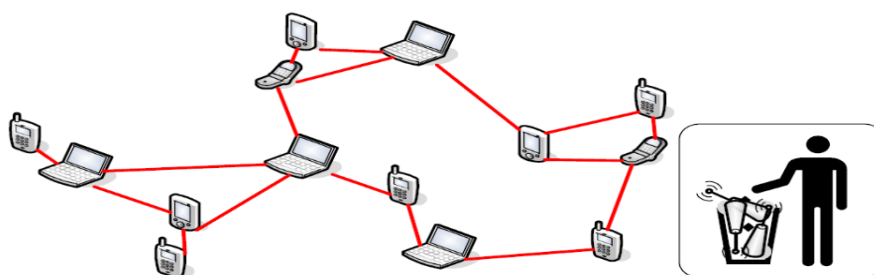


Figure I.5 : Le modèle des réseaux mobiles sans infrastructure

1.5.1. Les réseaux mobiles Ad Hoc

1.5.1.1. Généralités sur les réseaux mobiles Ad Hoc

L'évolution récente de la technologie dans le domaine de la communication sans fil et l'apparition des unités de calculs portables, poussent aujourd'hui les chercheurs à faire des efforts afin de réaliser le but des réseaux : « l'accès à l'information n'importe où et n'importe quand » [7]

1.5.1.2. Définition d'un réseau Ad Hoc

Un réseau mobile Ad Hoc appelé généralement MANET, consiste en une grande population relativement dense d'unités mobiles qui se déplacent dans un territoire quelconque. Le seul moyen de communication est l'utilisation des « ondes radio » qui se propagent entre les différents nœuds mobiles sans l'aide d'une infrastructure préexistante ou administration centralisée [8].

Dans un réseau Ad Hoc, un nœud peut communiquer directement (mode point-à-point) avec n'importe quel nœud s'il est situé dans sa zone de transmission, tandis que la communication avec un nœud situé en dehors de sa zone de transmission s'effectue via plusieurs nœuds intermédiaires (mode multi-sauts) [9].

1.5.1.3. Avantages et inconvénients des réseaux Ad Hoc

Les réseaux Ad Hoc présentent plusieurs avantages, les plus importants sont :

- Déploiement facile, rapide et économique.
- Tolérance aux pannes.

Cependant, les réseaux Ad Hoc ne présentent pas que des avantages. Les données pour rejoindre le destinataire à partir de l'émetteur vont peut-être devoir traverser de nombreuses machines et chaque relais traversé apportent un délai supplémentaire. Les réseaux Ad Hoc ont donc dans la plupart des cas une latence plus importante que les réseaux sans fil cellulaire. Le second inconvénient est lié à la nature même des réseaux Ad Hoc, en effet dans un réseau Ad Hoc, tous les éléments coopèrent de manière à acheminer les données y compris les machines non-concernées par ces données. Il y a donc un problème évident de confidentialité, et il est donc obligatoire d'utiliser des outils de cryptage. Ceci entraîne aussi un autre problème, les machines servant de relais utilisent leurs ressources (batterie, carte réseau sans fil) pour acheminer des données qui ne les concernent pas, en retour d'autres machines font de même pour leurs transmissions. Enfin il est difficile voir impossible d'établir une qualité de service sur un réseau Ad Hoc puisque les éléments composant une route sont susceptibles de disparaître à tout moment [10]

1.5.1.4. Types des réseaux Ad Hoc

Il existe plusieurs types de réseaux sans fil ad hoc selon le contexte de leur application. [11-14],

A/ Réseaux de capteurs sans fil

Un Réseau de Capteurs Sans Fil (RCSF) ou Wireless Sensor Network (WSN) est un réseau informatique composé de petits dispositifs autonomes, liés ou dispersés aléatoirement dans une zone d'intérêt, utilisant des capteurs coopérant pour surveiller des conditions environnementales ou physiques, comme la température, le son, les vibrations, la pression, le mouvement, etc.

B/Réseaux ad hoc mobiles

Une variante de réseau ad-hoc sans fil est le réseau MANETs où les nœuds peuvent se déplacer librement et indépendamment dans n'importe quelle direction. Par conséquent, la topologie réseau de ce type de réseau changera fréquemment ; établir des liens et mettre fin à des connexions sont susceptibles de se produire de temps en temps

C/ Réseaux ad hoc véhiculaires

Une autre variante des réseaux ad hoc mobiles est les réseaux VANETs dans lequel les nœuds sont des véhicules. Contrairement au mouvement aléatoire dans Les réseaux MANETs, les véhicules dans les réseaux VANETs suivent des modèles de mobilité presque préconnus, car les véhicules suivant les routes et les règles de circulation. Mais, la grande vitesse des véhicules rend la mobilité très forte ce qui rend le domaine de recherche dans les réseaux VANETs est très attractif

La Figure suivante montre la relation entre les trois types des réseaux ad hoc sans fil

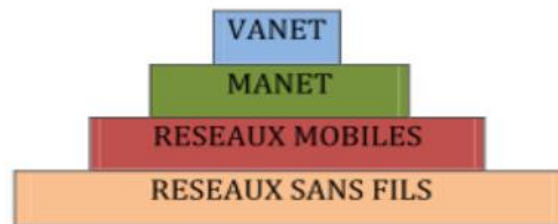


Figure I.6 : Hiérarchie des réseaux sans fil

I.5.1.5. Sécurité dans les réseaux Ad Hoc

N'importe quel algorithme de routage doit intégrer dans son système un mécanisme de sécurité qui dépendra de plusieurs facteurs (authentification, intégrité, confidentialité et disponibilité) et qui concerne deux aspects : la sécurité du routage et la sécurité des données. Ces deux aspects comportent certaines vulnérabilités et sont exposés à plusieurs attaques [12].

I.5.1.6. Les caractéristiques des réseaux Ad Hoc [10] [13]

Les réseaux Ad Hoc sont caractérisés principalement par :

- **Une topologie dynamique** : La topologie des réseaux ad hoc changent rapidement et aléatoirement, ceci est causée par la mobilité arbitraire des nœuds du réseau. Le changement de la topologie change les routes entre les nœuds et provoque la perte de paquets
- **Bande passante limitée** : Une des caractéristiques primordiales des réseaux basés sur la communication sans fil est l'utilisation d'un médium de communication partagé (ondes radio). Ce partage fait que la bande passante réservée à un hôte soit modeste.
- **Contraintes d'énergie** : Les hôtes mobiles sont alimentés par des sources d'énergie autonomes comme les batteries ou les autres sources consommables. Le paramètre d'énergie doit être pris en considération dans tout contrôle fait par le système.

- **Sécurité physique limitée** : Les réseaux mobiles Ad Hoc sont plus touchés par le paramètre de sécurité que les réseaux filaires classiques. Cela se justifie par les contraintes et limitations physiques qui font que le contrôle des données transférées doit être minimisé.
- **Erreur de transmission** : Les erreurs de transmission radio sont plus fréquentes que dans les réseaux filaires.
- **Interférences** : Les liens radios ne sont pas isolés, deux transmissions simultanées sur une même fréquence utilisant des fréquences proches peuvent interférer entre eux.
- **Absence d'infrastructure** : Les réseaux Ad Hoc se distinguent des autres réseaux mobiles par la propriété d'absence d'infrastructures préexistante et de tout genre d'administration centralisée. Les hôtes mobiles sont responsables d'établir et de maintenir la connectivité du réseau d'une manière continue.
- **Nœuds cachés** : Ce phénomène est très particulier à l'environnement sans fil. Les nœuds ne s'entendent pas à cause d'un obstacle qui empêche la propagation des ondes. Les mécanismes d'accès au canal vont permettre alors à ces nœuds de commencer leurs émissions simultanément. Ce qui provoque des collisions au niveau du nœud.
- **La qualité de service** : De nombreuses applications ont besoin de certaines garanties relatives par exemple au débit, au délai ou encore à la gigue. Dans ces réseaux Ad Hoc, ces garanties sont très difficiles à obtenir. Ceci est dû à la nature du canal radio d'une part (interférences et taux d'erreur élevés) et au fait que des "liens" entre des mobiles peuvent avoir à se partager les ressources (alors qu'en filaire, deux liens sont par définition indépendants)

1.5.1.7. Domaine d'applications des réseaux mobiles Ad Hoc

D'une façon générale, les réseaux Ad Hoc sont utilisés dans toute application où le déploiement d'une infrastructure réseau filaire est trop contraignant, soit parce qu'il est difficile à mettre en place, soit parce que la durée d'installation du réseau est très longue.

- ❖ Les services d'urgence.
- ❖ Le travail collaboratif et les communications dans des entreprises ou bâtiments.
- ❖ Home network.
- ❖ Applications commerciales.
- ❖ Réseaux de senseurs.

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la définition des réseaux mobiles et réseau sans fil ensuite, les avantages et les catégories des réseaux sans fil. Puis nous avons présenté les caractéristiques de la communication ainsi que les environnements mobiles « les réseaux avec infrastructure cellulaire et Ad Hoc », nous avons présenté les réseaux mobiles ad hoc d'une manière générale : (généralité, définition, les avantages, les inconvénients, les types et les caractéristiques). A la fin on a montré les domaines d'application.

CHAPITRE II:

Les réseaux VANETS

II. 1. Introduction

Les réseaux ad hoc véhiculaires (VANET) ont été un domaine de recherche très chaud au cours des dernières années. En raison de leurs caractéristiques uniques comme la mobilité prévisible et forte, la topologie dynamique élevée, les VANETS attirent l'attention du milieu universitaire que de l'industrie.

Dans ce chapitre, nous présentons d'abord les réseaux ad hoc de manière générale, puis, nous abordons aux réseaux VANET, les différents types de services offerts par ces réseaux et les modes de communication existants ; enfin nous décrivons les différentes caractéristiques, contraintes et défis qui affronteront les concepteurs lors de la conception des protocoles dédiés à ce type de réseau. Dans ce chapitre, nous présentons l'état de l'art sur les réseaux VANET. On commence par définir les réseaux ad hoc, MANET et VANET ainsi que les modes des communications, les caractéristiques des réseaux VANET, les défis pour les VANETS et à la fin nous décrivons les méthodes d'accès dans les réseaux VANET.

II.2. Les réseaux ad hoc

II.2.1. Définition du réseau ad hoc

Un réseau ad hoc sans fil est formé par un ensemble d'hôtes qui suivent une organisation totalement décentralisée, ce qui permet au réseau d'être autonome et dynamique sans aucune infrastructure filaire. Ces hôtes peuvent être mobiles ou fixes, dans la plupart des cas on met en évidence la notion de mobilité. Un tel réseau étant avant tout un réseau sans fil, ses objets sont connectés entre eux par le biais d'une interface radio.

Les communications sont soumises aux phénomènes physiques qui régissent les ondes radio comme les fortes atténuations du signal avec la distance, seuls les hôtes suffisamment proches les uns des autres peuvent communiquer directement. Concernant les communications de longues distances, un mécanisme appelé multi-sauts est utilisé. L'acheminement des données doit se faire en relayant les messages par certains objets de proche en proche. L'utilisation d'une antenne radio omnidirectionnelle implique également qu'un message envoyé par un émetteur est reçu par tous les récepteurs suffisamment proches de lui. [1]

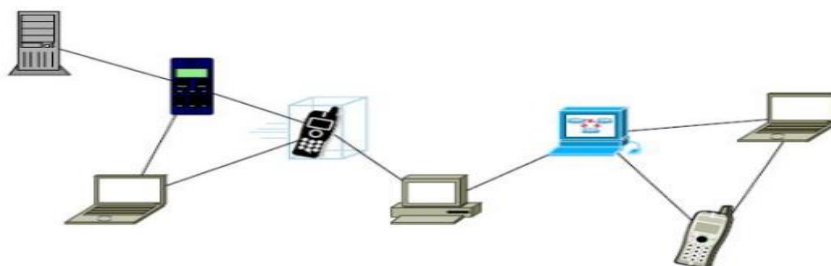


Figure II.1: Réseau ad hoc

II.3. Les réseaux MANET

Un réseau mobile ad hoc, appelé aussi MANET (mobile ad hoc network) est un système autonome qui se compose de nœuds mobiles dynamiques interconnectés par des liaisons sans fils en l'absence d'une infrastructure fixe et sans gestion centralisée. Le déplacement des nœuds se fait d'une façon aléatoire ce qui peut engendrer un changement brutal dans le comportement et la structure du réseau. Les nœuds qui sont dans la portée radio communiquent directement tandis que ceux qui sont hors de la portée utilisent des nœuds intermédiaires comme relais afin d'acheminer le paquet au destinataire.



Figure II.2 : Réseau MANET

II.4. Réseaux ad hoc véhiculaires

II.4.1. Définition VANETs

Réseau ad hoc véhiculaire, où VANET, est une forme de Réseau ad hoc mobile, pour fournir des communications parmi les véhicules voisins et entre les véhicules et l'équipement fixe voisin, habituellement décrit comme équipement de bord de la route. Ce réseau tend à fonctionner sans n'importe quelle communication d'infrastructure ou de client et de serveur de legs. Chaque véhicule équipé du dispositif de VANET sera un nœud dans le réseau ad hoc et peut recevoir et transmettre par relais d'autres des messages par le réseau sans fil. L'avertissement de collision, les alarmes de signe de route et la vue sur place du trafic donneront au conducteur les outils essentiels pour décider le meilleur chemin le long de la manière [15].

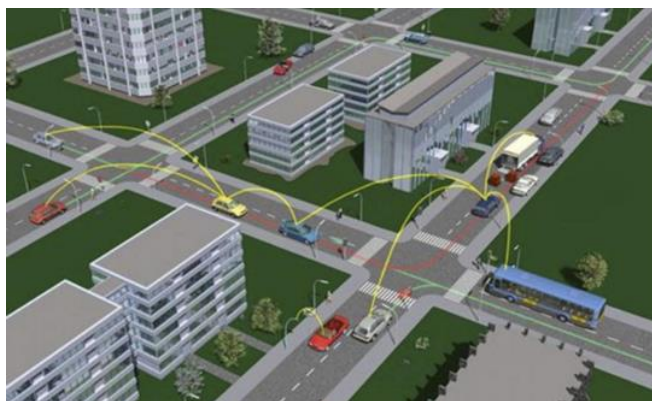


Figure II.3: Réseau VANET

II.4.2. Nœud d'un réseau VANET [10]

Un nœud dans un réseau de véhicules est un véhicule intelligent équipé de terminaux tels que :

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

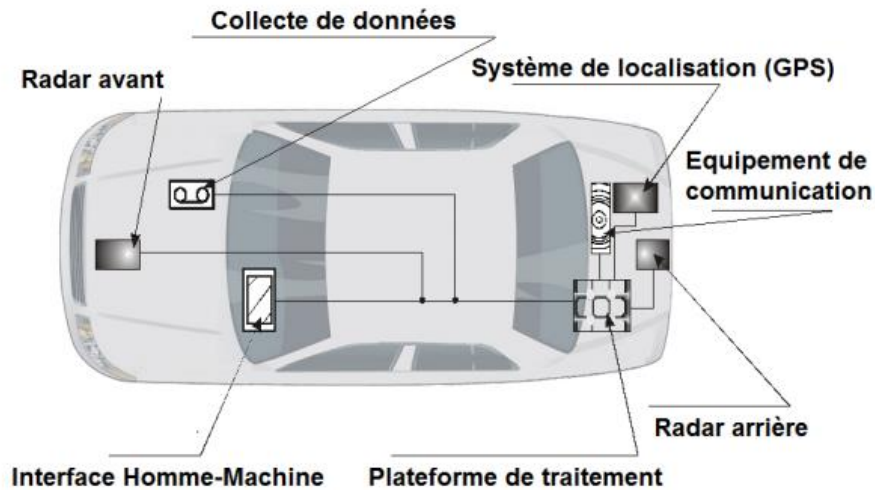


Figure II.4 : Les éléments constituant le véhicule intelligent

II.4.3. Les modes de communications dans les réseaux VANET

On peut trouver trois modes dans les VANETS.

II.4.3.1. Mode de communication véhicule à véhicule (V2V)

Dans ce mode, chaque véhicule est équipé pour communiquer directement avec un autre véhicule et cette communication moins coûteuse et plus flexible [16].

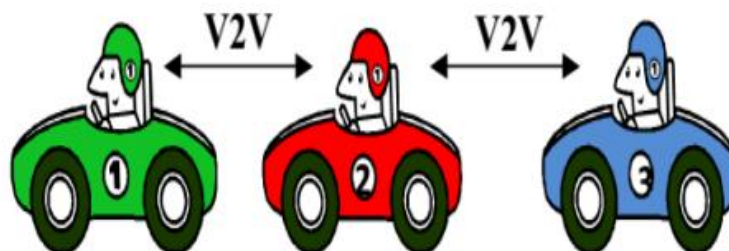


Figure II.5: Communication véhicule à véhicule

II.4.3.2. Mode de communication de véhicule avec utilisation d'infrastructures

Cette façon de communication permet une meilleure utilisation des ressources partagées et multiplie les services fournis par les RSUs installés sur le bord de la route, mais le problème de ce mode est coûteux [17].

