

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie électrique

Spécialité : **Télécommunication et réseaux**

Présenté par

Slimane BOUCEFAR

Walid BOUCEFAR

Thème

La qualité de service dans les réseaux véhiculaires (VANET)

Mémoire soutenu publiquement le 04/07/ 2017 devant le jury composé de :

M LAHDIR Mourad

Maître de conférence classe A, UMMTO, Président

Mme Leila LAHDIR

Maître assistant classe A, UMMTO, Encadreur

M ALLOUACHE NOM

Maître de conférence classe B, UMMTO, Examineur

Remerciements

Nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de parvenir à la fin de notre parcours universitaire.

Nous tenons à présenter notre gratitude et notre profonde reconnaissance à notre encadreur à l'université, Mme LAHDIR .L pour son aide, ses précieux conseils, de nous avoir suivi et orienter tout au long de ce travail.

Nous remercions M. LAHDIR pour son épaulement et sa présence auprès de nous pour nous guider à bien mener notre projet.

Nous tenons à remercier tous les enseignants qui nous ont suivis durant tout le cursus universitaire en particulier Monsieur KANANE pour ses conseils et sa bonne volonté à nous transmettre son savoir par toutes les manières.

Sans oublier de remercier tous ceux qui nous ont aidé, conseillé et encouragé de prêt au de loin afin de réaliser ce modeste travail.

Nous remercions aussi les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner notre travail.

Dédicaces

Nous dédions ce mémoire à :

Nos chers parents, pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs précieuses, l'éducation et le soutien permanents venus de vous.

A la mémoire de nos chers grands parents Que Dieu le Tout Puissant leurs accorde sa miséricorde et les accueille dans son vaste paradis.

Notre cher frère Mohamed qui nous a vraiment aidé et encourager par tous les moyens possibles pour aboutir à nos objectifs

Notre cher frère Yacine pour ses conseils et sa présence permanente à nos cotés.

Nos meilleurs amis : Fatiha, Lila, Nassim, Said, Mohamed, Mouloud, Lyes, Moussa, Azouaou, Kaci, Rahim, Jacob, Sofiane, Nourredine, Hocine en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

Tous nos amis(es), connaissances et camarades à qui nous souhaitons la réussite.

Tous nos cousins et voisins.

Toutes personnes qui nous aime, que nous aimons, toute notre famille et tous ceux que nous avons omis de citer.

Slimane & Walid

Sommaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale..... 1

Chapitre I : généralités sur les réseaux ad hoc

Préambule.....	3
I.1. les réseaux sans fils.....	3
I.2. les réseaux mobiles	5
I.3. comparaison entre les réseaux mobiles avec infrastructure et les réseaux mobiles sans infrastructure	7
I.3. Les réseaux ad hoc	7
I.3.1. Définition du réseau ad hoc.....	7
I.3.2. Les réseaux MANET.....	8
I.3.3. les caractéristiques des réseaux ad hoc	9
I.3.4. les communications dans les réseaux ad hoc	11
I.4. Les contraintes liées aux réseaux Ad hoc	13
I.4.1. Bande passante limitée.....	13
I.4.2. Contrainte d'énergie	13
I.4.3. Liens unidirectionnels.....	13
I.4.4. Sécurité physique limitée.....	14
I.4.5. Interface radio multiple et Interférences	14
I.4.6. Changement de topologie	15
I.4.7. Nœud caché.....	15
I.4.8. Le nœud exposé	16
I.5. Domaines d'applications dans les réseaux ad hoc	16
Discussion	18

Chapitre II : les réseaux véhiculaires

Préambule.....	19
II.1. Les réseaux de capteurs (sensors network)	19
II.2. pourquoi les réseaux véhiculaires	20

Sommaire

II.3. Les réseaux ad hoc véhiculaires (VANET)	21
II.4. Les modes de communication dans les VANET	22
II.4.1. Les communications véhicule-a-véhicule (V2V)	22
II.4.2. La communication véhicule-a-infrastructure (V2I)	23
II.4.3. Les communications hybrides	24
II.5. Caractéristiques des réseaux véhiculaires (VANET)	24
II.5.1. La mobilité des nœuds	24
II.5.2. L'environnement de communication	25
II.5.3. Topologie du réseau et connectivité	25
II.5.4. La capacité d'énergie et stockage	25
II.6. Les méthodes d'accès dans les réseaux VANET	26
II.6.1. Les systèmes intra-véhiculaires	26
II.6.2. Les systèmes extra- véhiculaires.....	27
II.7. les services offerts par les VANET	30
II.7.1. Services de gestion et d'amélioration du trafic routier	30
II.7.2. Services de prévention et de sécurité du trafic routier	30
II.7.3. Services d'amélioration du confort des usagers	31
II.8. Les paramètres de travail dans le domaine des réseaux VANET	31
II.8.1. Localisation de véhicules	31
II.8.2. Problèmes de congestion	31
II.8.3. Dynamique du trafic véhiculaire dans les VANET	32
II.8.4. Le routage dans les VANET	32
II.8.5. La sécurité dans les VANET	32
II.8.6. La qualité de service (QOS).....	33
Discussion	33

Chapitre III : La qualité de service dans les VANET

Préambule.....	34
III.1. Définition	34
III.2. les critères de la qualité de service	34
III.3. Mesures et paramètres de la qualité de service	35
III.4. Les défis de la qualité de service dans les réseaux de capteurs sans fils.....	37
III.5. La qualité de service dans les VANET	38
III.6. Les protocoles topologiques réactifs de routage dans les réseaux ad hoc véhiculaires ...	39

Sommaire

III.6.1. Définition.....	39
Discussion.....	40
Chapitre IV : Simulation et résultats	
Préambule.....	41
IV.1. Environnement de simulation	41
IV.1.1.Présentation du simulateur NS2	41
IV.2. La fenêtre NAM.....	42
IV.2.1. NS2 Visual Trace Analyzer	43
IV.2.2. Avantages de NS2	44
IV.3. Simulation et résultats.....	44
IV.3.1. Le processus de simulation	44
IV.3.2. Objectifs de simulation.....	46
IV.3.3. Contexte de simulation.....	46
IV.3.4. Scénario de simulation	47
IV.4.Visualisation et Interprétation des paramètres pour le nœud 1 (car 1) dans les trois cas ..	48
Latence (Delay)	48
La gigue (Jitter)	50
Le débit (Througput)	52
IV.5.Visualisation et Interprétation des paramètres pour le nœud 8 (car 8) dans les trois cas ..	54
Latence (Delay)	54
La gigue (Jitter)	56
Le débit (Througput)	58
Discussion	61
Conclusion générale	62
Bibliographie	

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1 : Classification des réseaux sans fils	4
Figure 2 : réseau avec infrastructure (cellulaire)	5
Figure 3 : réseau sans infrastructure.....	6
Figure 4 : Exemple de réseaux avec infrastructure et sans infrastructure.....	7
Figure 5 : réseau ad hoc	8
Figure 6 : Réseau MANET.....	9
Figure 7 : Le routage par relais	10
Figure 8 : Exemple illustratif de la topologie dynamique.....	11
Figure 9 : Modes de communication dans les réseaux ad hoc	12
Figure 10 : Lien de communication unidirectionnel en fonction de la portée	14
Figure 11 : Exemple d'un nœud caché.....	15
Figure 12 : nœud exposé	16
Figure 13 : réseau de capteurs.....	20
Figure 14 : réseau VANET	21
Figure 15 : Véhicule intelligent	22
Figure 16 : Le mode de communication (V2V).....	23
Figure 17 : le mode de communication (V2I).....	23
Figure 18 : le mode de communication hybride.....	24
Figure 19 : La fenêtre NAM.....	43
Figure 20 : NS2 Visual Trace Analyzer.....	44
Figure 21 : Scénario de simulation	47
Figure 22 : La latence dans le noeud1 pour le cas1	48
Figure 23 : La latence dans le noeud1 pour le cas2	49
Figure 24 : La latence dans le noeud1 pour le cas3	49
Figure 25 : La gigue dans le nœud 1 pour le cas1.....	50
Figure 26 : La gigue dans le nœud 1 pour le cas2.....	51
Figure 27 : La gigue dans le nœud 1 pour le cas 3.....	51
Figure 28 : Le débit dans le nœud 1 pour le cas1.....	52
Figure 29 : Le débit dans le nœud 1 pour le cas2.....	53
Figure 30 : Le débit dans le nœud 1 pour le cas3.....	53
Figure 31 : La latence dans le nœud 8 pour le cas1	54
Figure 32 : La latence dans le nœud 8 pour le cas2	55
Figure 33 : La latence dans le nœud 8 pour le cas3	55