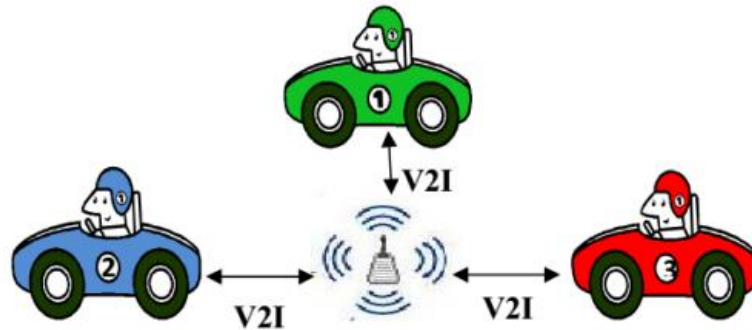


Figure II.6 : Communication véhicule à station de base

II.4.3.3. Mode de communication hybride (V2X)

Ce mode de communication est produit lors de la combinaison des deux modes de communication précédents (V2V, V2I).

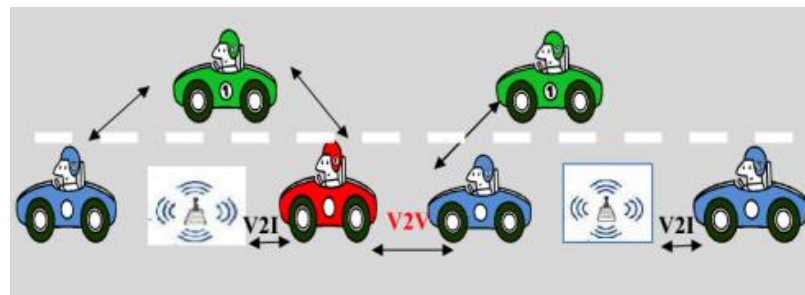


Figure II.7: Communication hybride

II.4.4. Les caractéristiques des VANETS [16] [18].

Les réseaux véhiculaires ont des caractéristiques spécifiques qui les distinguent des réseaux ad hoc mobiles, Ces caractéristiques doivent être prises en compte lors de conception des protocoles pour les VANETS. Dans cette partie, nous présentons quelques propriétés et contraintes concernant ce type de réseau :

a) *Forte mobilité*

Les nœuds des VANETS se caractérisent par sa vitesse relative élevée ce qui rend son environnement très dynamique.

b) Modèles de mobilité aléatoire prévisibles et restreints

Contrairement à la mobilité aléatoire de MANET, les mouvements des nœuds VANET sont soumis à des règles restreintes (règles de théorie de la circulation) ce qui les rend prévisibles au moins à court terme.

c) Chargement de topologie rapide

Les nœuds VANET se caractérisent par leur grande vitesse. Cela se traduit par des changements de la topologie du réseau, ce qui entraîne des coûts de communication Élevé pour le partage de nouvelles informations de topologie.

d) Localisation

Les véhicules peuvent utiliser le système de positionnement global (GPS) pour les localiser très précisément.

e) Nœuds réseau abondants

Contrairement à MANET qui se caractérise par une taille réduite de réseau, les réseaux VANET peuvent être très importants en raison de la forte densité des véhicules.

f) Contraintes de délai difficiles

Les messages de sécurité sont l'objectif principal des VANET. Par conséquent, les messages de sécurité doivent recevoir une priorité élevée et doivent être délivrés rapidement.

II.4.5. Composants d'un réseau VANET

Un réseau VANETS est constitué principalement de trois entités [19] :

• TA (Trusted Authority)

Dites CA en français (autorité de confiance). C'est une source d'authenticité de l'information. Elle assure la gestion et l'enregistrement de toutes les entités sur le réseau (RSU et OBU). La TA est sensée connaître toutes les vraies identités des véhicules et au besoin les divulguer pour les forces de l'ordre. Aussi, la TA dans certains travaux se charge de la délivrance et l'attribution des certificats et des pseudonymes de communications.

• RSUs (Road Side Unit)

Ces entités sont les subordonnés des TA. Elles sont installées au bord des routes. Elles peuvent être principalement, des feux de signalisation, des lampadaires ou autres. Leur principale responsabilité est de soutenir la TA dans la gestion du trafic et des véhicules. Elles représentent des points d'accès au réseau et aux différentes informations sur la circulation.

• OBU (On-Board Unit)

Ce sont des unités embarquées dans les véhicules intelligents, elles regroupent un ensemble de composants matériels et logiciels de hautes technologies (GPS, radar, caméras, différents capteurs et autres). Leurs rôles sont d'assurer la localisation, la réception, le calcul,

le stockage et l'envoi des données sur le réseau. Ce sont des émetteurs-récepteurs qui assurent la connexion du véhicule au réseau.

II.4.6. Services offerts par les réseaux VANETS [20]

Il existe plusieurs services peuvent être offerts par les réseaux VANETS, ils sont classés comme suit : service de sécurité et confort

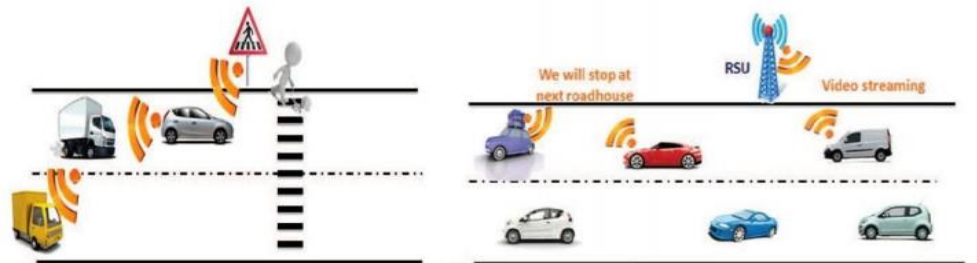


Figure II.8 : Services offerts par les réseaux VANETS

(a) Service de sécurité

(b) service de confort

a) Services liés à la sécurité routière

Ces services sont liés à des applications qui améliorent la sécurité des personnes et des biens. Ils sont basés sur la détection de l'environnement à proximité grâce à des capteurs (tels que des radars et des caméras) installés dans des véhicules ou des centres de contrôle, ainsi que sur la diffusion de messages fournissant des informations d'état pertinentes. Internet (circulation, travaux routiers, météo), ou rappeler aux conducteurs les limites de vitesse, les distances de sécurité, ou s'ils approchent d'une intersection. En raison d'exigences de synchronisation strictes, ces applications nécessitent généralement une communication directe de véhicule à véhicule.

b) Services liés au confort

En plus des services liés à la sécurité routière, d'autres services améliorent le confort des passagers et l'efficacité du trafic ; ces services peuvent être : La communication multimédia, les jeux en réseau, la messagerie instantanée, l'accès à Internet, les paiements automatiques et la diffusion d'informations utiles.

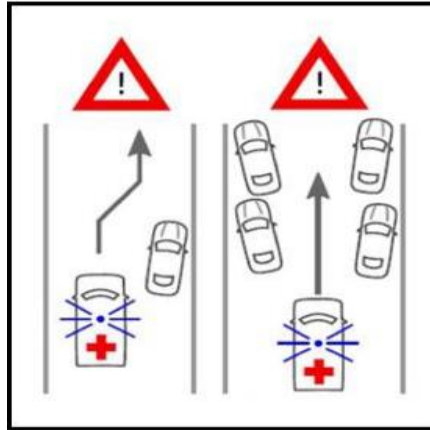


Figure II.9 : Application d'avertissement pour céder le passage à un véhicule prioritaire

II.4.7. Applications des VANET

Les VANET peuvent être utilisés pour [SAA] :

II.4.7.1. Les applications prévues avec cette technologie

- Appel d'urgence.
- Transfert de données (musique MP3, fichiers en provenance du bureau ou de la maison).
- Accès à Internet.
- Péage électronique.

II.4.7.2. Les applications en temps réel

Les VANETs peuvent améliorer la prévention routière de façon significative, en alertant le conducteur d'une situation dangereuse. Ils permettent également d'élargir le champ de perception du conducteur à celui de l'ensemble des véhicules avec lesquels il peut communiquer.

II.4.8. Les défis

Les caractéristiques des réseaux véhiculaires découlent plusieurs défis que l'on peut compter les plus importants en ces points :

II.4.8.1. La sécurité

La sécurité dans le réseau VANET doit être considérée comme importante pour les autres réseaux informatiques sécurisés. Il y'a un certain nombre d'attaques possibles dans VANET. Le but de ces attaques est de créer un problème pour que les utilisateurs accèdent au système ou pour rechercher des informations. Par exemple : déni de service attaque de tunnel...etc. [10].

II.4.8.2. Routage efficace

Pour envoyer des paquets de données d'un nœud à un autre correctement et rapidement, un algorithme de routage efficace est nécessaire. Dans VANET, un algorithme de routage efficace signifie un système de routage avec un délai minimal, une capacité système maximale et une complexité moindre pour le calcul. La conception d'un tel algorithme pouvant être implémentée dans de nombreuses topologies de réseau et répondant à toutes les caractéristiques énumérées ci-dessous est une zone de recherche active dans VANET.

Généralement, la signification et la maintenance de l'image idéale pour l'envoi de données via les nœuds intermédiaires constituent le principal moteur de l'algorithme de routage VANET, en raison de la nature dynamique des nœuds mobiles, la recherche et l'économie de la route sont une tâche complexe. Compte tenu du fait que VANET a conduit à l'utilisation des protocoles de routage spéciaux au début pour MANET. Les adresses et les protocoles de routage est basés sur la topologie nécessitent une adresse unique pour chaque nœud de partage. Cela signifie qu'un mécanisme souhaitable peut être utilisé pour affecter des adresses uniques à des véhicules, mais ces protocoles ne garantissent pas que la répétition d'adresses d'allocation dans le réseau soit évitée [21].

II.4.8.3. Qualité de service (QoS)

Assurer certains niveaux de qualité de service dans VANET est une tâche importante. Un réseau avec un délai de transmission de données minimal, moins de retransmission et un délai élevé peut fournir aux utilisateurs une certaine QoS. Dans la conception de réseau VANET, promouvoir ce type de QoS via différentes applications utilisateur et une intoxication dynamique du réseau est une tâche intéressante et stimulante. En raison des modifications de la vitesse des nœuds, de l'emplacement des nœuds, de la topologie du réseau ou de la distance entre les nœuds des véhicules, la prise en charge de la QoS sur le réseau VANET est toujours difficile lorsque le chemin de routage actuel n'est pas disponible. Il peut être difficile pour les ingénieurs réseau et les chercheurs d'utiliser la bande passante disponible du réseau VANET pour améliorer la transmission des messages et développer des protocoles de routage QoS adaptatifs pour planifier de nouveaux itinéraires rapide et efficace.

Services de la QoS [22-23].

La mise en place de la qualité de service nécessite en premier lieu la reconnaissance des différents services:

- La source et la destination du paquet.
- Le protocole utilisé (UDP/TCP/etc.).
- Les ports de source et de destination dans le cas TCP et UDP.
- La congestion des réseaux.

- La validité du routage (gestion des pannes dans un routage en cas de routes multiples par ex.)
- La bande passante consommée.
- Les temps de latence.

Paramètres de la qualité de service :

Si le protocole MAC qui résout le problème de partage de média et prend en charge une communication fiable n'est pas adopté, la prise en charge de la qualité de service dans la couche réseau ou la couche transport ne peut pas être garantie, et il gère d'autres défis du réseau. Les capteurs, tels que les restrictions énergétiques strictes et les cyclistes et les conditions environnementales, ne peuvent pas être prédits par des méthodes telles que la retransmission ou le contrôle de la puissance de transmission. De plus, bien qu'il existe également des mécanismes MAC centralisés pour d'autres types de réseaux, tels que la fonction de coordination de point (PCF) dans IEEE 802.11, où les nœuds demandent des droits d'accès au support au coordinateur, ceux-ci sont dus à un grand nombre de nœuds et à des problèmes d'évolutivité. Houlon de nature, ce genre de schéma est difficile à appliquer au réseau sans fil. Par conséquent, notre priorité est la qualité de service au niveau MAC où le média est distribué

●**Délai de bout en bout (Delay) :** Le délai de bout en bout est la durée de temps prise pour transférer un paquet à partir de sa source d'envoi vers sa destination de réception. Ce délai pour chaque paquet est calculé suivant cette formule :

Délai de bout en bout = instant de réception du paquet – instant d'émission du paquet.

●**Variance de délai (Jitter) :** La variance de délai ou gigue (en anglais jitter) est la différence entre le délai de bout en bout max et le délai de bout en bout min.

Gigue = Délai de bout en bout max - Délai de bout en bout min.

En général, si la gigue est faible cela peut vouloir dire que les nœuds sont proches les uns des autres donc la connectivité du réseau est forte. A l'inverse, si la valeur de la gigue est grande cela veut dire que les vitesses des nœuds sont très variables et que la connectivité du réseau est faible.

●**Bande passante (Bandwidth) :** La bande passante est le volume de Méga bit de données reçus par seconde. Périodiquement on recalcule ce nombre en utilisant la formule suivante :

Bande passante = taille du message reçu en bits/délai de bout en bout pour ce paquet (secondes).

Plus la bande passante est grande, plus le réseau est chargé et plus il y a des pertes de paquets.

• **Pertes de paquets (Packet loss)** : Le taux de perte des paquets est le nombre de paquets perdus par rapport au nombre total de paquets envoyés.

Taux de perte = nombre de paquets perdus/nombre de paquets émis.

De plus, bien qu'il existe également des mécanismes MAC centralisés pour d'autres types de réseaux, tels que la fonction de coordination de point (PCF) dans IEEE 802.11, où les nœuds demandent des droits d'accès au support au coordinateur, ceux-ci sont dus à un grand nombre de nœuds et à des problèmes d'évolutivité. Houlon de nature, ce genre de schéma est difficile à appliquer au réseau sans fil. Par conséquent, notre priorité est la qualité de service au niveau MAC où le média est distribué

II.4.9. Les types de messages [19]

Les différents messages échangés dans les réseaux VANETs peuvent être facilement classés, selon leurs utilités et leurs contenus, en deux grands types de message : message lié à la sécurité et message à valeur ajoutée.

II.4.9.1. Message lié à la sécurité

L'objectif principal de la naissance des réseaux VANETs était la sécurité des usagers de la route. Ainsi on trouve deux types de messages de sécurités :

- **Le message beacon**

Ce type de message contient souvent des informations relatives à l'identité et à l'état actuel du véhicule (Position, vitesse, direction et autres), il est diffusé périodiquement et est utilisé principalement pour permettre l'identification du voisinage. Ce type de message joue un rôle primordial dans la plupart des protocoles de routage et de sécurité.

- **Le message d'alerte (d'urgence)**

Ce type de message est envoyé pour prévenir les autres véhicules de différentes urgences et des catastrophes sur la route (accident, congestion de la circulation, information météorologique, passage d'un véhicule de secours et autres), afin qu'ils aient plus de temps pour agir. Ce type de message aide à améliorer la circulation et la sécurité routière.

II.4.9.2. Message à valeur ajoutée

Ce type de message peut contenir n'importe quelle autre information ou donnée. Il peut contenir des informations sur des services. Comme l'endroit des restaurants ou des hôtels. Il peut aussi contenir des données multimédias ou n'importe quelle donnée ou information, qui peut améliorer le confort des usagers de la route.

II.4.10. Les méthodes d'accès dans les réseaux VANET [24-25]

Dans cette section nous allons nous intéresser aux technologies de communication dans les réseaux VANET qui peuvent être envisageables selon le besoin et l'environnement de communication. Il existe deux types de système possible :

II.4.10.1. Les systèmes de communication intra-véhiculaires [22][25]

Le but de ces systèmes est la diffusion de l'information à l'intérieur du véhicule seulement et non pas vers l'extérieur, le système intra-véhiculaire se compose de capteurs, plateforme de calcul et de réseaux filaire (CAN) ou sans fil (Bluetooth, infrarouge...etc.) afin de venir en aide aux conducteurs et leur fournir les informations nécessaires pour les prévenir d'un danger fatal qui peut être provoqué par la non fiabilité des systèmes mécaniques ou autres du véhicule lui-même. Ou bien des systèmes d'aide à la conduite connus sous le nom de << systèmes avancés d'aide à la conduite >> (ADAS). Pour cet effet deux sortes de capteurs ou sources d'information sont utilisés :

1. Les capteurs proprioceptifs :

Ce genre de capteurs fournit des informations internes au véhicule sur son comportement et ses paramètres, sans se préoccuper de l'environnement de conduite. Ces informations sont très précieuses pour déterminer les risques et se prévenir des dangers qui peuvent survenir. Par exemple les informations sur la vitesse du véhicule acquises grâce à (l'odométrie), les accélérations (par gyromètre) ou sur l'état du véhicule (moteur, freins...etc.).

2. Les capteurs extéroceptifs :

Contrairement à la première catégorie, ces capteurs embarqués dans le véhicule dans le but de percevoir l'environnement qui l'entoure. Les informations collectées sont transférées en temps réel au conducteur pour le renseigner sur l'état du trafic et les dangers éventuels qui peuvent survenir, à titre d'exemple la télémétrie laser ou radar, les ultrasons, etc.

Ce genre de capteurs est plutôt utilisé dans la classe des ADAS autonomes puisqu'il n'exige aucune interaction physique avec l'environnement et se contente de le percevoir passivement.

Nous remarquons la grande importance de ces capteurs pour la conduite coopérative mais malheureusement ils montrent des limites dans le cas où l'environnement est plus étendu pour cela l'utilisation des systèmes extra- véhiculaires s'avère indispensable.

II.4.10.2. Les systèmes extra- véhiculaires :

A) Systèmes de télécommunications (communication mobiles)

Les systèmes de télécommunications sont également connus sous le nom de réseaux cellulaires mobiles. Cette section nous s'intéresserons aux différentes techniques de réseaux

cellulaires et les réseaux sans fil qui peuvent être applicable pour les applications STI (système de transport intelligent).

➤ **GSM et le GPRS [24-25] :**

GSM est un système de la deuxième génération de téléphonie mobile orienté vers la communication de la voix. Le GSM est relié à deux entités mobiles à l'aide des liaisons radio qui peuvent s'étendre de 300 mètres jusqu'à 30 kilomètres, selon le milieu d'emplacement (urbain ou rural). Il est aussi capable de transférer des données pour accéder à internet, mais son très faible débit de 9.6 kbit/s cause des problèmes dans le cas de la présence de plusieurs entités mobiles. La norme GPRS est un prolongement du GSM. Elle offre un débit de données plus élevé, en l'occurrence de l'ordre de 40 kbit/s (pour un maximum théorique de 171 kbit/s), qui offre une connexion internet (minimale en terme de débit) utilisée par le service d'urgences (SOS) de certains constructeurs automobiles par exemple.

➤ **UMTS :**

Universal Mobile Télécommunication System (UMTS) est une technologie de la troisième génération (3G) qui présente de nouvelles techniques de transmission de données en comparaison aux précédentes générations, l'UMTS transmet les données sur toute la largeur de sa bande de radiofréquences, l'utilisateur peut opérer avec un débit théorique de 2 Mbit/s qui offre plusieurs opportunités (appel vidéo, TV sur mobile) mais à une vitesse limitée à 384 Kbit/s. cette technologie est un nouveau système de relais multi-bonds de bout en bout pour la communication des véhicules proposée pour étendre la couverture en permettant aux véhicules une connexion à l'aide de l'infrastructure .

➤ **Le WIMAX [25] :**

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WIMAX) basé sur la norme IEEE 802.16 est un réseau étendu orienté connexion qui Offre potentiellement un accès large bande, il couvre des distances qui peuvent atteindre jusqu'à 50 kilomètres avec un débit de 70 Mbit/s. l'adoption d'une architecture point-à-multipoint (P2MP), peut être une solution envisageable dans le cas des communications véhicule-à-infrastructure mais présente peut d'intérêt pour les communications V2V (délai trop élevé).

➤ **Le WIFI [26-28] :**

Wireless Fidelity (WIFI) est une technologie de réseau sans fil par onde radio la plus populaire des technologies sans fil des hot spots, utilisant les standards de connexion définis par IEEE 802.11. Différents standards ont vu le jour pour résoudre les problèmes rencontrés dans les communications où la mobilité est l'enjeu principal. Le standard Wifi 802.11b offre un débit théorique de 11 Mbit/s (supérieur à une offre ADSL), des débits encore plus élevés sont proposés par ses successeurs parmi lesquels on trouve le standard IEEE 802.11a. Il couvre un rayon d'action d'une centaine de mètres qui peut être étendu en installant des

bornes relais. Cette technologie peut fonctionner en mode ad hoc sans la présence d'une infrastructure routière (point d'accès) contrairement aux autres. Les véhicules peuvent profiter de cet avantage pour élargir la couverture et interagir entre eux à l'aide d'une communication à plusieurs sauts pour échanger des informations.

B) Radio diffusion numérique :

Dans les systèmes de radio diffusion numérique l'information est diffusée depuis la station de base jusqu'aux utilisateurs, de manière permanente et sur de grandes distances, aussi les véhicules reçoivent la même information en temps réel. Trois standards sont utilisés : RDS/TMC, DAB/DMB, et DVB-T/DVB-H.

➤ RDS /TMC [25] :

Le RDS/TMC (*Radio Data System/ Traffic Message Channel*) est un système de navigation doté d'un récepteur RDS/TMC qui permet avant tout d'agir sur l'autoradio afin de diffuser une émission ou un flash d'information trafic, parmi les possibilités offertes par le RDS on trouve : le basculement automatique de l'autoradio (du mode lecteur de cassette à tuner) ou l'augmentation du niveau sonore lors de l'émission d'un message trafic, ces fonctions sont accessibles sauf si l'utilisateur sélectionne le mode approprié sur son autoradio. Le RDS/TMC permet de transmettre des données précises sur l'événement routier et sur les conditions de circulations, il s'adresse aussi à un petit nombre d'équipements ou terminaux média mobiles de guidage dynamiques avec information routière en temps réel. Ce mode de communication est adapté pour les liaisons à moyenne distance (de 10 à 100 km) avec un débit de données d'environ 1.2 kbit/s.

➤ DAB/ DMB :

Normalisé par l'Européen Télécommunication Standards Institute (ETSI) en 2005. Avec un débit de 2,4 Mbit/s, une latence de 100 ms, un délai non borné et une communication unidirectionnelle, ces technologies ne peuvent supporter que les applications d'information de trafic routier.

➤ DVB-T/DVB :

Cette entité de Digital vidéo Broadcasting-terrestrial (DVB-T) repose sur la compression MPEG afin de réduire la taille des données à transmettre (voix, vidéo ... etc.), augmenter et améliorer la vitesse, le délai de transmission qui se développera ensuite vers le DVB-H en apportant des nouveautés en termes de protection des flux à transmettre, une latence très réduite jusqu'à six secondes et un débit amélioré qui est indispensable dans le cas des réseaux où la mobilité est très grande comme les VANET. Malheureusement le besoin en sécurité du trafic routier n'est pas inclus.

II.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les réseaux véhiculaires ad hoc (VANETs) qui ne sont qu'un sous-groupe des réseaux MANETs. Ainsi, nous avons décrit les modes de communications dans les réseaux VANET, leur domaines d'applications, les composants des réseaux VANETs, les services offerts par les réseaux VANETs, leur technologie de communications, les principales caractéristiques, les défis, les types de messages et leurs méthodes d'accès dans les réseaux VANETs.

CHAPITRE III:

*Les protocoles de routage
et les modèles de mobilité*

A. Les protocoles de routage dans les réseaux ad hoc

III.1. Introduction

Lors de la transmission d'un paquet de données d'une source vers une destination, il est nécessaire de faire appel à un protocole de routage qui acheminera correctement le paquet par le meilleur chemin. Comme nous avons déjà vu, un réseau Ad Hoc est un ensemble de nœuds mobiles qui sont dynamiquement et arbitrairement éparpillés d'une manière où l'interconnexion entre les nœuds peut changer à tout moment. Dans la plupart des cas, l'unité destination ne se trouve pas obligatoirement dans la portée de l'unité source ce qui implique que l'échange des données entre deux nœuds quelconques, doit être effectué par des stations intermédiaires. Pour cela le réseau doit donc s'organiser automatiquement et réagir rapidement aux différents mouvements des nœuds. Chaque unité devient donc un nœud susceptible d'être mis à contribution pour participer au routage. Pour pallier ce type de problème, de nombreux protocoles ont été proposés, ils peuvent être classés en deux catégories, les protocoles proactifs et les protocoles réactifs.

Les protocoles proactifs établissent les routes à l'avance en se basant sur l'échange périodique de tables de routage alors que les protocoles réactifs recherchent les routes à la demande du réseau. Il existe une troisième approche, dite hybride, qui combine les deux approches précédentes. Dans ce chapitre, nous allons décrire en détail un certain nombre de protocoles de routage. [1]

III.2. Définition

Le routage est une méthode d'acheminement des informations à la bonne destination à travers un réseau de connexion donné. Le problème de routage consiste à déterminer un acheminement optimal des paquets à travers le réseau au sens d'un certain critère de performance. Le problème consiste à trouver l'investissement de moindre coût en capacités nominales et de réserves qui assure le routage du trafic nominal et garantit sa serviabilité en cas de n'importe quelle panne d'arc ou de nœud. Les protocoles de routage dans les réseaux ad-hoc sont indispensables pour communiquer entre deux stations qui ne sont pas directement en contact. [29-30]

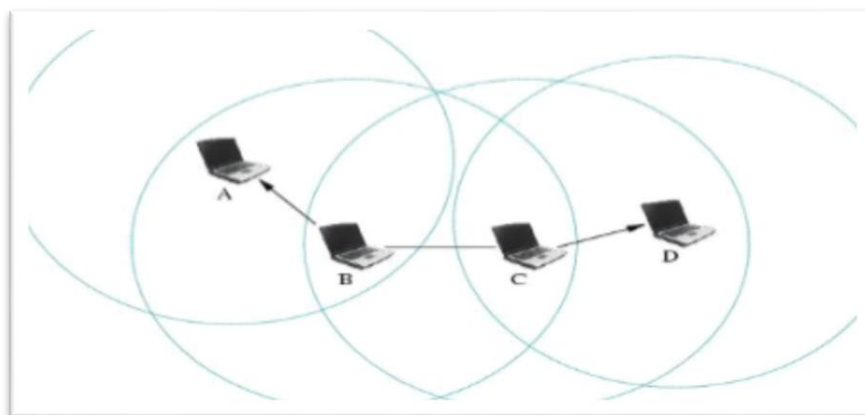


Figure.III.1 : Le chemin utilisé dans le routage entre la source et la destination

III.2.1. LE ROUTAGE DANS LES MANETS

Le routage est la tâche d'acheminement de flux des données à partir des nœuds sources vers les nœuds destinations. Si une seule destination est impliquée dans la communication, alors il s'agit d'un "routage unicast", si encore tous les nœuds du réseau ou juste un sous ensemble sont concernés par la réception des données alors on parle du "broadcast" et du "routage multicast", respectivement. [30]

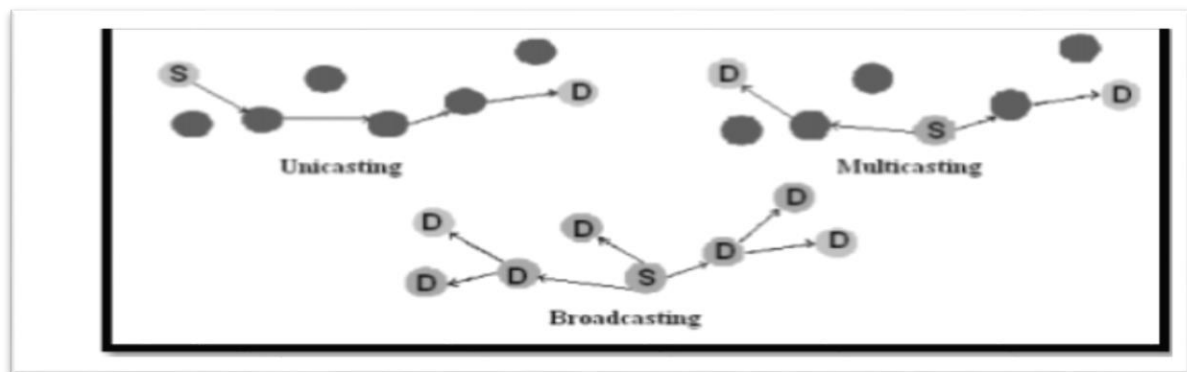


Figure.III.2 : illustration du routage unicast, multicast et broadcast

III.2.2. Routage dans les VANETs [29]

Les protocoles de routage pour VANET sont conçus pour l'environnement urbain où les véhicules sont équipés de dispositifs GPS et d'appareils sans fil pour le suivi continu des véhicules. L'objectif des protocoles de routage est de sélectionner un chemin optimal avec un coût minimum. En raison du comportement dynamique du réseau VANET, sa topologie continue de changer. Afin d'assurer que les messages sont envoyés de source à destination, les réseaux en évolution devraient être appliqués.

III.3. Problématiques de routage dans les réseaux Ad Hoc

Afin d'assurer la connectivité du réseau, bien qu'il n'y ait pas d'infrastructure fixe et de mobilité de site, chaque nœud est susceptible de devoir participer au routage et retransmettre des paquets de données à partir d'un nœud qui ne peut pas « atteindre complètement la destination ». Le nœud joue donc le rôle d'un site et d'un routeur. L'échelle des réseaux Ad Hoc peut être très grande, et ce fait indique que l'environnement de gestion du routage doit être complètement différent des méthodes utilisées dans le routage traditionnel. Le problème qui se pose dans l'environnement réseau Ad Hoc est l'adaptation au mode de routage d'un grand nombre d'unités existant dans un environnement caractérisé par des capacités de calcul et de sauvegarde modérées.

III.4. La conception des stratégies de routage [31]

L'étude et la mise en œuvre d'algorithmes de routage pour assurer la connexion des réseaux Ad Hoc au sens classique du terme (tout sommet peut atteindre tout autre) est un problème complexe. L'environnement est dynamique et évolue donc au cours du temps la topologie du réseau peut changer fréquemment. Il semble donc important que toute conception de protocole de routage doive tenir compte de tous les facteurs et limitations physiques imposées par l'environnement afin que les protocoles de routage résultant ne dégradent pas les performances du système :

- ✚ La minimisation de la charge du réseau
- ✚ Offrir un support pour pouvoir effectuer des communications multipoints fiables
- ✚ Assurer un routage optimal
- ✚ Le temps de latence

III.5. L'évaluation des protocoles de routage

Les protocoles de routage doivent être évalués afin de mesurer les performances de la stratégie utilisée et de tester sa fiabilité. L'utilisation d'un réseau Ad Hoc réel dans une évaluation est difficile et coûteuse, en outre de telles évaluations ne donnent pas généralement des résultats significatifs. Le réseau réel n'offre pas la souplesse de varier les différents paramètres de l'environnement et pose en plus le problème d'extraction de résultats. Une unité reste dans sa position courante pendant une certaine durée (pause time), par la suite elle choisit une nouvelle vitesse et une nouvelle localisation vers laquelle elle se déplace. Chaque unité répète ce même comportement jusqu'à la fin de la simulation. Les paramètres mesurés dans une évaluation dépendent de la stratégie de routage appliquée mais généralement tout simulateur doit être en mesure d'évaluer :

- ❖ Le contrôle utilisé dans le mécanisme de mise à jour de routage
- ❖ Les délais moyens du transfert des paquets
- ❖ Le nombre moyen de nœuds traversés par les paquets de données.

III.6. Classification des protocoles de routage

Le principal but de toute stratégie de routage est de mettre en œuvre une méthode de gestion d'acheminement robuste et efficace. En général, toute stratégie de routage repose sur des mécanismes que nous pouvons regrouper en trois grandes classes : les protocoles de routage pro actifs, les protocoles de routage réactifs et les protocoles de routage hybrides. Mais, il existe d'autres types de classification tels que : géographiques, hiérarchiques, à qualité de service et multicast, etc. [32]

III.6.1. Les protocoles de routage basés sur la topologie

Les systèmes de routage basés sur la topologie nécessitent généralement une information supplémentaire sur la topologie des nœuds pendant le processus de décision de routage et se divisent en en deux classes, sont :

III.6.1.1 Les protocoles réactifs [34]

Les protocoles réactifs sont opposés aux protocoles proactifs ; ils ne peuvent pas conserver des tables lorsque la topologie change. Dans ces types de protocoles, la requête inonde dans le réseau lorsqu'un nœud source souhaite transmettre les données et quel itinéraire découverte est stocké jusqu'à ce qu'un autre nœud soit inaccessible. Ils traitent les routes cachées et la façon dont les réponses des routes sont traitées. La bande passante du réseau est faible en raison du mécanisme de découverte d'itinéraire. Les protocoles réactifs populaires sont :

- Le protocole AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector)
- Le protocole DSR (Dynamic Source Routing)

III.6.1.2 Les protocoles proactifs

Les protocoles de routage proactifs maintiennent des tableaux représentant la topologie. Dans ces protocoles, les tables se mettent à jour régulièrement et envoient les informations d'un nœud à l'autre. Les protocoles de routage proactifs s'appellent également les protocoles pilotés par table en raison de sa nature. Il existe deux types de mises à jour disponibles dans les protocoles proactifs, la mise à jour périodique et la mise à jour déclenchée en raison de la diffusion des tables de mise à jour, ils gaspillent de l'énergie et de la bande passante dans le réseau. Dans les protocoles proactifs, la taille de la table augmente lorsque les nœuds sont ajoutés dans les réseaux. Parmi les protocoles proactifs les plus largement étudiés :

- Le protocole OLSR (Optimized Link State Routing)
- Le protocole DSDV (Destination-Sequenced Distance-Vector)
- Le protocole GSR (Global State Routing)

III.6.1.3. Les protocoles hybrides [34]

Le routage hybride est une combinaison de caractéristiques de protocoles réactifs et proactifs. La fonction réactive est la protection d'information plus précise dans la portée locale et la fonctionnalité proactive est un routage à distance supplémentaire. Les protocoles de routage hybride sont basés sur des zones telles que les nœuds sont divisés en différentes zones pour la maintenance et la découverte d'itinéraires. Le protocole de routage hybride réduit l'overhead du protocole de routage global et sa performance est meilleure dans les changements très dynamiques. Routage hybride Parmi les protocoles hybrides les plus connus:

- Le protocole ZRP (Zone Routing Protocol)

III.6.2 Les protocoles de routage basés sur la géographique

C'est une technique de routage dans laquelle un nœud prend sa décision de routage à l'aide des informations reçues du dispositif GPS. Il envoie un paquet de source vers destination en fonction de la position géographique du véhicule au lieu d'utiliser l'adresse

réseau. Il ne maintient pas de table de routage ou échangé des informations d'état de liaison avec un autre nœud dans le réseau. Dans ce cas, chaque nœud connaît sa position et la position de son voisin et utilise cette information pour prendre une décision de routage. Lorsque la source doit envoyer un paquet, elle stocke l'adresse de destination dans l'en-tête du paquet qui aidera à transférer le paquet vers la destination sans avoir besoin de découvrir, de maintenir l'itinéraire ou même de prendre conscience de la topologie du réseau.