Liste des figures

Figure 34 : La gigue dans le nœud 8 pour le cas1	56
Figure 35 : La gigue dans le nœud 8 pour le cas2.....	57
Figure 36 : La gigue dans le nœud 8 pour le cas3.....	57
Figure 37: Le débit dans le nœud 8 pour le cas1.....	58
Figure 38: Le débit dans le nœud 8 pour le cas2.....	59
Figure 39: Le débit dans le nœud 8 pour le cas3.....	59

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification des réseaux sans fils	4
Tableau2 : Comparaison entre VANET et Manet.....	26
Tableau 3 : Paramètres de simulation du scénario.....	46

Liste des abréviations

Liste des abbreviations

WLAN: **W**ireless **L**ocal **A**rea **N**etworks

WPAN: **W**ireless **P**ersonal **A**rea **N**etworks

WMAN: **W**ireless **M**etropolitan **A**rea **N**etworks

WWAN: **W**ireless **W**ide **A**rea **N**etworks

IEEE: **I**nstitute of **E**lectrical and **E**lectronics **E**ngineers

CSMA/CA: **C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess with **C**ollision **A**voidance

PDA : **P**ersonal **D**igital **A**ssistant

ITS : **I**ntelligent **T**ransportation **S**ystems

V2V : **V**éhicule-à-**V**éhicule

V2I : **V**éhicule-à-**I**nfrastructure

RSU : **R**oad **S**ide **U**nit

DSRC : **D**edicated **S**hort **R**ange **C**ommunications

ADAS : **S**ystèmes **A**vancés **D**'aide à la conduite

RDS: **R**adio **D**ata **S**ystem

TMC: **T**raffic **M**essage **C**hannel

DAB: **D**igital **A**udio **B**roadcasting

DMB: **D**igital **M**ultimedia **B**roadcasting

DVB-T: **D**igital **V**ideo **B**roadcasting - **T**errestrial

DVB-H: **D**igital **V**ideo **B**roadcasting- **H**andheld

ETSI : **E**uropean **T**élécommunications **S**tandards **I**nstitute

STI : **S**ystème de **T**ransport **I**ntelligent

GSM: **G**lobal **S**ystem for **M**obile **C**ommunication

GPRS: **G**eneral **P**acket **R**adio **S**ervice

UMTS: **U**niversel **M**obile **T**élécommunication **S**ystem

WIMAX: **W**orldwide **I**nteroperability for **M**icrowave **A**ccess

P2MP: **P**oint-à-**M**ultipoint

WIFI: **W**ireless **F**idelity

QOS: **Q**uality **O**f **S**ervice

MAC: **M**essage **A**uthentication **C**ode

AODV: **A**d hoc **O**n **D**emand **D**istance **V**ector

DSR: **D**ynamic **S**ource **R**outing

RREQ: **R**oute **R**equest **M**essage

Liste des abbreviations

RREP: Route Reply Message

RRER: Route Error Message

VANET: Vehicular Ad-Hoc Network

MANET: Mobile Ad-hoc Networks

ETSI : Européen Télécommunication Standards Institute

AODV: Ad hoc On – Demand Vector

NS2: Network Simulator 2

OTCL: Object Tool Command Language

TCL: Tool Command Language

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale :

La création des technologies sans fils a eu un impact considérable dans l'évolution des réseaux et télécommunications, ces technologies définissent une nouvelle forme de réseaux de télécommunication qui sont introduits dans plusieurs domaines scientifiques. Les utilisateurs sont dans la possibilité d'effectuer des communications de telle sorte à garder la connectivité des équipements tout en ayant l'avantage de la mobilité sans avoir recours aux liaisons filaires utilisées dans les réseaux traditionnels qui encombrant ces derniers.

La technologie sans fil est adaptée pour des environnements mobiles qui offrent une grande flexibilité d'emploi. En particulier, ils offrent un avantage dans la mise en réseau de certains sites dont le câblage serait très difficile, voir même impossible.

Les réseaux mobiles peuvent être classés en deux classes à savoir les réseaux avec infrastructure et les réseaux sans infrastructure, pour avoir une auto organisation et une spontanéité, les réseaux ad hoc ont vu le jour. Les réseaux ad hoc fonctionnent sans la présence d'une infrastructure, c'est une collection de terminaux mobiles équipés d'une ou plusieurs interfaces réseaux. Ces terminaux sont potentiellement hétérogènes, ils n'utilisent pas forcément tous le même médium sans fils et ne présentent pas les mêmes caractéristiques de mobilité. Les terminaux peuvent échanger des informations (paquets) dans la limite de leur portée radio, un schéma de communication multi-sauts est nécessaire pour établir la communication entre des correspondants distants. Chaque terminal peut jouer le rôle d'un routeur pour relayer les communications d'autres terminaux, la configuration des routes multi-sauts est assurée par un protocole de routage ad hoc.

Les réseaux ad hoc ont un champ élargi dans leur application, le secteur de transport est un exemple qui s'appuie sur les réseaux VANET qui est une application des réseaux ad hoc mobiles (MANET). Les nœuds mobiles sont des véhicules dotés de capteurs qui servent à la détection de toutes sortes d'évènements dans le milieu véhiculaire.

Les VANET se caractérisent par leur topologie dynamique due à la forte mobilité de leurs nœuds, on distingue trois types de communication dans ces réseaux qui sont : la communication véhicule à véhicule (V2V), la communication véhicule à infrastructure (V2I) et la communication hybride, la grande importance des communications dans les VANET donne suite à plusieurs recherches et développements.

Introduction générale

Plusieurs applications ont été développées dans ce domaine pour améliorer la sécurité routière, le confort des conducteurs et passagers ainsi que le trafic routier.

Parmi les défis majeurs rencontrés dans ces réseaux on trouve la qualité de service (QoS), ce paramètre permet d'évaluer les performances du réseau en termes du temps de transmission, le débit, la gigue et le nombre de paquets perdus lors de la communication. La qualité de service est en relation avec le routage, donc un protocole de routage doit être défini pour acheminer les informations entre les véhicules constituant le réseau.

Pour étudier les métriques définissant la qualité de service dans les VANET, nous avons fait recours à la simulation qui facilite la tâche afin de bien comprendre le fonctionnement du réseau et déduire les critères qui doivent être pris en compte pour avoir une très bonne qualité de service. Un simulateur doit être choisi selon le type de l'application voulue et les conditions de simulation (dans notre application c'est le NS2).

Notre travail sera réparti sur quatre chapitres, Le premier chapitre portera sur les généralités sur les réseaux ad hoc, le deuxième sera réservé pour les réseaux véhiculaires, notre thématique (qualité de service) sera étudiée dans le troisième chapitre et le quatrième chapitre sera consacré la simulation d'un réseau VANET sous NS2 pour étudier la qualité de service. Nous finirons notre travail par une conclusion générale et perspective.

Chapitre I

Généralités sur les réseaux Ad hoc

Préambule :

Les réseaux sans fils sont une alternative très réussie pour les réseaux filaires, ils jouent un rôle crucial dans les réseaux informatiques en leurs offrant des solutions pratiques pour la mobilité.

Les réseaux mobiles sont une nouvelle technologie de réseaux sans fils, ils sont conçus dans le but de répondre à la notion de mobilité, ils disposent d'entités qui se déplacent dans l'espace ce qui engendre des caractéristiques autres que celles des réseaux traditionnels.

Selon l'architecture, on trouve des réseaux mobiles avec infrastructure (cellulaires) et des réseaux mobiles sans infrastructure. Les réseaux ad hoc sont une particularité des réseaux mobiles sans infrastructure, ils sont définis par des caractéristiques et des modes de communication spécifiques. Comme tout autre type de réseaux, les ad hoc sont soumis à plusieurs contraintes mais leurs domaines d'application reste varié tel que les systèmes de transport intelligents.