Les protocoles géographiques populaires sont:

- Le Protocol A-STAR (Anchor-based Street and Traffic Aware Routing)
- Le protocole UMB (Urban Multi hop Broadcast Protocol)
- Le protocole GyTAR (improved Greedy Traffic-Aware Routing protocol)
- Le protocole VADD (Vehicle-Assisted Data Delivery)
- Le protocole MORA (movement-based Routing Algorithm)
- Le protocole GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing)

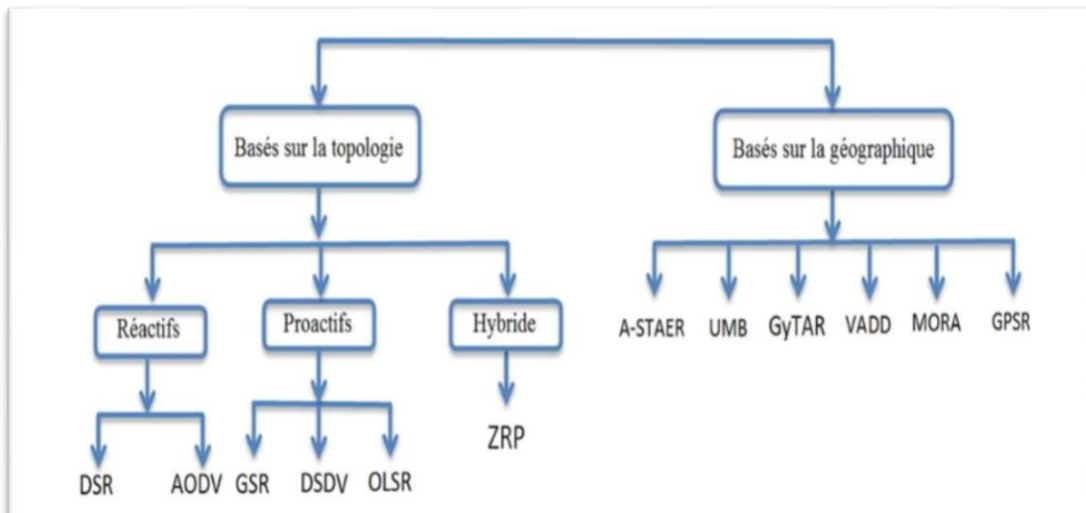


Figure.III.3 : Les protocoles de routage dans les réseaux VANETs [6]

B. Les modèles de mobilité dans réseaux VANET

III.7. Introduction

Le modèle de mobilité de VANET est lié à la diversité environnementale et les infrastructures routières. Simultanément, le mode de mobilité des réseaux VANETs est mis en œuvre à partir de la vitesse de véhicules, de leurs mouvements aléatoires, et comportements et réalisations des conducteurs face à des obstacles ou des situations diverses ou complexes. (Ex. les heures de pointe, les accidents, etc.). Dans ce chapitre, nous présentons l'état de l'art sur les modèles de mobilité dans les réseaux VANET. On commence par définir la mobilité, les fonctionnels d'un modèle de mobilité et à la fin nous décrivons les modèles de mobilité dans VANET.

III.7. 1. La mobilité

La mobilité est la propriété ou la nature de quelque chose qui peut se déplacer dans l'espace, suivi d'un changement métaphorique (fonction), d'un côté et de la forme (mobilité du visage par exemple), ou instable (Larousse cite un exemple de « la mobilité des sentiments »). La mobilité des personnes physiques peut être limitée par certains handicaps et pour tout cela implique un accès aux moyens et aux infrastructures de transport [35]



Figure.III.4. La mobilité

III.8. Les fonctionnels d'un modèle de mobilité [36]

Afin de garantir la validité du modèle de mobilité pour une mobilité réelle, celui-ci doit être intégré entre deux niveaux, la macro-mobilité et la micro-mobilité

III.8.1.La macro-mobilité

La macro-mobilité consiste en la mobilisation des aspects visuels affectant la circulation des véhicules, décrivant la topologie du réseau routier et les caractéristiques de chaque route (à double sens ou à sens unique, nombre de voies, vitesse limitée), la suppression des règles de sécurité de chaque route, les signaux présents au niveau des intersections (feux de signalisation, panneaux-stop...) etc.

III.8.2.La micro mobilité

La micro mobilité est le comportement individuel de chaque conducteur. Elle comprend des fonctions de remplissage telles que l'accélération/décélération, le freinage et l'interaction du conducteur avec les autres conducteurs et l'infrastructure routière

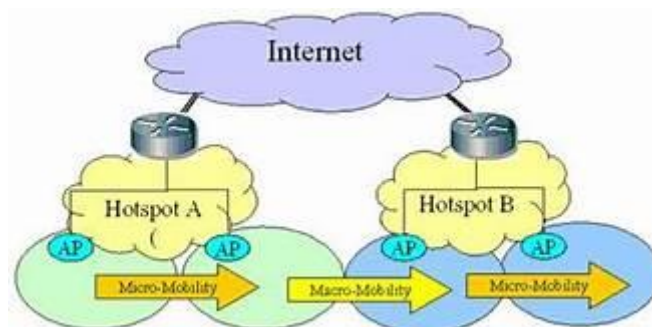


Figure.III.5. Exemple de macro-mobilité et micro mobilité

III.9. Les modèles de mobilité dans un VANET [37]

La circulation automobile est limitée aux routes et obéit aux mécanismes de contrôle de la circulation. Il est donc nécessaire d'appliquer des modèles appropriés selon des scénarios spécifiques. Ces modèles sont plus sensibles au facteur temps et à la mémoire que les modèles généraux, mais ils sont plus adaptés aux mouvements de véhicules

III.9.1. Modèle de Freeway

Le modèle de mobilité freeway est défini une mobilité basée sur une carte pour reproduire le mouvement des véhicules. Il existe de nombreuses autoroutes (freeway) dans la zone de simulation.

Chaque autoroute est composée de plusieurs chemins qui vous permettant d'échanger dans les deux sens (permettant au chemin de se déplacer dans une seule direction). Au début de la simulation, les nœuds sont placés au hasard sur des pistes et tournés à vitesses dépendantes du temps :

$$V(t+1) = V(t) + \text{random} * a(t) \dots \dots \dots (1)$$

Équation III.1 : La vitesse du nœud

- **V (t)** : la vitesse du nœud à l'instant t.
- **random**: Valeur aléatoire uniformément choisie dans l'intervalle [-1,1].
- **a (t)** : Accélération d'un nœud à l'instant t.

Une distance de sécurité est également définie pour ce modèle entre deux voitures qui se suivent sur le même chemin. Ainsi, si le nœud A suit un autre nœud B, il doit se déplacer à une vitesse inférieure ou égale à la vitesse de B. Cette règle peut être remplie avec la formule suivante:

$$\text{Quelque soit } i, j, t : D(t)_{i,j} < SD \Rightarrow V(t)_i \leq V(t)_j \dots \dots \dots (2)$$

Équation III.2: Règle de vitesse du nœud

Tq le nœud j se trouve devant le nœud i sur la même voie.

- **D (t) i, j** : Distance entre les nœuds i et j à l'instant t.
- **SD** : Distance de sécurité entre les nœuds.
- **V (t) i** : Vitesse d'un nœud i à l'instant t.

La dernière règle de ce modèle est que le nœud ne peut pas modifier le chemin. Si vous quittez la zone de simulation, un nouveau chemin est choisi de manière aléatoire entre les chemins disponibles.

Ce modèle présente des restrictions supplémentaires :

- Les nœuds ne peuvent pas être modifiés au niveau de l'intersection.
- Le contrat ne s'arrête jamais, ce n'est pas le cas.

- Manque de mécanismes de contrôle, où les véhicules s'arrêtent devant les feux de circulation, s'arrêtent

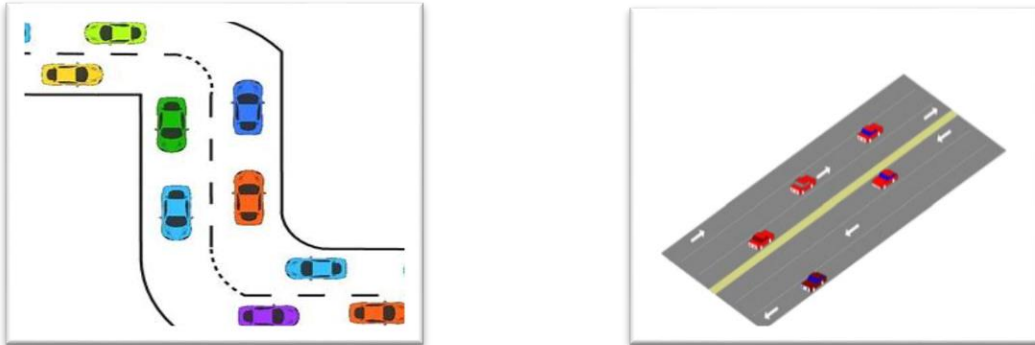


Figure III.6. Modèle de freeway

III.9.2. Modèle de Manhattan

Comme le modèle freeway, ce modèle s'appuie sur une carte pour définir les mouvements des véhicules. Il est utilisé pour simuler l'envenimement urbain. Avant de commencer la simulation, une carte contenant des rues horizontales et verticales générées. Chaque rue a deux itinéraires à suivre dans les deux sens (nord et sud pour un itinéraire vertical, est et ouest pour un itinéraire horizontal). Lorsque la simulation commence, les véhicules sont placés de manière aléatoire pour tourner à des vitesses historiquement rapides (la formule utilisée est identique à celle du modèle de freeway) lorsque le nœud atteint une intersection (croisement entre une voie horizontale et une voie verticale), choisissent une direction: continuer tout droit, tourner à droite ou à gauche. La vitesse, en revanche, est régie par une règle : le nœud ne peut pas se déplacer plus rapidement que le nœud le précédant, moins que la distance de sécurité définie comme paramètre du modèle. Le modèle de Manhattan est similaire au modèle de freeway en termes de règles de contrôle et de circulation. Cependant, il offre une plus grande liberté de mouvement, car le nœud peut changer aux intersections

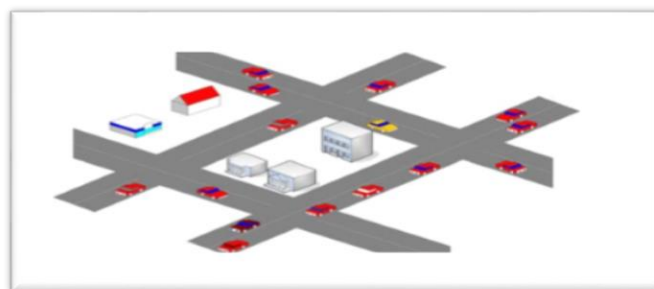


Figure III.7 Modèle de manhattan

III.9.3. Modèle de TSM

Ce modèle utilise une vraie carte. Cependant, il comprend un mécanisme de surveillance du trafic. Ce mécanisme est : feux de circulation. Dans un modèle TSM, des feux de signalisation sont placés à chaque intersection, forçant chaque véhicule à s'arrêter pendant un certain temps. Les voitures s'arrêtent quand le feu est rouge et se croisent quand il est vert. Le comportement des véhicules avec ces feux est le suivant :

Lorsque le nœud se rapproche de l'intersection et se trouve au sommet de la queue (s'il y a une queue), ils décident de la probabilité d'arrêter p (par conséquent, ils décident de continuer avec la probabilité $(1-p)$). Si vous décidez d'arrêter, un temps d'attente aléatoire est choisi entre 0 et une valeur fixe de w .

Lorsqu'une file d'attente est formée à une intersection, chaque nœud doit attendre le reste du temps d'attente du nœud précédent, plus une seconde (pour simuler le délai de démarrage du véhicule dans la file d'attente). Chaque fois que la feue passe au vert, les véhicules commencent à traverser l'intersection un à un jusqu'à ce que le chemin devienne vide.

Le prochain véhicule qui arrive en tête de queue va encore décider avec une probabilité p de traverser, et avec une probabilité de $1-p$ de s'arrêter et le processus recommence. Dans ce modèle, les contrats de téléphonie mobile qui se suivent doivent respecter une distance de sécurité. Les sites principaux du contrat et leurs destinations sont aléatoires. Les chemins empruntés par les nœuds entre les points de départ et de destination sont créés à l'aide d'un algorithme de chemin court.

Fournit un modèle plus réaliste que les précédents en intégrant des mécanismes de contrôle du trafic.

Ce formulaire affiche des restrictions supplémentaires :

- La planification des signaux de circulation sur les cartes est irréaliste, car il est impossible de trouver une zone incluant toutes les intersections sur les incendies.
- Ne soutenez pas le concept de doublage si le nœud derrière le véhicule est le plus lent [37].



Figure III.8. Modèle de TSM

III.9.4 Modèle de nakagami

La distribution de Nakagami est définie par deux paramètres m et Ω . La fonction de densité de probabilité de Nakagami est présentée par :

$$P_{\chi}(x) = \frac{2m^2 x^{2m-1}}{\Gamma(m)\Omega^m} e\left(-\frac{mx^2}{\Omega}\right) \dots\dots\dots (3)$$

Équation III.3 : La fonction de densité de probabilité

Où $\Gamma(m)$ représente la fonction de Gamma déterminée par :

$$\begin{aligned} \Gamma(x) &= \int_0^{\infty} e^{-t} t^{x-1} dt \\ E(X) &= \frac{\Gamma(m+\frac{1}{2})}{\Gamma(m)} \sqrt{\frac{\Omega}{m}} \\ Var(X) &= \Omega \left[1 - \frac{1}{m} \left[\frac{\Gamma(m+\frac{1}{2})}{\Gamma(m)} \right]^2 \right] \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

Équation III.4 La fonction de gamma

La distribution de nakagami comprend de nombreuses autres distributions. Pour décrire la distribution de Rayleigh, nous fixons la valeur de $m=1$ et pour la rangée de distribution gaussienne unilatérale, nous déterminons la valeur de $m=1/2$. Il donne également une bonne approximation de la distribution de Rice et s’approche, dans certaines conditions, de la distribution lognormale [38]

III.9.5. Modèle TRG

Le modèle TRG ne donne pas un bon résultat pour une courte distance due à l’oscillation provoquée par la constructive et combinaison destructive des deux rayons. Ce modèle suppose que l’énergie reçue est la somme des lignes de mire directe et le chemin réfléchi du sol. Il ne tient aucun compte des obstacles et de l’expéditeur et le récepteur doit être à la même hauteur. On peut dire ça le modèle ne s’applique pas non plus à VANET [39]

III.10. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le routage dans les réseaux Ad Hoc, Ensuite, on a défini le routage dans MANET et VANET, puis la problématique de routage et la conception des stratégies de routage ainsi que la classification des protocoles de routage dans les réseaux VANET, La performance de chacune des protocoles de routage dans les réseaux VANET dépende des conditions d’utilisation.

Dans la deuxième partie, nous avons étudié les modèles de mobilité réaliste (Freeway, Manhattan, TSM, Nakagami, TRG), nous avons représenté un aperçu des principaux aspects de modèle de mobilité dans les réseaux VANET. Alors, on a défini la mobilité ainsi que le fonctionnement des modèles de la mobilité dans les réseaux VANET.

Chapitre IV :

Simulations et résultats

IV.1. Introduction

Toute nouvelle solution passe par un processus d'évaluation et de validation avant son éventuel déploiement. Le moyen idéal de réaliser cette tâche est de pouvoir effectuer des tests dans des environnements réels. Cependant, de par la nature distribuée, l'environnement et la topologie complexe des réseaux véhiculaires et pour contourner ce problème, la simulation est le moyen le plus largement utilisé. En effet, il est plus facile et moins cher, par le biais de la simulation, de concevoir, d'analyser et d'évaluer les performances de toute solution. Dans ce chapitre nous commençons par une présentation de la simulation dans les VANET. Nous décrivons ensuite, l'environnement de travail, les outils et les étapes de la simulation.