I.1. Les réseaux sans fils [1] [2] :

Un réseau sans fils (Wireless Lan ou WLAN ou IEEE 802.11) est un réseau conçu de telle sorte à échanger des informations entre ses terminaux sans l'établissement d'une liaison filaire, ils utilisent les médiums radio ou infrarouge pour l'échange des données. Les données sont transmises indépendamment de l'emplacement des périphériques composant le réseau.

On distingue quatre catégories de réseaux sans fils selon l'étendue géographique ainsi que la technologie utilisée à savoir : les réseaux personnels (WPAN), Les réseaux locaux (WLAN) Les réseaux métropolitains (WMAN) et les réseaux étendus (WWAN).

La figure et le tableau ci-dessous nous renseignent sur la classification des réseaux sans fils selon certains paramètres qui les caractérisent.

Chapitre I : Généralités sur les réseaux ad hoc

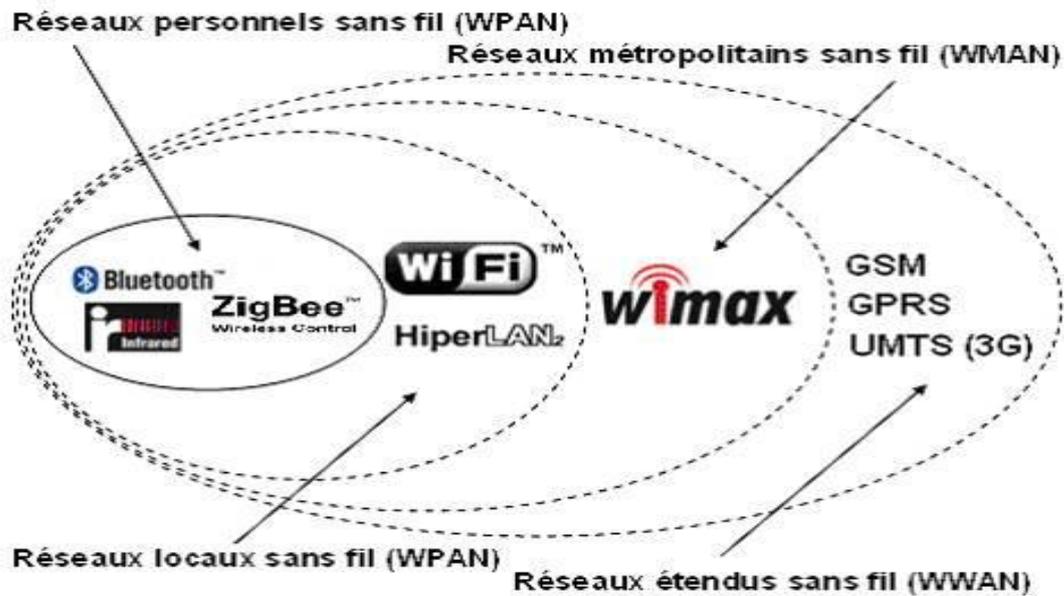


Figure 1 : Classification des réseaux sans fils

Catégorie	WPAN	WLAN	WMAN	WWAN
Standard	IEEE 802.15	IEEE 802.11	IEEE 802.16	IEEE 802.20
Technologie	Bluetooth Zigbee IR (infrarouge)	Wifi	Wimax	GSM GPRS UMTS
Couverture	Quelque dizaines de mètres	Une centaine de mètre	Quelques dizaines de kilomètres	Une centaine de kilomètres
Débit	< 1Mbps	2 à 54 Mbps	Jusqu'à 70 Mbps	10 à 385 Kbps
Applications	Point à point Equipement à équipement	Réseau d'entreprise	Fixe, accès au dernier Kilomètre	GSM PDA

Tableau 1 : Classification des réseaux sans fils

I.2. Les réseaux mobiles [3] :

Les réseaux sans fils peuvent avoir une application dans un environnement mobile, les réseaux mobiles sans fils (Wireless network) sont des réseaux informatiques ou numérisés dans les quels les différents postes ou systèmes sont connectés via des ondes radio.

Ces réseaux se caractérisent par la mobilité de leurs nœuds ce qui engendre des caractéristiques autres que celles des réseaux traditionnels, leurs particularités représentent un avantage pour l'étude des problèmes traités dans les réseaux à savoir la communication et le routage. Ils peuvent être associés à des réseaux de télécommunication afin de réaliser des interconnexions entre les nœuds.

L'absence de l'amplification du signal lors de la communication entre les nœuds exige l'usage de relais pour pouvoir acheminer l'information ce qui implique une zone de couverture relativement limitée. Deux architectures se présentent dans ce type de réseaux: [4]

a. Les réseaux mobiles avec infrastructure (cellulaires) :

Dans ce mode, chaque unité mobile (nœud) est connectée à un point d'accès (appelé aussi site fixe ou station de base) par une liaison sans fil. Les unités mobiles et le point d'accès constituent ce qu'on appelle une cellule comme illustré dans la figure ci-dessous.

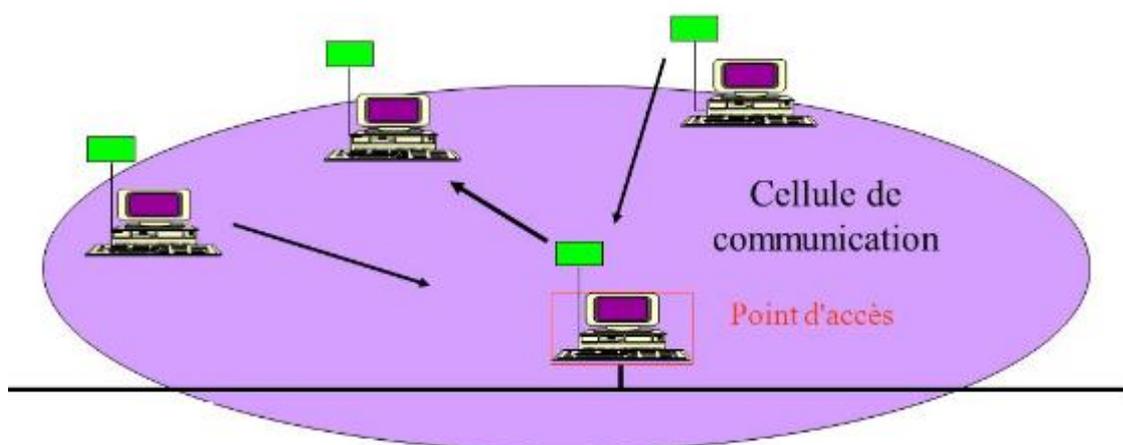


Figure 2 : Réseau avec infrastructure (cellulaire)

b. Les réseaux mobiles sans infrastructure :

Dans ce mode, le réseau fonctionne en l'absence de la notion de site fixe ou bien point d'accès. Toutes les stations du réseau sont connectées les unes aux autres pour construire un réseau point à point (Peer to Peer) ce qui permet aux machines de jouer le rôle de client et serveur au même temps.

Lorsqu'il s'agit d'un environnement ad hoc, il se peut que la donnée envoyée par un nœud source à un nœud destinataire transite par plusieurs nœuds intermédiaires pour enfin arriver à destination (multi-saut).