IV.2. Simulation dans les VANET

La simulation dans les VANET implique deux différents aspects. Le premier réside aux problèmes liés à la communication entre les véhicules. Un simulateur de réseau, comme NS2, NS3, OMNeT++, fait face à ces problèmes. Le simulateur NS2 se focalise sur les caractéristiques du protocole du réseau, le deuxième aspect très important est lié à la mobilité des nœuds « véhicules », c'est le simulateur SUMO qui gère la mobilité et le mouvement des véhicules. Ces deux simulateurs sont connectés via un modèle de simulation réseau. [40]

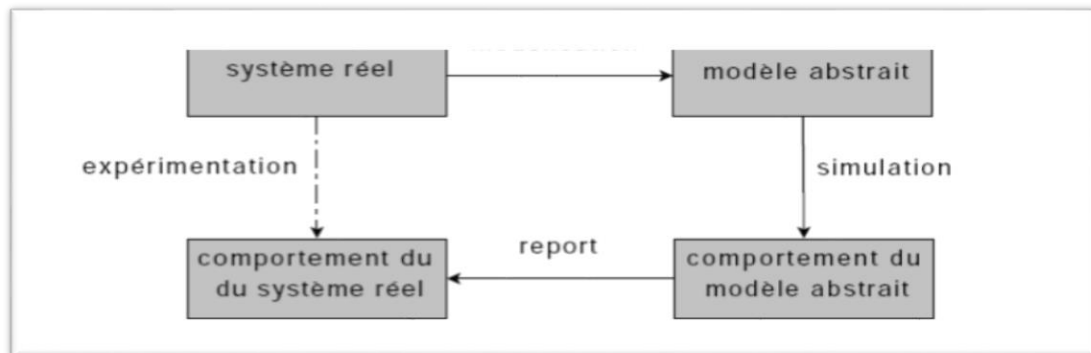


Figure IV.1: Cycle modélisation-simulation.

IV.2.1. Intérêt de la simulation

On fait recours à la simulation dans les différents cas suivant : [41]

- Quand le système réel est inobservable ou difficilement observable pour toutes sortes de raisons (dimension, sécurité, coût, inexistence...).
- Quand on ne peut pas facilement observer les états du système.
- Quand on désire analyser l'enchaînement des événements dans le système, ainsi que les relations de causes à effets.
- Quand on désire valider une solution analytique.
- Quand la complexité des interactions dans le système est telle qu'elle ne peut être étudiée qu'au travers de simulations.
- Quand on veut tester différentes optimisations pour améliorer un système déjà existant.

IV.2.2. Avantages et inconvénients de la simulation

Nous trouvons aussi dans la simulation et les avantages et les inconvénients : [42]

Avantage:

1. Observations des états du système.
2. Etudes des points de fonctionnement d'un système.
3. Etudes de l'impact des variables sur les performances du système.
4. Etude d'un système sans les contraintes matérielles.

Inconvénients:

5. La conception de modèles peut nécessiter des compétences spéciales.
6. Résultats pas forcément généralisable.

IV.3. Outils de simulation

a. OMNeT++ :

L'environnement de développement intégré OMNeT++ (Objective Modular Network Test-bed in C++) est un espace de simulation modulaire à base de composants Open Source. Son domaine d'application principal est celui des réseaux de communication. OMNeT++ présente une architecture générique et flexible ce qui lui permet aussi d'être efficace dans d'autres domaines tels que les systèmes informatiques, les réseaux de files d'attente, des architectures matérielles, ou même des processus d'affaires [43].

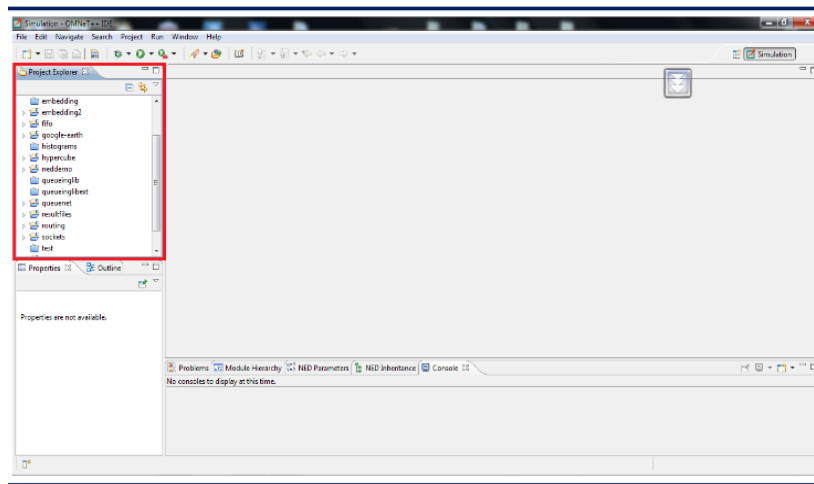


Figure. IV. 2 : Interface graphique de l'environnement OMNeT++.

b. OPNET :

C'est un simulateur à caractère commercial. Il contient des nombreux modèles. Il fournit des outils optimisés pour créer et tester des modèles de réseaux. Il utilise la modélisation hiérarchique dans chaque couche pour aider les utilisateurs à effectuer des simulations à évènements discrets de grande exactitude et à récupérer les métriques voulues. OPNET est facile à utiliser et est relativement extensible. [44-45]

c. SUMO :

SUMO (Simulation of Urban Mobility) est une source ouverte, microscopique, multimodale. Elle permet de simuler la manière dont une demande de trafic donnée qui se compose de véhicules individuels se déplaçant à travers un réseau routier donné. Le réseau routier, les types de véhicules et les itinéraires des véhicules sont tous configurables et permettent des simulations personnalisées. En outre, l'interface de contrôle du trafic (TraCI) permet à SUMO de communiquer de manière bidirectionnelle avec n'importe quel simulateur de réseau. Ainsi, les résultats du simulateur du trafic affectent le simulateur réseau et inversement. Par défaut, SUMO utilise le modèle de voiture Stefan Kraus pour simuler de manière réaliste l'accélération et la décélération de chaque véhicule (Kraus, 1997).

De manière plus détaillée, les réseaux routiers SUMO sont définis par un fichier réseau. Dans le fichier réseau, les voies sont définies comme des arêtes dans un graphe dirigé avec des sommets se présentant sous la forme de connexions entre les voies. Les voies individuelles ont des attributs tels que des limitations de vitesse ou des restrictions de virage. Les connexions entre les voies peuvent simplement indiquer un changement de direction ou des intersections à plusieurs voies avec des feux de circulation ou une direction de trafic prioritaire.

Comme la simulation du trafic « SUMO » nécessite la représentation des réseaux routiers et de la demande du trafic à simuler dans un format propre, les deux doivent être importés ou générés à partir de sources différentes. Des réseaux routiers géométriques simples peuvent être générés à l'aide de l'utilitaire NETGEN. Pour modéliser la vie réelle, des données de carte routière provenant de diverses sources telle qu'Open Street Map (OSM) peuvent être importées à l'aide de l'utilitaire NETCONVERT. Il fournit une carte de Google Maps en tant qu'interface pour la visualisation des données cartographiques générées par la communauté. Il est également possible d'ajouter un large éventail de polygones supplémentaires tels que des bâtiments et des rivières. Ces polygones peuvent être importés à l'aide de POLYCONVERT. Ces outils permettent de générer des réseaux routiers réalistes. Voir la figure Fig. IV.3.

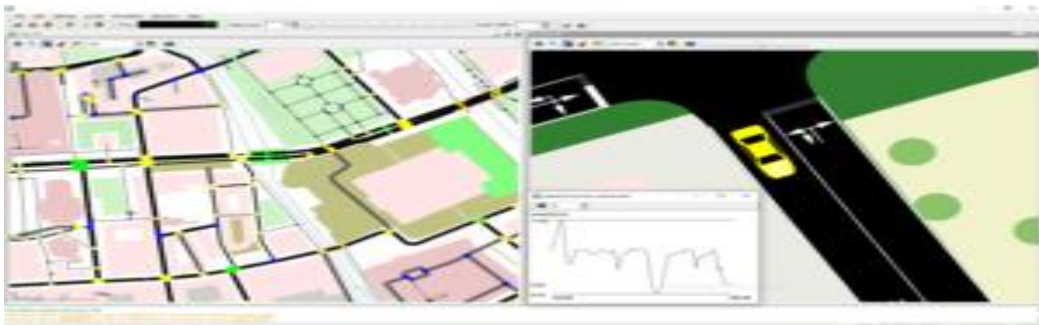


Figure. IV. 3 : Exemple d'une interface SUMO.

d. VEINS Framework :

Veins (Véhicules in network simulation), le cadre de simulation de réseau de véhicules Open Source, il se présente sous la forme d'une suite de modèles de simulation pour le réseau de véhicules. Ces modèles sont exécutés par un simulateur de réseau basé sur les événements

(OMNeT++) tout en interagissant avec un simulateur de trafic routier (SUMO). D'autres composants de Veins se chargent de la configuration, de l'exécution et du suivi de la simulation.

Cela constitue un cadre de simulation, ce qui signifie que Veins est censé servir de base à l'écriture de code de simulation spécifique à une application. Bien qu'il puisse être utilisé sans modification, avec seulement quelques paramètres modifiés pour un cas d'utilisation spécifique, il est conçu pour servir d'environnement d'exécution pour le code écrit par l'utilisateur. En règle générale, ce code écrit par l'utilisateur sera une application qui doit être évaluée au moyen d'une simulation. Le Framework s'occupe du reste : modéliser les couches de protocole inférieures et la mobilité des nœuds, prendre en charge la mise en place de la simulation, assurer sa bonne exécution et collecter les résultats pendant et après la simulation. Voir la figure Fig. IV.4.

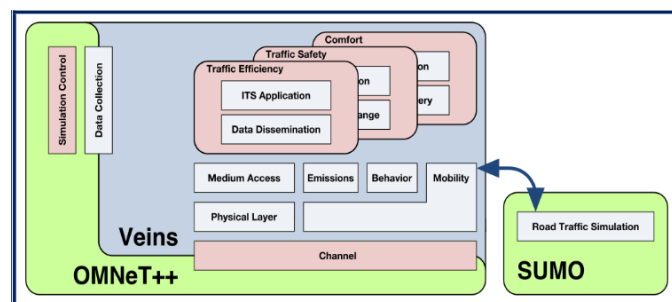


Figure. IV. 4 : Intégration de SUMO et OMNeT++ par le Framework Veins.

Comme indiqué précédemment, avec Veins, chaque simulation est réalisée en exécutant deux simulateurs en parallèle : OMNeT++ (pour la simulation de réseau) et SUMO (pour la simulation du trafic routier). Les deux simulateurs sont connectés via un socket TCP. Le protocole de cette communication a été normalisé sous le nom de Traffic Control Interface (TraCI). Cela permet une simulation bidirectionnelle couplée du trafic routier et du trafic réseau..

Le mouvement des véhicules dans le simulateur de trafic routier SUMO se traduit par le mouvement des nœuds dans une simulation OMNeT++. Les nœuds peuvent alors interagir avec la simulation de circulation routière [44].

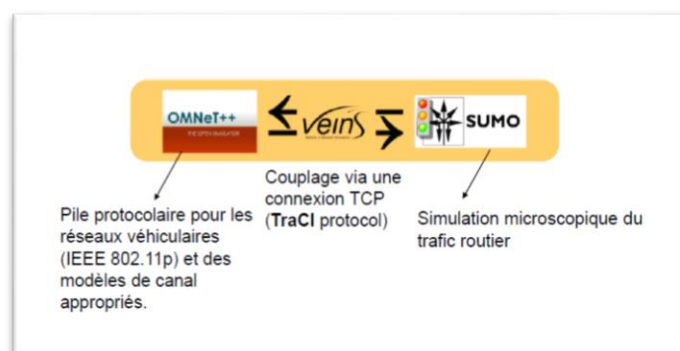


Figure. IV. 5 : Simulation bidirectionnelle-couplée du trafic routier et du trafic réseau.

e. NS (Network Simulator) [45-46]**• Présentation**

C'est un simulateur qui permet la description et la simulation de réseaux IP filaires et sans fil. Il est certainement le plus populaire des simulateurs de réseau. Son projet a débuté en 1989 avec le simulateur réseau REAL, il a connu plusieurs extensions via les contributions de la communauté scientifique. Il est aussi accompagné d'outils de visualisation graphique, le nam (Network Animation), permettant d'observer graphiquement le comportement des objets durant la simulation.

(NS-1, NS-2 et NS-3) «NS» est un acronyme bien connu dans la recherche sur les réseaux, faisant référence à une série de simulateurs de réseau (ns-1, ns-2 et ns-3) développés au cours des vingt-cinq dernières années. Tous les simulateurs ns peuvent être caractérisés comme des simulateurs de réseau à événements discrets au niveau des paquets, avec lesquels les utilisateurs peuvent construire des modèles de réseaux informatiques avec différents niveaux de fidélité, afin de mener des études d'évaluation des performances. Le noyau des trois versions est écrit en C++, et les scripts de simulation sont écrits directement dans un langage de programmation natif. [47-49]

• Fonctionnement

L'application NS est composée de deux éléments fonctionnels :

1. Un interpréteur.
2. Un moteur de simulation.

Au moyen de l'interpréteur l'utilisateur est capable de créer le modèle de simulation, ce qui revient à assembler les différents composants nécessaires à l'étude. Les composants du modèle de simulation sont appelés objets ou encore instances de classe.

Le moteur de simulation quant à lui effectue les calculs applicables au modèle préalablement construit par l'utilisateur via l'interpréteur. [48]

• Avantages

1. La flexibilité.
2. La richesse.
3. La réutilisabilité.
4. L'extensibilité.
5. La disponibilité de son code.

• Inconvénients

La modélisation dans NS reste une tâche complexe :

1. Il n'y a pas d'interface graphique.
2. Une forte technicité est requise pour utiliser ce simulateur

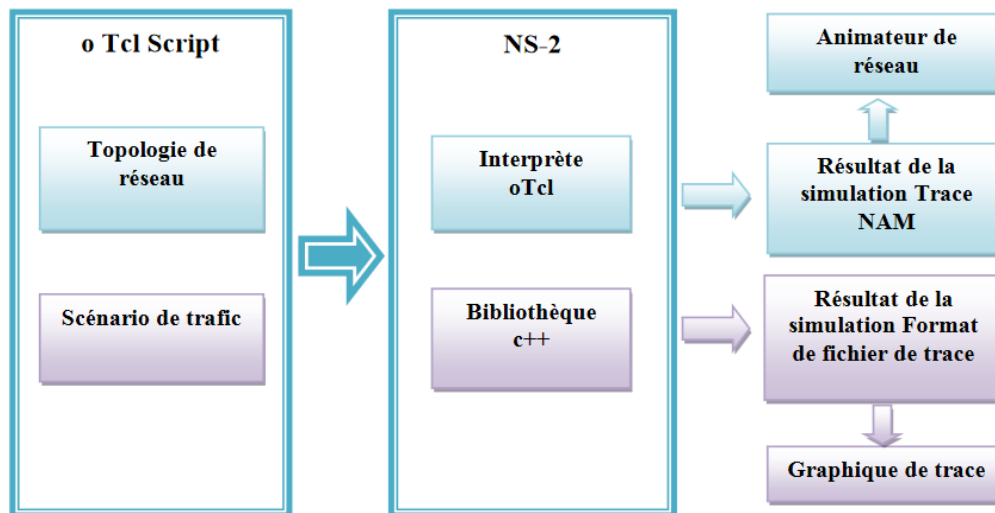
L'architecture NS-2

Figure. IV.6. Schéma de principe de l'architecture NS-2

IV.4. Les avantages et les inconvénients de simulateur NS2**Avantages**

- Programme de simulation multicouche.
- Outil totalement gratuit pour plusieurs plates-formes.
- Possibilité d'ajouter des composants personnalisés.
- Développement orienté objet.
- En raison de sa popularité, de nombreux protocoles sont facilement disponibles pour NS-2.

Inconvénients

- La modélisation dans NS-2 reste une tâche complexe: il n'y a pas d'interface graphique.
- Une technique complexe est nécessaire pour utiliser cette simulation. [46]

NS-3

NS-3 a été développé pour fournir une plate-forme de simulation de réseau ouverte et extensible, pour la recherche en réseau et éducation. En bref, ns-3 fournit des modèles du fonctionnement et des performances des réseaux de données par paquets, et fournit une simulation moteur permettant aux utilisateurs de mener des expériences de simulation. Certaines des raisons d'utiliser ns-3 incluent pour effectuer des études qui sont plus difficiles ou impossibles à réaliser avec des systèmes réels, d'étudier le comportement du système de manière hautement contrôlée, environnement reproductible, et d'en savoir plus sur le fonctionnement des réseaux. Les utilisateurs noteront que le modèle disponible défini dans ns-3 se concentre sur la modélisation du fonctionnement des protocoles et des réseaux Internet, mais ns-3 ne se limite pas aux systèmes Internet ; plusieurs les utilisateurs utilisent ns-3 pour modéliser des systèmes non basés sur Internet.

De nombreux outils de simulation existent pour les études de simulation de réseau. Voici quelques caractéristiques distinctives de ns-3 en contraste à d'autres outils.

NS-3 est conçu comme un ensemble de bibliothèques pouvant être combinées entre elles ainsi qu'avec d'autres bibliothèques logicielles externes. Alors que certaines plates-formes de simulation offrent aux utilisateurs un environnement d'interface utilisateur graphique unique et intégré dans lequel toutes les tâches sont effectuées, ns-3 est plus modulaire à cet égard. Plusieurs animateurs externes et analyse de données et les outils de visualisation peuvent être utilisés avec ns-3. Cependant, les utilisateurs doivent s'attendre à travailler sur la ligne de commande et avec des outils de développement logiciel C++ et/ou Python.

NS-3 est principalement utilisé sur les systèmes Linux ou mac OS, bien qu'il existe un support pour les systèmes BSD et aussi pour Frameworks Windows pouvant générer du code Linux, tels que le sous-système Windows pour Linux ou Cygwin. Originaire de Windows Visual Studio n'est actuellement pas pris en charge bien qu'un développeur travaille sur une future prise en charge. les fenêtres les utilisateurs peuvent également utiliser une machine virtuelle Linux.