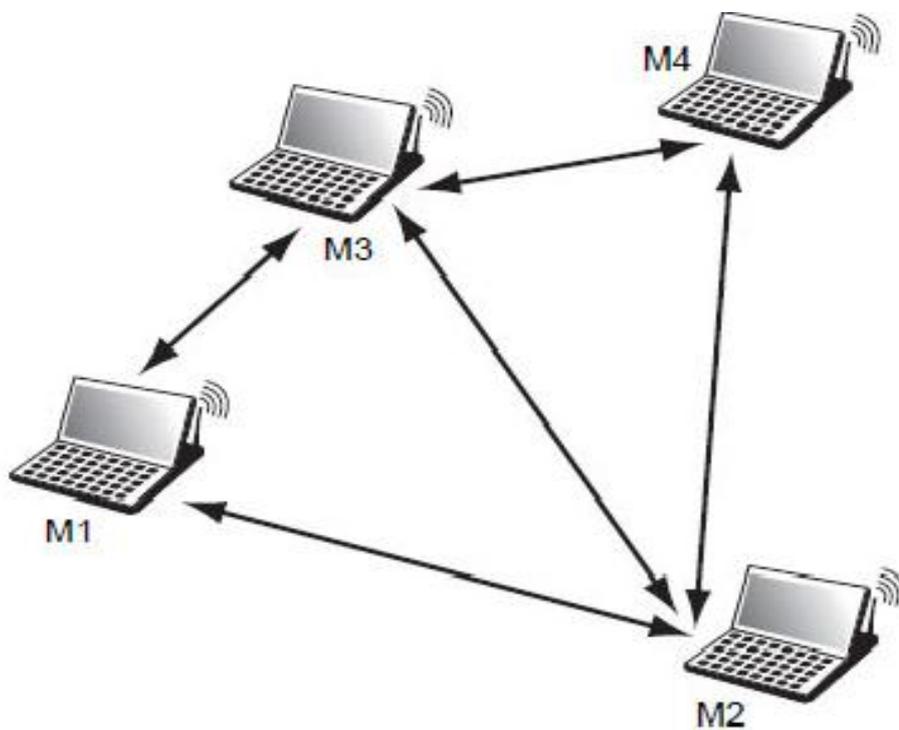


Figure 3 : Réseau sans infrastructure

I.3. Comparaison entre les réseaux mobiles avec infrastructure et les réseaux mobiles sans infrastructure [5] :

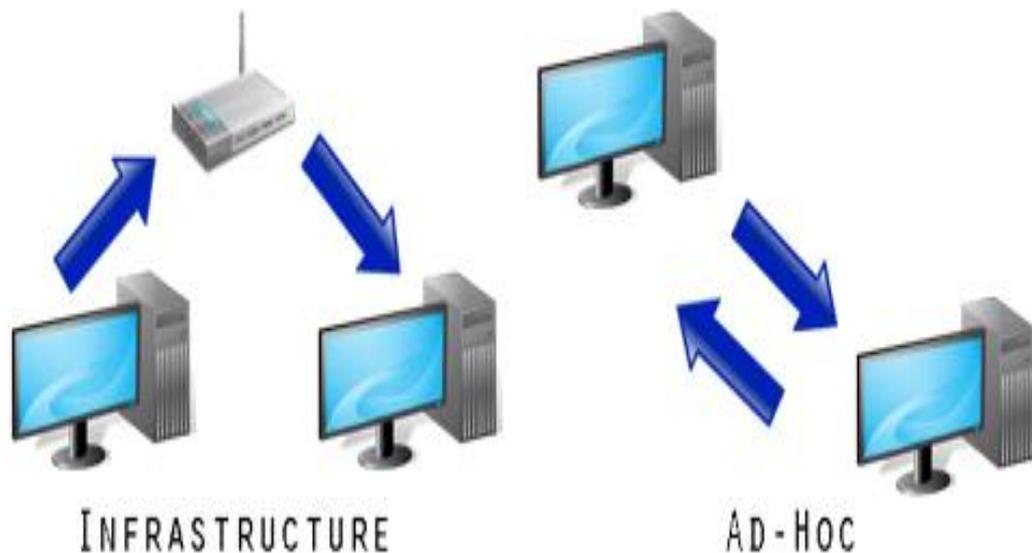


Figure 4 : Exemple de réseaux avec infrastructure et sans infrastructure

La figure ci-dessus illustre la différence entre un réseau sans fils mobile sans infrastructure (ad hoc) et un réseau avec infrastructure. Dans le réseau avec infrastructure on a un point d'accès qui permet d'établir la communication entre les deux machines. Pour le réseau ad hoc il n'existe pas d'infrastructure, les deux machines communiquent directement entre elles.

I.3. Les réseaux ad hoc :

I.3.1. Définition du réseau ad hoc [5] :

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.

Chapitre I : Généralités sur les réseaux ad hoc

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.

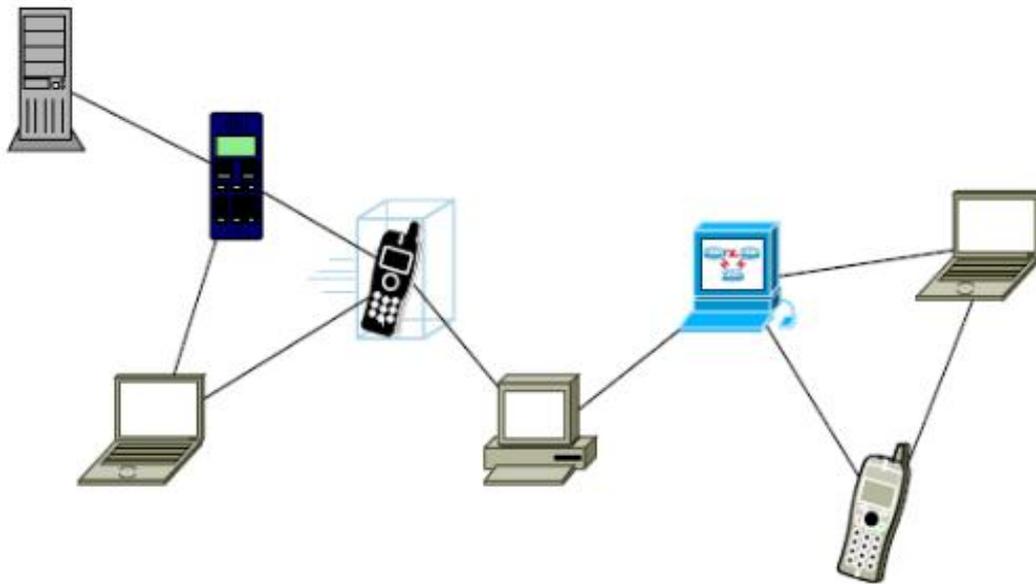


Figure 5 : Réseau ad hoc

I.3.2. Les réseaux MANET [6] :

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 6 : Réseau MANET

I.3.3. Les caractéristiques des réseaux ad hoc :

a)- Absence d'infrastructure :

Les réseaux ad hoc se différencient des autres réseaux mobiles par leurs propriétés d'organisation spontanées et leur autonomie dans l'environnement dans le quel ils sont déployés, en l'absence de tout genre de gestion centralisée, donc ils n'ont pas une infrastructure prédéfini. Les nœuds mobiles travaillent paire à paire et sont responsables d'établir et de maintenir la connectivité du réseau en tant que routeurs pour relayer des communications ou générer leurs propres données.

b)- Routage par relais [1] :

Tous les nœuds peuvent communiquer directement avec des terminaux dans une enceinte géographique limitée, dans le cas où la destination est hors de portée de la source, les nœuds jouent le rôle d'interface comme étant un relais ou routeur pour acheminer la communication à destination.

Dans l'exemple ci-dessous, la machine **A** dont la portée est schématisée par le cercle vert, veut communiquer avec la machine **C** se trouvant hors de son champ de réception. Pour aboutir,

Chapitre I : Généralités sur les réseaux ad hoc

la connexion réseau va donc utiliser la machine **B** se trouvant à portée de réception des machines **A** et **C**.

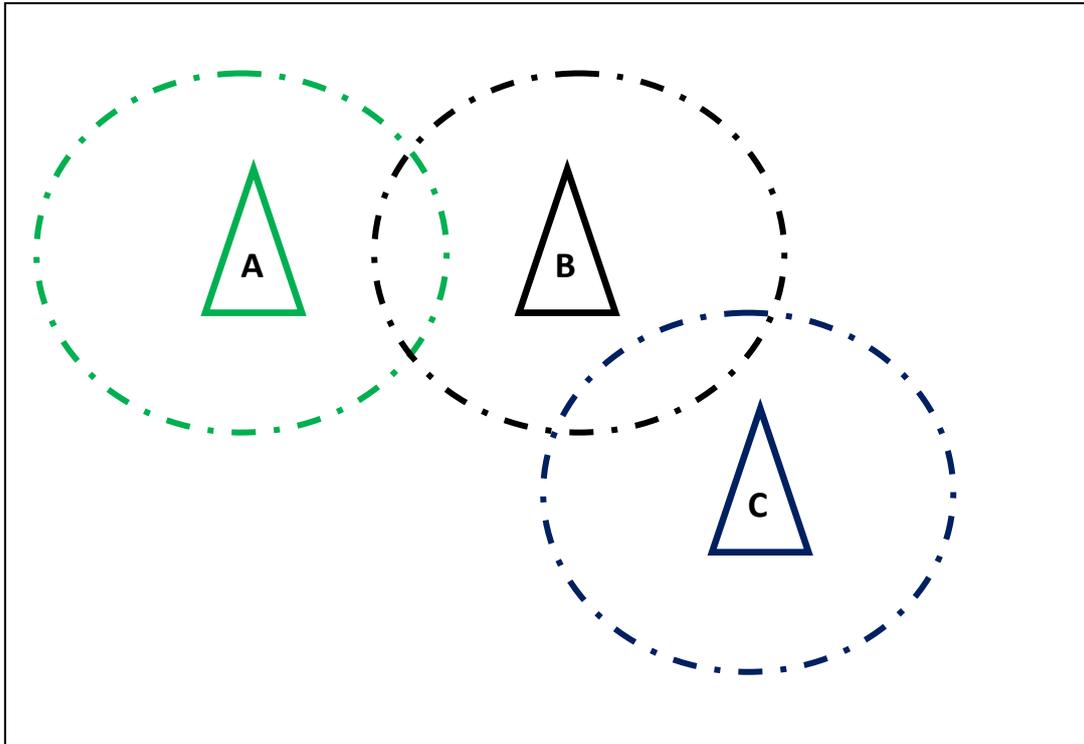


Figure 7 : Le routage par relais

c)- Topologie dynamique :

Une particularité très importante qui distingue les réseaux mobiles Ad Hoc des autres réseaux est la mobilité de ses nœuds. Les terminaux mobiles changent de position d'une façon libre et arbitraire (aléatoirement). Ce qui engendre le changement de la topologie physique du réseau à des instants imprévisibles, La figure 8 illustre un cas de topologie dynamique des réseaux Ad Hoc dont la topologie a changé (en allant d'une topologie en maille vers une topologie en bus).

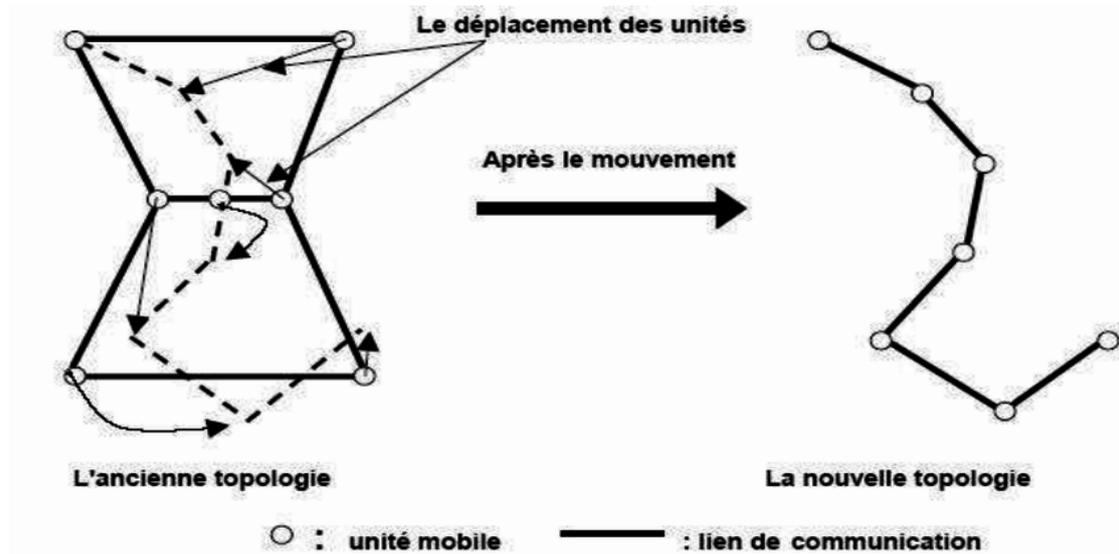


Figure 8 : Exemple illustratif de la topologie dynamique

d)- Taille du réseau ad hoc :

La taille du réseau est souvent de petite ou moyenne taille ; le réseau est utilisé pour étendre temporairement un réseau filaire. En revanche, il existe des applications qui nécessitent une utilisation allant jusqu'à des dizaines de milliers de nœuds.

e)- Hétérogénéité des nœuds :

Chaque nœud peut être équipé d'une ou plusieurs interfaces ayant des capacités de transmission variées et sur des plages de fréquences différentes. En plus de cette hétérogénéité, les nœuds peuvent avoir différentes capacités de traitement (CPU, mémoire), ils peuvent être de taille (petit, grand) et de mobilité (lent, rapide). Pour supporter de telles situations une adaptation dynamique des protocoles s'avère nécessaire.

f)- Multi sauts :

Un réseau ad hoc est caractérisé par le « multi-saut » ou « multi-hop », dans cette approche plusieurs nœuds mobiles collaborent au routage et servent comme routeurs intermédiaires pour joindre un nœud qui est hors de portée de la source ou qui n'est pas directement lié à l'émetteur.

I.3.4. les communications dans les réseaux ad hoc [4] :

Différents modes d'échanges de données sont utilisés :

Chapitre I : Généralités sur les réseaux ad hoc

➤ Le mode unicast :

Il définit une connexion réseau point à point, il s'agit de la communication entre deux ordinateurs identifiés chacun par une adresse réseau unique. Le routage de paquets s'effectue suivant l'adresse du destinataire, seul le destinataire voulu pourra recevoir et décoder le message qui lui est transmis.

➤ Le mode multicast :

C'est la communication simultanée avec un groupe d'ordinateurs identifié par une adresse spécifique (adresse du groupe).

Le routage des paquets de données se fait suivant l'adresse des destinataires encapsulée dans la trame envoyée. Les paquets transmis seront interceptés et décodés seulement par les destinataires.

➤ Le mode BROADCAST (diffusion) :

Il concerne la diffusion de données depuis une source unique à un ensemble de récepteurs. Dans ce mode il est possible d'adresser un paquet de données à un ensemble de machines d'un même réseau uniquement par des adresses spécifiques qui seront interceptées par toutes les machines du réseau ou sous réseau.

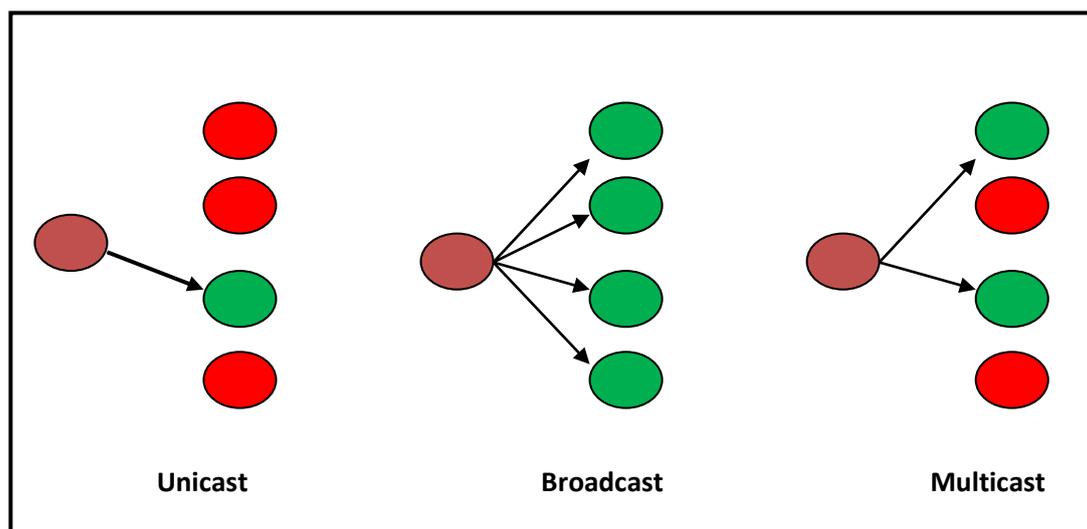


Figure 9 : Modes de communication dans les réseaux ad hoc

I.4. Les contraintes liées aux réseaux Ad hoc [4] [7] :

I.4.1. Bande passante limitée :

La communication dans les réseaux ad hoc est basée sur le partage d'un support physique sans fil (transmission par ondes radio), une bande passante limitée qui est partagée entre les nœuds voisins. La bande passante dépend du nombre de nœuds présents dans le voisinage et du trafic de données à transporter.