NS-3 n'est un produit logiciel officiellement pris en charge par aucune entreprise.

IV.5. Processus de simulation

Le simulateur a besoin d'un fichier de script Tcl en entrée et le scénario réseau prévu est présenté sous la forme d'une série de commandes Tcl qui sont envoyées à un simulateur de réseau. La simulation donne des résultats d'analyse de la performance réseau dans deux fichiers distincts. [46]:

- Fichier de trace (.tr)
- Fichier NAM (.nam)

IV.5.1. Fichier (.tcl)

TCL est un langage de script puissant qui vous permet d'utiliser des approches de programmation orientées objet. Il peut être facilement étendu par plusieurs unités. Ce fichier est amené à un simulateur du réseau qui crée des fichiers de suivi supplémentaires. Le script d'analyse de fichier (fichier .awk) prend le fichier de trace.

D'entrée et en écrit les résultats dans des fichiers personnalisés, qui sont réutilisés pour un traitement ultérieur [46] [47]

IV.5.2. Fichier trace (.tr)

Le fichier de trace contient des informations sur les différents événements survenus pendant la simulation. Il contient tous les détails du comportement des noeuds, des paquets envoyés et reçus, du type de paquet, la couche responsable de communication, des paquets perdus, des causes de perte, de la consommation électrique, etc. [46] [47]

IV.5.3. Le fichier NAM (.nam)

Contiens des informations sur la structure, par exemple, les nœuds, les liens et le suivi des packages. Nous pouvons dire que c'est une réplique du fichier de trace, mais il utilise une syntaxe différente qui fonctionne avec le rendu [46] [47].

Cependant, pour conclure sur le fonctionnement de sumo et ns2, nous pouvons résumer la dépendance de chaque fichier afin d'arriver à la simulation, au schéma suivant :

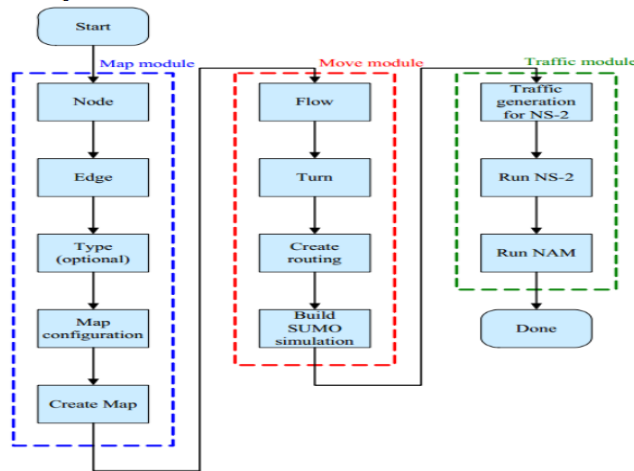


Figure IV.7 : Schéma simplifié de principe de simulation utilisant sumo et NS2

IV.6. Les étapes à suivre pour la simulation de trafic routière

IV.6.1. Étapes de configuration de SUMO:

1/ Téléchargez le fichier de plan de rue ouvert (.osm) pour la région sur laquelle vous préférez effectuer des simulations VANET. Utilisez le lien <https://www.openstreetmap.org/export> à cet effet. Utilisez la zone de texte de recherche pour rechercher des emplacements spécifiques sur la carte et utilisez le bouton Exporter pour télécharger le fichier map.osm

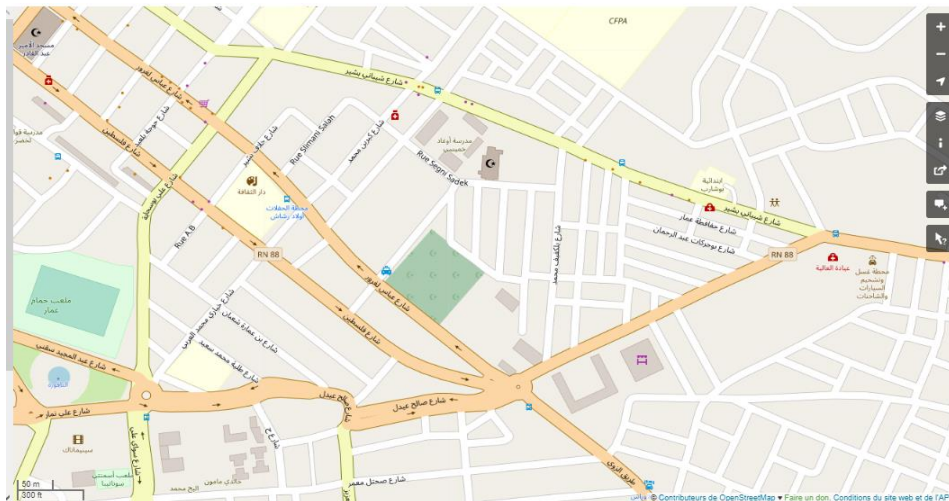


Figure. IV. 8: Zone d'étude de la ville de khenchela dans OpenStreetMap.

- 2/ Créez un nouveau dossier « map2 » et placez- y le fichier **map.osm**
- 3/ Ouvrez la fenêtre « terminal » et écrivez « cd map2 »

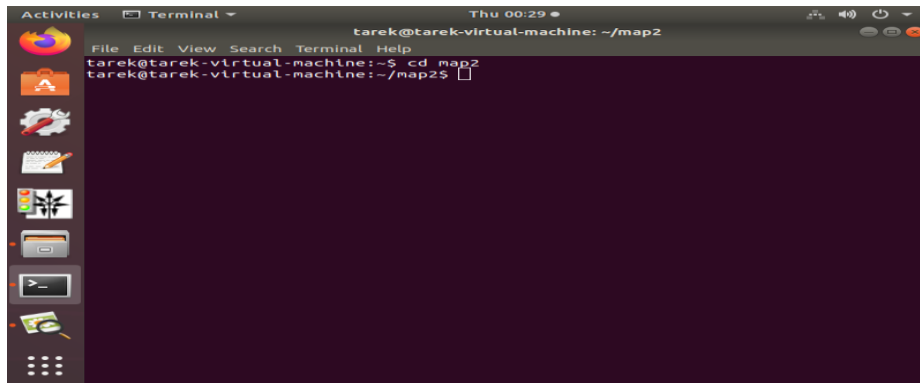


Figure. IV. 9 : La fenêtre terminal

- 4/ À l'aide de l'utilitaire **netconvert** dans **SUMO**, convertissez le fichier **map.osm** en fichier réseau équivalent **map.net.xml** à l'aide de la commande:

```
netconvert --osm-files guindy.osm -o guindy.net.xml
```

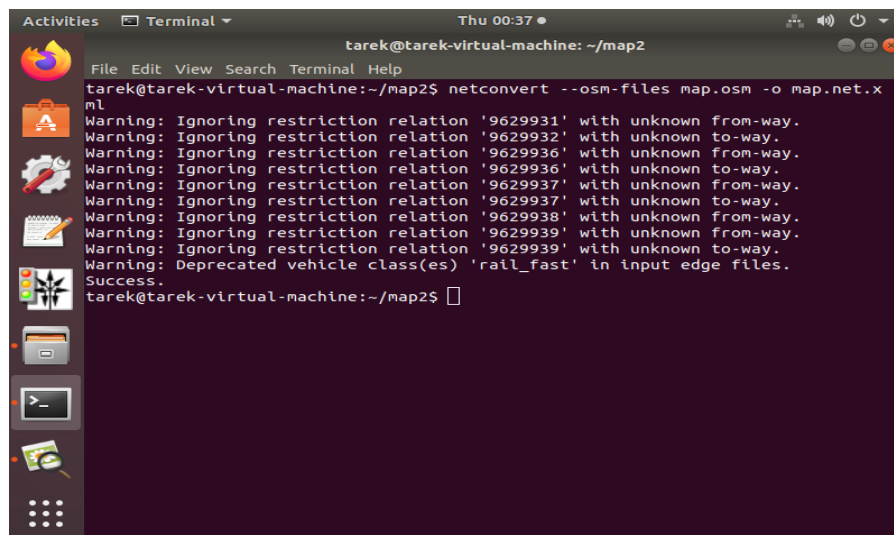
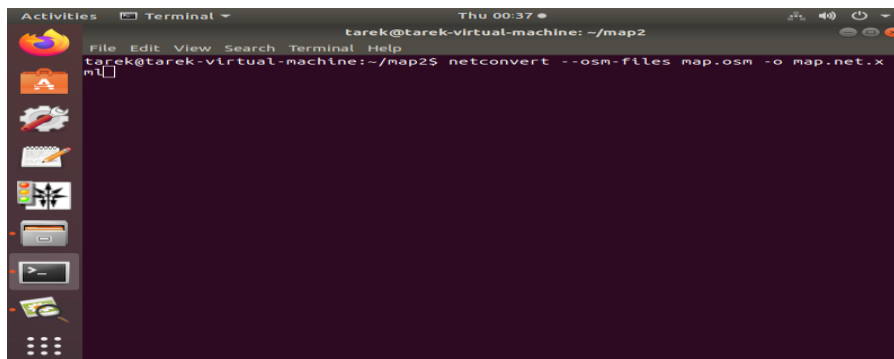


Figure. IV. 10 : Résultats de map.net.xml

5/ En cas d'exécution réussie de la commande, le fichier `map.net.xml` sera créé dans le répertoire de sortie spécifié.

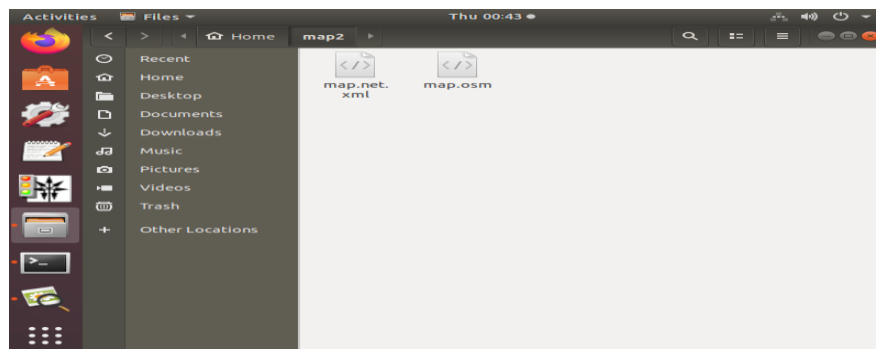


Figure. IV. 11: Répertoires de sortie1

6/ Pour interpréter les données OSM, un fichier de typemap supplémentaire est nécessaire. Le fichier d'exemple `osmPolyconvert.typ.xml` qui est présent dans `/home/tarek/sumo/tools/typemap`

Peut être réutilisé à cet effet. Copiez `osmPolyconvert.typ.xml` dans le répertoire de sortie contenant les fichiers `map.net.xml` et `map.osm`.

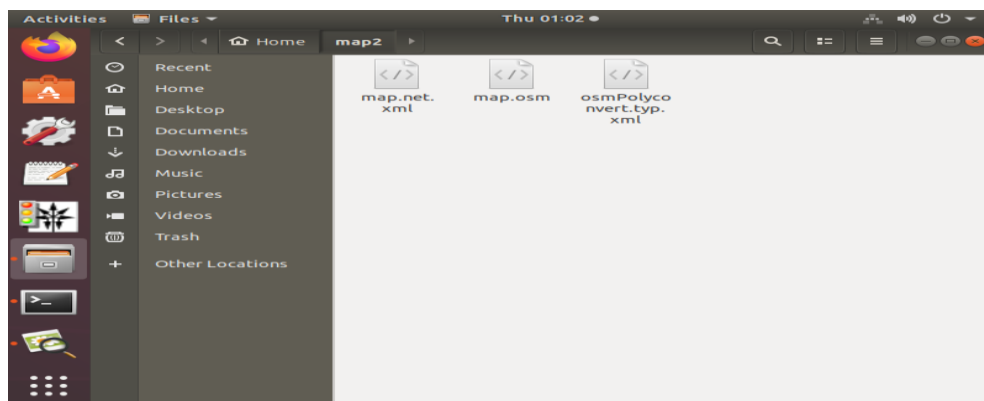


Figure. IV. 12 : Répertoires de sortie2

7/ À l'aide du fichier `typemap typemap.xml`, importez des polygones à partir de données OSM pour produire un fichier Sumo-polygon avec l'utilitaire `POLYCONVERT`. Utilisez la commande suivante:

```
polyconvert --osm-files map.osm --net-file map.net.xml --type-file
osmPolyconvert.typ.xml -o map.poly.xml
```

8/ Lors de l'exécution réussie de la commande ci-dessus, un fichier `map.poly.xml` sera créé dans le répertoire de sortie.

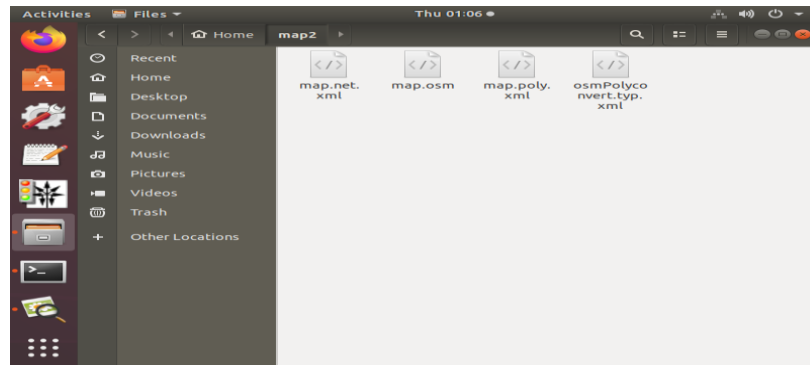


Figure. IV. 13 : Répertoire de sortie3

9/ Maintenant pour le réseau que nous avons créé, des voyages aléatoires peuvent être facilement générés en utilisant `randomtrips.py` qui est disponible dans le répertoire :

`/home/tarek/sumo/tools/randomTrips.py`

. Utilisez la commande suivante pour générer des trajets aléatoires pour 99 véhicules.

```
python $SUMO_HOME/tools/randomTrips.py -n guindy.net.xml
-r guindy.rou.xml -e 100 -l
```

Maintenant, créez un nouveau fichier (à nommer **test.sumo.cfg**) et collez les lignes suivantes

```
<configuration>
  <entrée>
    <net-file value="guindy.net.xml"/>
  <route-files value="guindy.rou.xml"/>
  <additional-files value="guindy.poly.xml"/>
  </entrée>
<heure>
<begin value="0"/>
<valeur finale="100"/>
<step-length value="0.1"/>
</time>
</configuration>
```

Vous pouvez maintenant exécuter ce qui précède en utilisant `sumo-gui test.sumo.cfg` (vous pouvez maintenant voir comme sur la capture d'écran suivante)

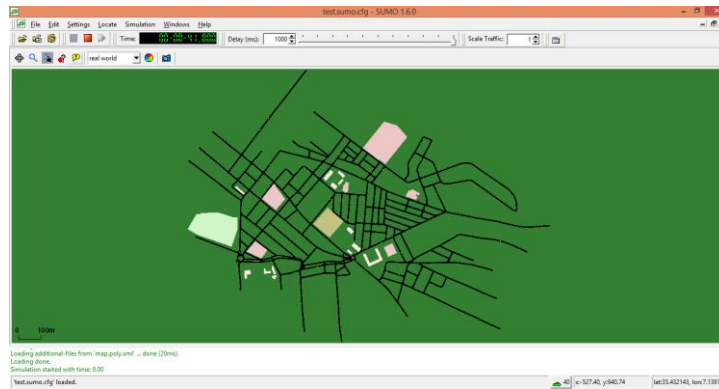


Figure. IV. 14 : Fenêtre de simulation de SUMO.

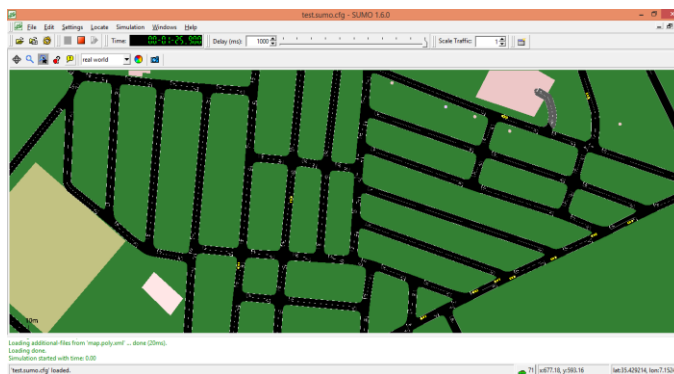


Figure. IV. 15 : Simulation dans SUMO

IV.6.2. Étape 2 : Exportation vers NS2

De SUMO trace vers ns2, voici l'étape à faire :

Ouvrez « terminal » et tapez les commandes suivantes,

```
$] sumo -c map.sumo.cfg --fcd-output map.sumo.xml
```

```
$] python /home/tarek/sumo/tools/traceExporter.py --fcd-input guindy.sumo.xml --ns2config-output guindy.tcl --ns2activity-output activity.tcl --ns2mobility-output mobility.tcl
```

Cela générera trois fichiers tcl (guindy.tcl, activity.tcl et mobility.tcl). Parmi cette activité.tcl peut ne pas être nécessaire, mais le fichier Mobility.tcl est obligatoire)

Le fichier test.tcl généré doit être modifié ou altéré en fonction des paramètres réseau tels que le protocole de routage, la couche Mac, la couche physique, la couche de liaison, etc.