I.4.2. Contrainte d'énergie :

La mobilité des nœuds dans les réseaux ad hoc exige des sources d'énergie autonomes comme les batteries ou d'autres sources consommables (exemple l'exploitation de l'énergie solaire) donc sont fortement contraints par la durée de vie limitée de leurs ressources d'énergies, ce qui percute par conséquent sur les services et les applications supportés par chaque nœud. Le paramètre d'énergie doit être pris en considération dans tout le contrôle fait par le système.

I.4.3. Liens unidirectionnels :

Un lien unidirectionnel représente la possibilité qu'un nœud soit entendu (à portée d'ondes) d'un autre mais pas l'inverse. Cela arrive notamment lorsque les puissances d'émission sont différentes suivant les émetteurs (mode de propagation des ondes). Ce qui pose un problème des acquittements que l'on ne peut pas envoyer.

La figure10 représente le lien unidirectionnel parmi les liens de Communication en fonction des portées. Les nœuds **B** et **C** sont totalement à portée du nœud **A**, alors que le nœud **D** ne l'est pas. De plus, nous pouvons remarquer que les portées de communication des nœuds **A**, **B** et **C** se chevauchent, alors que le nœud **D** est à la portée de **B** seulement, et **B** n'est pas à la portée de **D**

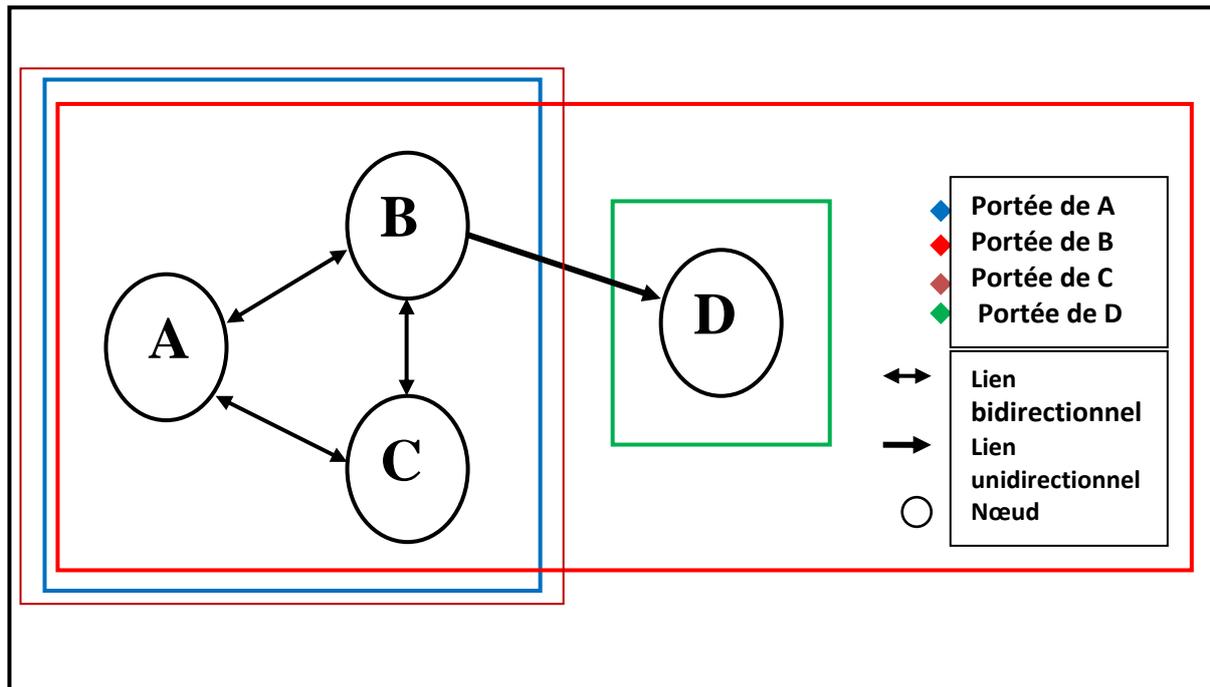


Figure 10 : Lien de communication unidirectionnel en fonction de la portée

I.4.4. Sécurité physique limitée :

L'un des points sensible des réseaux ad hoc par rapport aux autres réseaux est les attaques extérieures. Les données transmises transitent par des équipements d'utilisateurs inconnus ce qui nuit à la confidentialité, c'est pourquoi l'utilisation d'outils de sécurisation de données (cryptage.....) reste indispensable.

I.4.5. Interface radio multiple et Interférences :

Les nœuds disposent de plusieurs interfaces radio ce qui rend les protocoles plus complexes. Chaque interface rayonne sur une zone de couverture et lorsque les liens radio sont proches, cela rend les réseaux radio plus exposés aux erreurs de transmissions par rapport aux réseaux filaires. Ces erreurs proviennent généralement des interférences de natures multiples :

- Le nombre limité de canaux disponibles.
- Les fréquences d'émissions sont proches, ainsi, les émetteurs travaillant à des fréquences proches peuvent interférer entre eux.

Chapitre I : Généralités sur les réseaux ad hoc

- Les bruits produits par l'environnement (certains équipements électriques, certains moteurs....).
- Les phénomènes d'atténuation, réflexion et de chemins multiples qui rendent le signal incompréhensible en le déformant.

I.4.6. Changement de topologie :

La mobilité des nœuds provoque des changements fréquents dans la topologie du réseau. La réactivité du dispositif mis en place face à ces modifications a un impact direct sur la qualité du service proposé à l'utilisateur.

I.4.7. Nœud caché :

Le phénomène des nœuds cachés est très fréquent dans l'environnement sans fil comme illustré dans la figure 11. Le nœud **B** n'entend pas le nœud **C** directement à cause d'un obstacle qui empêche la propagation des ondes, les deux nœuds communiquent simultanément à travers le nœud **A** ce qui engendre des collisions au niveau de ce nœud.

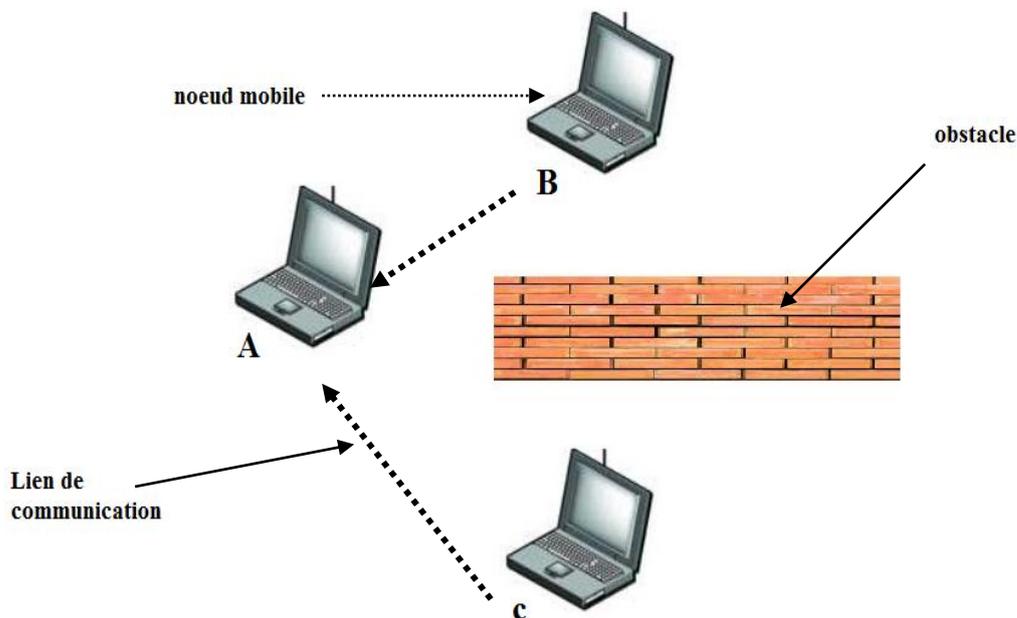


Figure 11 : Exemple d'un nœud caché

I.4.8. Le nœud exposé :

Ce cas est très récurrent dans les réseaux ad hoc, lorsque deux nœuds entrent en communication, les nœuds du voisinage ne peuvent pas établir des transmissions au même instant. Un cas typique est résumé dans la figure 12. Supposons que les stations **A** et **C** peuvent entendre les transmissions de **B**, mais que **A** n'entend pas **C** (et vice-versa). Supposons aussi que **B** est entrain d'envoyer des données vers **A** et que, au même moment, **C** veut communiquer avec **D**. En suivant la logique CSMA/CA, le nœud **C** va commencer par déterminer si le support est libre. À cause de la communication entre **B** et **A**, **C** trouve le support occupé et il retarde son envoi bien que celui-ci n'aurait pas causé de collisions.

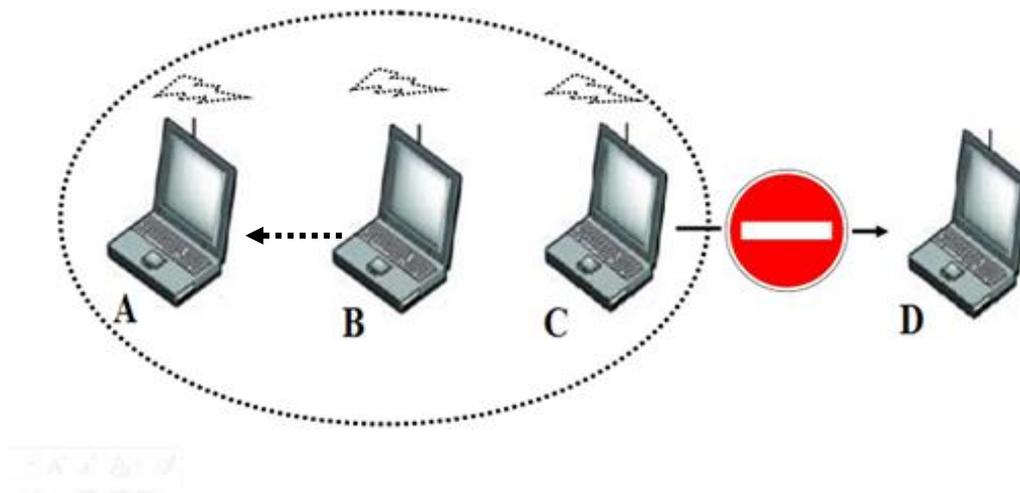


Figure 12 : nœud exposé

I.5. Domaines d'applications dans les réseaux ad hoc

Les réseaux mobiles ad hoc sont utilisés dans différents domaines, ils peuvent s'adapter dans des milieux urbains et ruraux.

Chapitre I : Généralités sur les réseaux ad hoc

Ce sont des réseaux robustes et moins coûteux c'est pourquoi leurs applications sont multiples :

➤ **Les applications militaires :**

Les réseaux ad hoc permettent de maintenir une liaison entre les différentes unités humaines (soldats) et physiques (chars, avions de chasse Etc.) Durant les missions et les exercices militaires.

➤ **Les applications liées à l'éducation :**

Les réseaux ad hoc sont très convenables pour effectuer le partage et l'échange d'informations entre les éléments d'un établissement ou d'une structure pédagogique donnée.

➤ **Les opérations de secourisme :**

Ces réseaux remplacent les réseaux filaires pour résoudre le problème des communications là où une installation filaire ne peut être réalisée qu'après une longue période de temps. Ils contribuent à la gestion et la prévention des catastrophes naturelles (séismes, incendies, inondations ... etc.)

➤ **Les applications commerciales :**

Ils servent pour les paiements électroniques distants ainsi que pour l'accès au service de guide en fonction de la position de l'utilisateur.

➤ **Les réseaux véhiculaires:**

Les réseaux véhiculaires font appel à l'architecture ad hoc pour pouvoir établir des communications entre véhicules qui circulent à des vitesses considérables ou bien entre véhicules et leur environnement.

Discussion :

Les technologies sans fils ont vu des avancées progressives dans le monde des réseaux et télécommunications, l'apparition des réseaux mobiles a eu un grand impact sur l'environnement d'utilisation de ces technologies.

Les réseaux ad hoc sont des réseaux mobiles définis par une architecture sans infrastructure qui leurs permet une adaptation à des situations multiples grâce à leur mobilité. C'est une catégorie de réseau qui présente des caractéristiques autres que celles des réseaux traditionnels c'est pourquoi leur utilisation est si indispensable.

Ces réseaux communiquent les informations en utilisant trois modes à savoir le mode unicast, le mode multicast et le broadcast. Comme tout autre type de réseau, les ad hoc sont confrontés à des contraintes qui peuvent agir sur leur bon fonctionnement. Malgré cela ils sont dédiés pour plusieurs domaines d'application tels que les systèmes de transports intelligents dont ils se présentent sous forme de réseaux VANET.

Chapitre II

Les réseaux véhiculaires

Préambule :

L'évolution des technologies sans fils a donné suite à plusieurs avancées pour la communication. L'introduction des réseaux sans fils dans les véhicules suscite un grand intérêt dans le domaine des recherches et développements pour améliorer le secteur du transport.

Les VANET constituent une nouvelle forme de réseaux ad hoc mobiles, leur potentiel à fournir des informations sur le trafic et les accidents en temps réel font de cette technologie un domaine de recherches très important. Ces réseaux sont caractérisés par leur topologie dynamique, ils permettent d'établir des communications entre les véhicules ou bien entre les véhicules et les infrastructures se trouvant au bord des routes.

Ces réseaux sont régis par des paramètres multiples qui seront détaillés par la suite.

II.1. Les réseaux de capteurs (sensors network) [8] :

Les réseaux de capteurs sans fils (WSN) disposent de capteurs munis de différents dispositifs de mesure (température, vitesse, pression, localisation ... etc.).

Ces capteurs remplacent les terminaux intelligents (ordinateur, PDA ... etc.) qui sont des nœuds constituant le réseau.

Ces réseaux sont équipés aussi de système à microcontrôleurs, un système d'aimantation et d'une ou plusieurs antennes radio, les mesures distribuées sur une zone donnée sont transférées vers une ou plusieurs stations de base pour qu'elles puissent être traitées.

Dans ce type de réseau, les problèmes rencontrés concernent l'économie d'énergie, la durée de vie des capteurs ... etc.) Alors que dans les réseaux véhiculaires la mobilité des nœuds est un enjeu principal.

Les réseaux de capteur émergent en tant que nouvelle architecture dans les réseaux de véhicules, les voitures sont munis de capteurs de diverses catégories. Ceux-ci peuvent servir pour avoir des informations sur le trafic routier, la disponibilité des places de parking et des applications de surveillance dans un environnement précis.

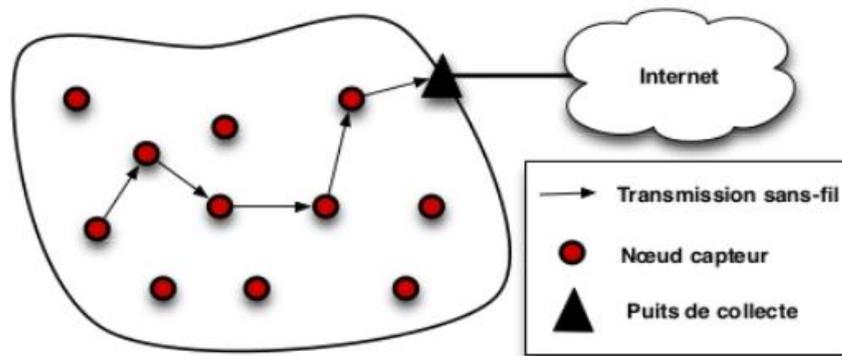


Figure 13 : Réseau de capteurs

II.2. Pourquoi les réseaux véhiculaires [9] :

La recherche sur les systèmes de transport intelligents est basée sur trois principaux objets qui peuvent éventuellement être améliorés :

- Les véhicules : en utilisant des systèmes d'anticollisions et des régulateurs de vitesse adaptifs
- Les routes : la gestion du trafic routier avec des techniques et des fonctions avancées
- Les conducteurs : en fournissant des informations sur le trafic routier et les collisions d'une manière préventive.

Les communications véhiculaires au sein du réseau peuvent apporter des améliorations très importantes, elles peuvent servir comme moyen d'avertissement et d'alerte sur les incidents et toutes sortes de dangers probables dans la route.