Un exemple de fichier TCL pour notre usage Voici le fichier test.tcl.

```

setval(chan)      Channel/WirelessChannel  ;# channel type
setval(prop)      Propagation/TwoRayGround ;# radio-propagation model
setval(netif)     Phy/WirelessPhy         ;# network interface type
setval(mac)       Mac/802_11              ;# MAC type
set val(ifq)      Queue/DropTail/PriQueue ;# interface queue type
setval(ll)        LL                       ;# link layer type
setval(ant)       Antenna/OmniAntenna     ;# antenna model
setval(ifqlen)    50                       ;# max packet in ifq
setval(nn)        98                       ;# number of mobilenodes
setval(rp)        AODV                     ;# routing protocol
set opt(x)        4707
set opt(y)        3002
# =====
# Main Program
# =====

#
# Initialize Global Variables
#
set ns_ [new Simulator]
settracefd [open test.tr w]
$ns_ trace-all $tracefd

setnamf [open test.nam w]
$ns_ namtrace-all-wireless $namf $opt(x) $opt(y)
# set up topography object
settopo [new Topography]

$stopload_flatgrid $opt(x) $opt(y)
#
# Create God
#
create-god $val(nn)

#
# Create the specified number of mobilenodes [$val(nn)] and "attach" them
# to the channel.

```

```

# Here two nodes are created : node(0) and node(1)

# configure node

    $ns_ node-config -adhocRouting $val(rp) \
    -llType $val(ll) \
    -macType $val(mac) \
    -ifqType $val(ifq) \
    -ifqLen $val(ifqlen) \
    -antType $val(ant) \
    -propType $val(prop) \
    -phyType $val(netif) \
    -channelType $val(chan) \
    -topoInstance $topo \
    -agentTrace ON \
    -routerTrace ON \
    -macTrace OFF \
    -movementTrace ON

for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
set node_($i) [$ns_ node]
    $node_($i) random-motion 0 ;# disable random motion
$ns_ initial_node_pos $node_($i) 20
}

#

#

source mobility.tcl

settcp [new Agent/TCP]
$tcp set class_ 2
set sink [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $node_(0) $tcp
$ns_ attach-agent $node_(22) $sink
$ns_ connect $tcp $sink
set ftp [new Application/FTP]
$ftp attach-agent $tcp
$ns_ at 10.0 "$ftp start"

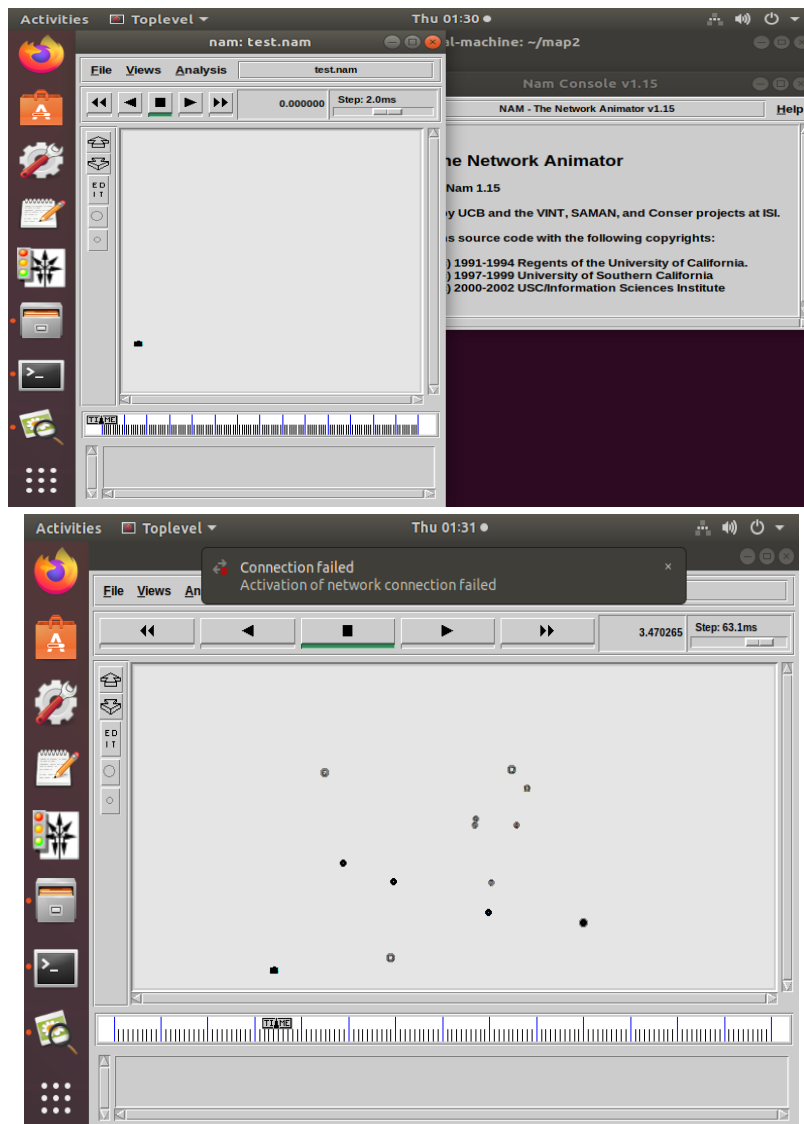
#
# Tell nodes when the simulation ends
#
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
    $ns_ at 100.0 "$node_($i) reset";
}

```

```

}
$ns_ at 100.0 "stop"
$ns_ at 100.01 "puts \"NS EXITING...\" ; $ns_ halt"
proc stop { } {
    global ns_ tracefd
    $ns_ flush-trace
    close $tracefd
}
puts "Starting Simulation..."
$ns_ run
    
```

Vous pouvez maintenant exécuter ce qui précède en utilisant : `ns test.tcl` et `namtest.nam`



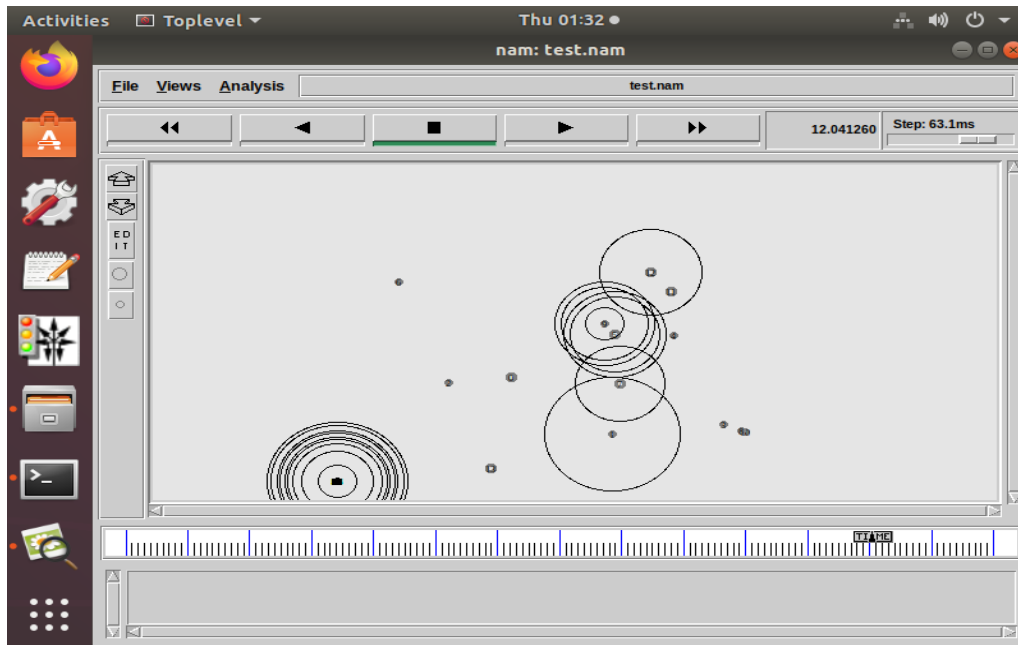


Figure. IV. 16 : Résultat de la visualisation de fichier test.nam.

IV.7. Le langage awk

Le langage Awk est conçu pour traiter les fichiers de données, et plus particulièrement les lignes de ces fichiers. Par défaut, Awk traite les lignes terminées par un retour-chariot et contenant des données séparées par un espace ou une tabulation. Ainsi, chaque ligne lue est traitée par le bloc principal d'instructions et un tableau interne contient les données séparées de la ligne en cours.

Cependant, certains fichiers ont des données regroupées sur plusieurs lignes plutôt que sur une seule. Dans ce cas, on parle d'enregistrement et l'on peut indiquer à Awk de traiter plusieurs lignes à la fois, jusqu'à la fin d'un enregistrement.

IV.8. Résultats de simulations

Nous avons effectué des simulations on utilise 98 nœuds (véhicules) mobiles avec le protocole de la couche transport TCP, un fichier de 1500 ko, et avec les protocoles de routage AODV, DSDV, DSR.

Les modèles de mobilité (Freeway et Manhattan) sont évalués sur le simulateur NS2. Nous avons examiné trois paramètres d'évaluation : le débit, délais de bout en bout, taux de livraison des paquets. Les figures suivantes montrent les performances de ces deux modèles.

Le graphe IV.17 montre qu'en termes de bande passante (débit utile), DSDV est dans l'ordre plus efficace par rapport à DSR, et AODV. La nature proactive de DSDV permet à découvrir rapidement la route optimale et par la suite le temps de transmission des paquets prend moins de temps par rapport aux protocoles réactifs AODV et DSR ce qui explique des meilleures performances de DSDV en terme de débit utile et par la suite la stabilité du réseau.

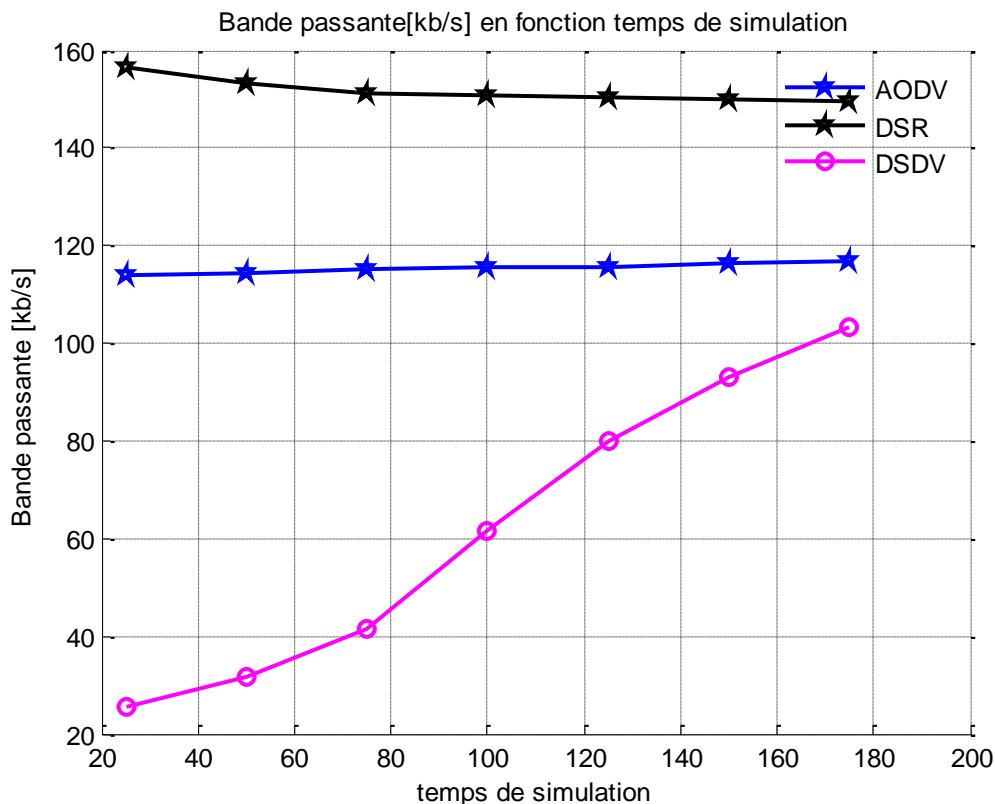


Figure. IV.17 : Bande passante des différents protocoles de routage.

A partir des résultats trouvés, nous constatons qu'il n'y a pas un protocole qui est favori par rapport aux autres dans tous les scénarios et les critères d'évaluation. Quel que soit la charge du réseau, la mobilité des nœuds et la densité du réseau Ad hoc..., le protocole DSDV performe bien en terme de bande passante. Cela est expliqué par leurs caractéristiques proactives.

DSDV et AODV ont de meilleures performances en termes de débit utile lorsqu'on les comparant avec DSR, ce dernier utilise le cache pour la découverte de route, ce mécanisme dégrade les performances de DSR en particulier.

DSDV est donc le protocole le plus performant pour un faible nombre de nœuds en termes de débit utile, Malheureusement ce protocole DSDV atteignent rapidement leurs limites avec l'accroissement du nombre de nœuds et de leur mobilité. Les changements topologiques sont fréquents. Le réseau sera ainsi constamment inondé par les paquets de contrôle, ce qui réduit considérablement la bande passante.

Dans ce mémoire, nous présentons la comparaison des performances des deux modèles de mobilité FREEWAY et MANHATTAN.

Nous avons étudié l'effet des protocoles de routage AODV, DSDV et DSR, sur la qualité de service dans les réseaux ad hoc (essentiellement la bande passante). On s'est intéressé à l'impact de la mobilité.

AODV est donc le protocole le plus performant pour évaluer et tester les différents modèles de mobilité et différents types de trafic notamment le trafic de type TCP en termes de débit moyenne, Taux de livraison de paquets et délai de bout en bout

Le débit est le volume de bit de données reçus par seconde. Plus la bande passante est grande, plus le réseau est chargé et plus il y a des pertes de paquets. Les figures IV.18 présente le débit moyenne pour différents nombres de véhicules et observer que débit le plus bas est pris par le modèle de Manhattan qui représente les meilleures performances par rapport modèle de Freeway.

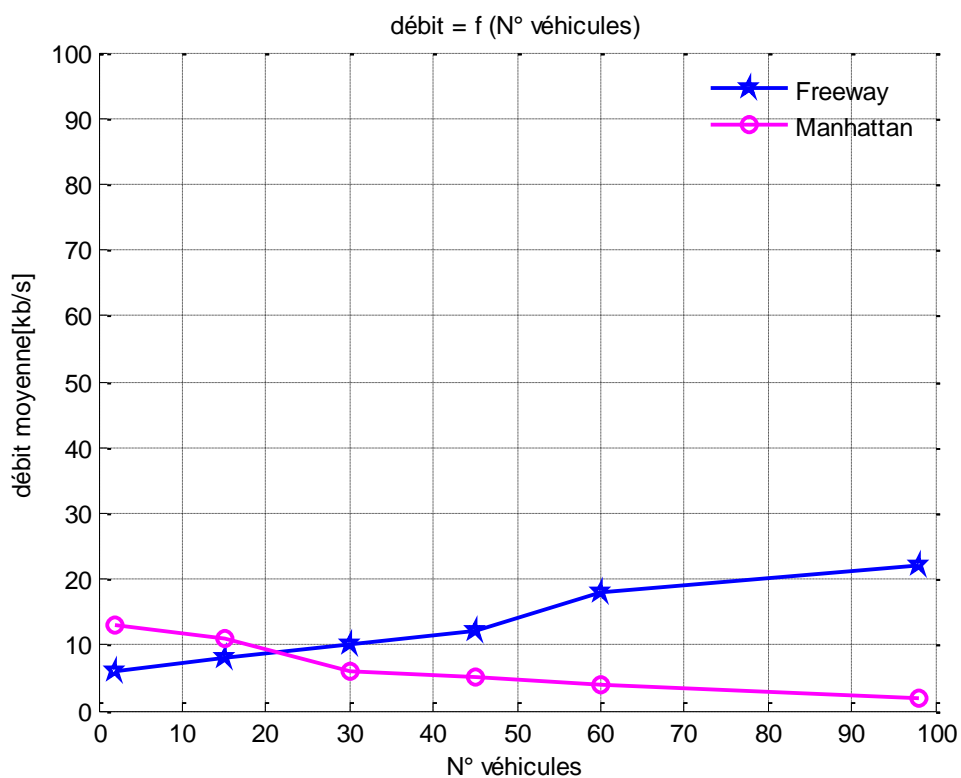


Figure. IV.18 : Débit moyen en fonction le nombre de véhicules.

Le Taux de livraison de paquets est le taux des paquets émis. Plus la nombre des paquets est grande, plus le réseau est robuste. Les figures IV.19 présente le taux de livraison de paquets pour différents nombres de véhicules et observer que ce taux le plus important est pris par le modèle de Manhattan qui représente les meilleures performances par rapport modèle de Freeway.

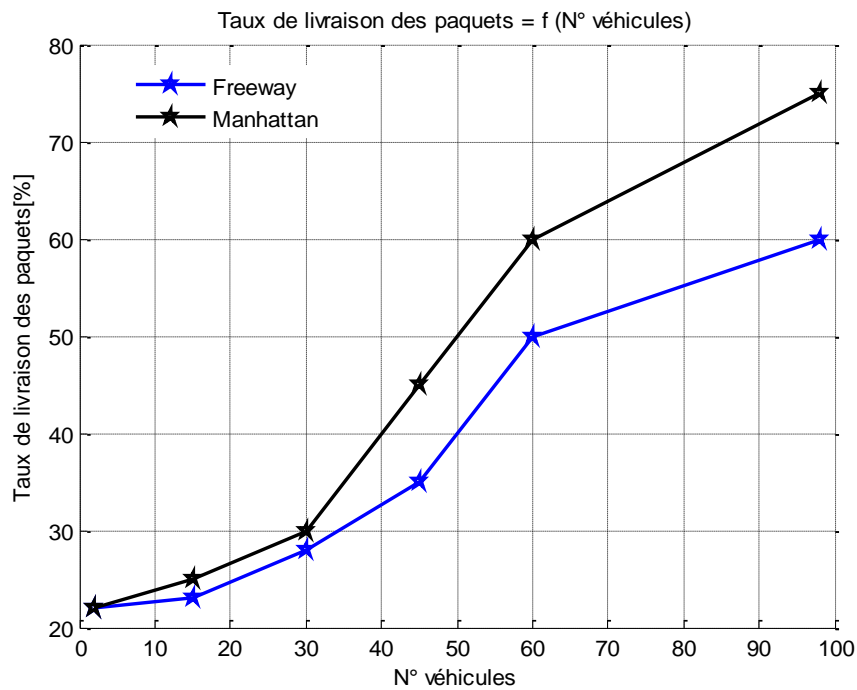


Figure. IV.19 : Taux de livraison de paquets en fonction le nombre de véhicules.

Le délai de bout en bout est la durée prise par le paquet à partir de sa source d’envoi vers sa destination de réception.

Les figures IV.20 présente le délai de bout en bout pour différents nombres de véhicules et observer que le délai le plus bas est pris par le modèle de Manhattan qui représente les meilleures performances par rapport modèle de Freeway.

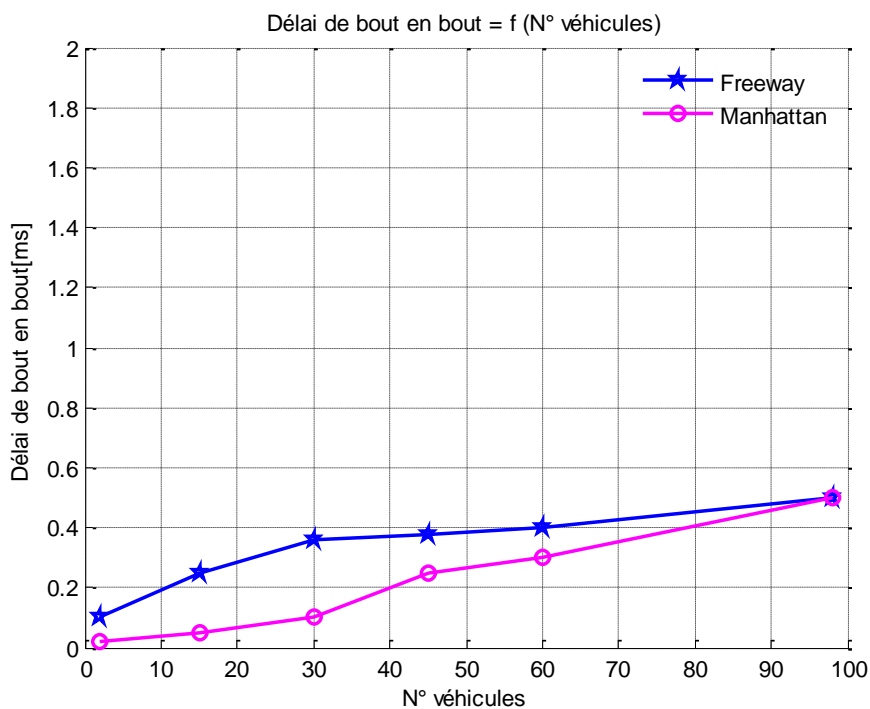


Figure. IV.20 : Délai de bout en bout en fonction le nombre de véhicules.

IV.9. Discussion des résultats :

La figure IV.17, montrent la bande passante en fonction du temps de simulation de différents protocoles de simulations AODV, DSR, et DSDV. Nous pouvons observer que la bande passante augmente avec l'augmentation du temps de simulation dans le protocole DSDV on peut voir quand, AODV et DSR a été presque fixé à 150 [kb/s] pour DSR et 115 [kb/s] pour AODV avec le changement du temps de simulation.

Dans la figure IV.18 qui représente le débit en fonction du nombre de nœuds, on constate que le débit global de Freeway est mieux que celui du Manhattan.

À la figure IV.19, on constate que le taux de livraison de paquets pour Manhattan est plus important que celui du Freeway . Donc les résultats obtenus confirment que le taux de paquets délivrés par le modèle Manhattan est plus élevé par rapport au modèle Freeway.

Enfin la figure IV.20, montre les résultats du délai de bout en bout des deux modèles de mobilité simulés. On observe que Freeway produit un retard plus important dans la topologie de réseau en comparaison avec le modèle de mobilité Manhattan. Le modèle Manhattan montre la cohérence dans les performances à faible retard. Donc les performances du Manhattan sont meilleures que Freeway.

Dans ce modèle de mobilité, les nœuds mobiles se déplacent dans une direction horizontale ou verticale sur une carte urbaine. Le modèle Manhattan utilise une approche probabiliste dans la sélection des mouvements de nœuds depuis, à chaque intersection, un véhicule choisit de continuer à se déplacer dans la même direction.

En conclusion, on peut affirmer pour les deux topologies de réseaux que le modèle Manhattan est plus performant et plus adéquat que le modèle Freeway car elle il apporte une plus grande liberté de mouvements.

IV.10. Conclusion

Dans ce chapitre, une analyse des performances du système VANET en utilisant différents protocoles de routage. Ce travail est basé sur la plate-forme logicielle NS2 et l'outil SUMO. Nous avons présenté les performances du protocole de routage AODV et DSR pour le routage Ad-hoc entre V2V.

Notre modèle proposé offre de nombreuses informations clés qui peuvent être utilisées pour améliorer les performances globales du système VANET ou pour concevoir un système de transport intelligent approprié. Les résultats montrent que les performances du VANET sont améliorées en adoptant le protocole de routage DSR par rapport à AODV en termes de délai du bout en bout, même pour un grand réseau de véhicules.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Les réseaux ad hoc de véhicules forment un nouveau type de réseaux issu des réseaux ad hoc mobiles. Ils se composent d'un nombre de véhicules circulant sur des routes, capables de communiquer entre eux sans une infrastructure fixe. Le fait que la topologie du réseau soit de type très dynamique rend d'autant plus difficile a conservé les informations sur les nœuds, en effet le routage s'impose avec un rôle très important afin d'acheminer ces informations vers la bonne destination, ainsi la mobilité qui est largement plus contrainte que dans les réseaux ad hoc traditionnels.

Le travail présenté dans ce mémoire est l'évaluation du comportement et des performances de la mobilité dans les réseaux VANET, en utilisant le simulateur de réseau NS-2 et le simulateur de trafic routier SUMO.

Dans ce travail, nous avons réalisé et étudié différents modèles de mobilité VANET. Il est nécessaire de simuler des facteurs réalistes tels que le déplacement du véhicule et la communication sans fil des véhicules, car ils affectent fortement les résultats des évaluations.

Nous avons adopté une simulation des modèles de mobilité Freeway et Manhattan avec le simulateur NS-2, nous sommes intéressés à analyser leurs performances en fonction de: le débit moyen, le délai de bout en bout, taux de livraison des paquets.

Les deux modèles de mobilité ont été étudiés, simulés et comparés. . En fait, des comparaisons sont démontrées entre les simulations prouvent que Manhattan offre un meilleur taux livraison des paquets et délai bout en bout. Pour le débit le Freeway est meilleur. On constate que globalement le Manhattan est le meilleur modèle de mobilité convenable pour les réseaux VANET afin de garantir la rapidité et la transmission sure.

Les perspectives :

Nous proposons d'améliorer les performances d'un réseau véhiculaire en suivant ces points :

- Utilisation le règles du code de la route.
- Augmenter la taille de réseau VANET avec un réseau plus vaste que cette réseau (Réseau 4G, 5 G...etc),
- Extension des applications de simulations avec un nombre important de nœuds.
- Intégration des panneaux de signalisation
- Utilisation des panneaux et des feux de signalisation

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Samir Athmani; «Protocole de sécurité pour les réseaux de capteurs sans fil». Thèse de Magistère; Université de Hadj Lakhdar-Batna; Juillet 2010.
- [2] Boudjaadar Amina « Plateforme basée Agents pour l'aide à la conception et la simulation des réseaux de capteurs sans fil». Thèse de Magistère ; Université de Skikda ; 2009/2010.
- [3] Belkheir Khaled et Haned Ahmed ; « Réseaux WiFi Ad Hoc». Mémoire d'ingénieur ; Institut de télécommunication d'Oran ; Juin 2008
- [4] J.Lanford-Home RF: Bringing Wireless Connectivity home-Intel Home RF technology Tutorial; Avril 1999.
- [5] Aboura Wissam et Benhabib Imane , Etude et caractérisation de la couche physique du standard IEEE802.16/WIMAX , Octobre 2013Gsm ref dans chap1
- [6] A.Prasina, M.Thangaraja, "Interoperability of Wireless Mesh and Wi -Fi network using FPGA for 4G Solutions", IEEE-International Conference on Recent Trends in Information Technology, Anna University, Chennai, PP_491–496, June 3-5, 2011.
- [7] K. A. Agha,G.Pujolle, Réseaux de mobiles et réseaux sans fil.Eyrolles, 2002.
- [8] D. Dhoutaut, Etude du standard IEEE 802.11 dans le cadre des réseaux Ad Hoc: de la simulation à l'expérimentation, Thèse de doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Décembre 2003.
- [9] P.Chandra, D.M. Dobkin, A. Bensky, R.Olexa, D.A. Lide, F. Dowla, "Wireless Networking",UK, Elsevier, 2008.
- [10] R.Bedouhene et M. Benmedour. ft Protocole de Connexion desRéseaux Ad Hocà Internet w. Mémoire de fin d'études, universités des sciences et de la technologie Houari Boumediene, 2004.
- [11] J. Joy Winston and B. Paramasivan, A Survey on Connectivity Maintenance and Preserving Coverage for Wireless Sensor Networks, International Journal of Research and Reviews in Wireless Sensor Networks (IJRRWSN), Vol. 1, No. 2, ISSN :2047-0037, pp.11-18, June 2011.
- [12] A. AdolfConception d'un protocole de routage réactif sécurisé à l'aide de processeurs sécurisés embarqués pour les réseaux Ad Hoc, université de Limoges, FST, 2006-2007
- [13] N. BOUKHECHEM, routage dans les réseaux mobiles Ad Hocpar une approche a base d'agents, Mémoire Magister, Faculté des sciences et science de l'ingénieur, Université de Constantine, 2008.
- [14] Mustafa ali hassoune(2018) . MultimediaQoS dans les réseaux sans fil (Etude de cas) thèsedeDoctoratde L'Université d'Oran Mohammed Boudiaf

- [15] : Le problème de Scalability des réseaux ad hoc véhiculaires et comment le résoudre. Dans : Magasin sans fil 13 (2006), Nr de communications d'IEEE. 5, S.6. – URL.
- [16] :Grégory Gillot, les réseaux véhiculaires (VANET), SlidePlayer.fr Inc, 2019.
- [17] Djamel BEKTACHE. Application et Modélisation d'un protocole de communication pour la sécurité routière Thèse de Doctorat de l'Université BADJI MOKHTAR ANNABA - 2014.
- [18] KHELLAF HAROUN, Élaboration d'un système coopératif basé sur les réseaux Vanet:application aux accidents de la route, Université BADJI MOKHTAR ANNABA, 2017.
- [19] KAHINA MOGHRAOUI, gestion de l'anonymat des communications dans les réseaux véhiculaires ad hoc sans fil (VANATs) , Université du QUÉBEC.
- [20] NADIR BASSIM AMMAR, Dissémination des messages dans les réseaux Ad Hoc véhiculaires (VANETs), UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA
- [21] Melle MEHARZA Wafa, Etude de la mobilité dans les réseaux Ad hoc véhiculaires VANET, Université BADJI MOKHTAR
- [22] : JONATHAN PETIT. « Surcoût de l'authentification et du consensus dans la sécurité des réseaux sans fils véhiculaires » thèse de doctorat (université Toulouse III – Paul Sabatier / 2011)
- [23] : EMMANUEL TONY. ; LANDRY EWOUSSAOUA. Master planification et ingénierie des réseaux de télécoms, université de Yaoundé, école nationale supérieure polytechnique du Cameroun
- [24] : CLAUDE CHANET. ; SYLVIE CHAMBON « thématique et sécurité routière, centre d'études sur les réseaux, l'urbanisme et les constructions publiques »,en 1997
- [25] SLIMANE BOUCEFAR Et Walid BOUCEFAR, La qualité de service dans les réseaux véhiculaires (VANET), UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU , 2017.
- [26]: HOUDA LABIOD. ; ANDRE– LUC BEYLOT. Livre sur les réseaux véhiculaires, modèles et algorithmes (septembre 2013)
- [27] : DARWIN FABIAN. ; ASTUDILLO SALINAS. « Téléchargement de contenus dans les réseaux véhiculaires» thèse en vue de l'obtention du doctorat université de Toulouse, septembre 2013
- [28] :BOUTHAINASIFIA -FATIHA ZERDANI ;Evaluation d'une transmission dans les réseaux ad-hoc de véhicules (VANET) 'Mémoire de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme de Master université 'khenchela ;2020

- [29] <http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2007/bou-smina-beaurin/adhoc.html>
- [30] B. Tavli, W. Heinzelman; "Mobile Ad Hoc Networks: Energy-Efficient Real-Time Data Communications"; Netherlands, Springer, ISBN-13 978-1-4020-4633-9, 2006.
- [31] M. Dawoud, Analyse du protocole AODV, DEA d'Informatique, Faculté des sciences Université libanaise, 2005-2006
- [32] Beigh B.M. and Prof.M.A.Peer. Classification of current routing protocols for ad hoc networks - a review. International Journal of Computer Applications, 7(8) :26–32, October 2010.
- [33] Ayoub Benchabana et Ramla Bensaci. Analyse des protocoles de routage dans les réseaux VANET Master de l'Université KasdiMerbah Ouargla -2014.
- [34] Mobilité, Wikipédia-2019.
- [35] BOUZEBIBA Hadjer et BOUIZEM Yasmina, Impact des modèles de mobilités sur les performances des protocoles de routage en milieu urbain réaliste dans les réseaux VANET (V2V), Université Abou BakrBelkaid–Tlemcen, 2014-2015
- [36] Zaaterhayet et Chaib rima, Etude des modèles de mobilité de véhicules et leur simulation, Université de Guelma 08 MAI 45, Juillet 2011.
- [37] Hamou CHEHRI, Étude et caractérisation d'un canal de propagation pour les réseaux VANET, Université du québec ENabiti-témiscamingue, Juin 2014.
- [38] Comparative Study of Radio Propagation and Mobility Models in Vehicular Adhoc Network, February 2011.
- [40] Mlle AISSAOUI, Mlle BEN HOCINE Lydia « Conception et réalisation d'une approche collaborative pour la détection d'une conduite agressive dans les Réseaux Ad hoc Véhiculaires(VANET). » Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de Master en Informatique Option : Réseaux, Mobilités et Systèmes Embarqués. Année universitaire: 2019 / 2020
- [41] G. Fleury, P. Lacomme, and A. Tanguy. Simulation à événements discrets, chapter 1, page pp. 6. 2006
- [42] k.BABOURI , L.KHELASSI , k. DJEBROUNI et M.BESSES , Les simulateurs réseaux Technologie réseau ,L3-GTR 2013/2014
- [43] A. Ayadi. « Extensions du simulateur Omnet++ pour la validation de mécanismes de transmission multimédia dans les réseaux sans fils IEEE 802.11 ». Université de la Manouba, [En ligne]. Adresse URL : <https://www.memoireonline.com/07/08/1359/extensions-simulateur-omnet-transmission-multimedia-reseaux-ieee-802-11.html>. [Accès le 07 Août 2020].

[44] « VEINS : vehicles in network simulation ». [En ligne]. Adresse URL : <http://veins.car2x.org/> [Accès le 07 juin 2021].

[45] BABOURaI Karima, KHELLASI Linda, DJEBROUNI Karima, BESSES Malika. (2013). Les simulateurs réseaux (Technologie réseau). Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene USTHB. 2013. 19 pages.

[46] KHAWLA SMIDA, Les performances des protocoles de routage dans les réseaux de capteurs sans fil, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA, 2018.

[47] Tahar Chaouch Amel-Benmoumene Abdellah Mahfoudh-Analyse par simulation des performances d'un réseau de capteurs sans fil (WSN)-Master En Télécommunications- Université Djilali Bounaama Khemis Miliana-2015/2016.

[48] Nadeen SALAMEH « Conception d'un système d'alerte embarqué basé sur les communications entre véhicules » Thèse de doctorat Pour obtenir le titre de DOCTEUR DE L'INSA DE ROUEN Institut National des Sciences Appliquées de Rouen, Laboratoire d'Informatique, du Traitement de l'Information et des Systèmes.

[49] www.nsnam.org.net Consulté le 08/05/2020