Plusieurs applications ont été mise en œuvre pour la bonne gestion des urgences et l'amélioration de la sécurité routière : en équipant les infrastructures routières avec des systèmes innovants, l'échange des informations entre véhicules et avec les centres de service ...etc.) L'établissement d'un réseau de véhicules est une solution très adéquate pour contrôler les différents paramètres liés à la circulation routière.

II.3. Les réseaux ad hoc véhiculaires (VANET) :

A. Définition [8] [10] :

Les réseaux VANET (vehicular ad hoc Networks) sont une application des réseaux ad hoc mobiles (MANET), où les nœuds correspondent aux véhicules intelligents équipés de calculateurs, capteurs et cartes réseaux. La communication entre les nœuds ne prévoit aucune infrastructure voir (figure 14). Les réseaux véhiculaires sont une projection des systèmes de transports intelligents (Intelligent Transportation Systems - ITS). Les véhicules communiquent les uns avec les autres par l'intermédiaire de la communication V2V aussi bien qu'avec les stations de base placées sur la route par l'intermédiaire de la communication V2I et avec une communication hybride qui est une combinaison des deux autres. L'objectif de ces réseaux est de contribuer à l'élaboration de routes plus sûres et plus efficaces à l'avenir en fournissant des informations opportunes aux conducteurs et aux autorités intéressées



Figure 14 : Réseau VANET

B. Nœud VANET (vehicular ad hoc Networks) [11] :

Le nœud VANET est un véhicule qui embarque un ensemble d'équipements électroniques tels : les dispositifs de perception de l'environnement (capteurs, radars...etc.), plateforme de traitement, systèmes de localisation GPS et une interface homme-machine pour aboutir à un nœud capable de collecter les informations, les traiter et de les communiquer

Chapitre II : Les réseaux véhiculaires

avec d'autres nœuds. On parle de la notion de << véhicule intelligent >>. La figure (15) montre un exemple d'un véhicule intelligent.

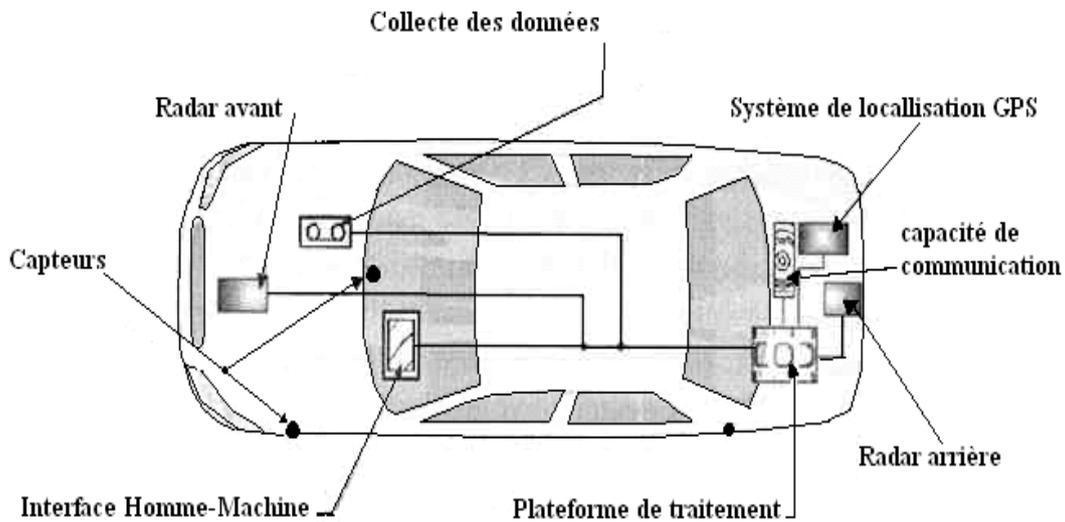


Figure 15 : Véhicule intelligent

II.4. Les modes de communication dans les VANET :

Trois modes de communications sont utilisés dans les réseaux VANET :

- Les communications véhicule -a- véhicule (V2V)
- Les communications véhicule-a-infrastructure (V2I)
- Les communications hybrides

II.4.1. Les communications véhicule-a-véhicule (V2V) [12] [13] :

Dans ce mode de communication, un réseau de véhicules est considéré comme un cas particulier des réseaux ad hoc mobiles (MANET) où le modèle de mobilité exige une architecture totalement décentralisée à cause de la forte mobilité des nœuds, basé sur la simple communication inter-véhicules qui se situent dans une même zone radio. La transmission est assurée par le protocole multi-sauts. Dans ce cas de communication (V2V), les médiums de communication utilisés sont caractérisés par leur débit de transmission important et une petite latence (exemple du médium WIFI). Aucune infrastructure n'est utilisée, les véhicules sont équipés de systèmes de communication qui les rendent indépendants pour communiquer directement entre eux ce qui donne une communication moins coûteuse et plus flexible.

Cette approche présente des inconvénients tels que :

Chapitre II : Les réseaux véhiculaires

- _ l'utilisation des multi-sauts exige des délais de transmission plus élevés.
- _ la forte mobilité des nœuds provoque des déconnexions très fréquentes.
- _ la sécurité routière est limitée.

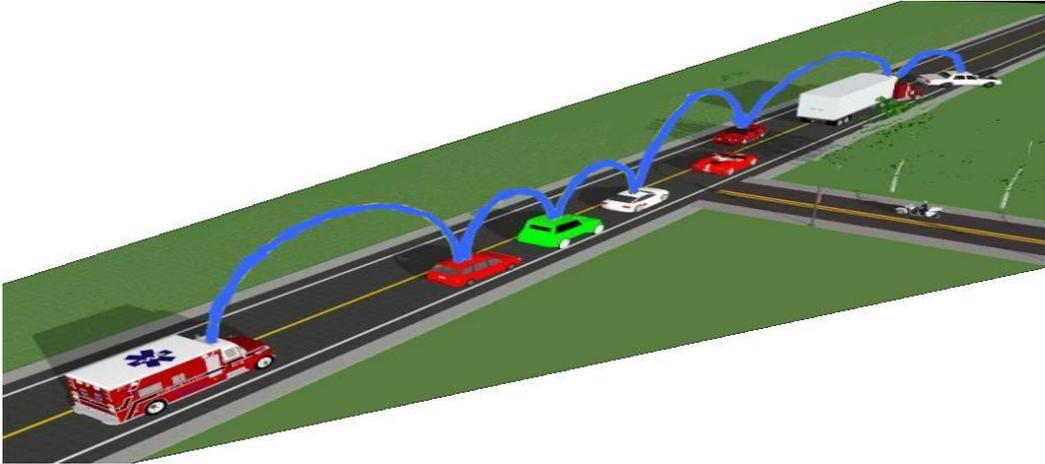


Figure 16 : Mode de communication (V2V)

II.4.2. La communication véhicule-a-infrastructure (V2I) [12] :

Dans ce mode de communication, des équipements fixes ou points d'accès RSU (road side Unit) sont déployés tout au long des routes selon la (figure 17).

Ces dispositifs permettent de garantir un confort et une convivialité (accès à internet, échange de données de voiture à domicile, disponibilité des places dans un parking...etc.). De plus, ils assurent la diffusion d'informations sur le trafic (météo, état des routes...etc.) ce qui est important pour la sécurité routière. En revanche, l'inconvénient majeur de cette approche est l'installation des stations qui prend beaucoup de temps et leur maintenance revient très chère.



Figure 17 : Mode de communication (V2I)

Chapitre II : Les réseaux véhiculaires

II.4.3. Les communications hybrides [12] [14] :

Ce mode de communication est plus performant par rapport aux autres car les deux approches (V2V et V2I) sont combinées afin d'obtenir une architecture intéressante qui peut remédier aux inconvénients cités dans précédemment. En effet, l'utilisation de véhicules comme relai permet de régler le problème des portées limitées des infrastructures tout en évitant de multiplier les bornes à chaque coin de rue. D'autre part, les communications inter véhiculaires souffrent du problème de routage lorsqu'il s'agit d'une transmission à longue distance. Dans un cas pareil, l'accès à une infrastructure peut améliorer les performances réseau. D'où l'intérêt de la complémentarité des deux modes de communication.

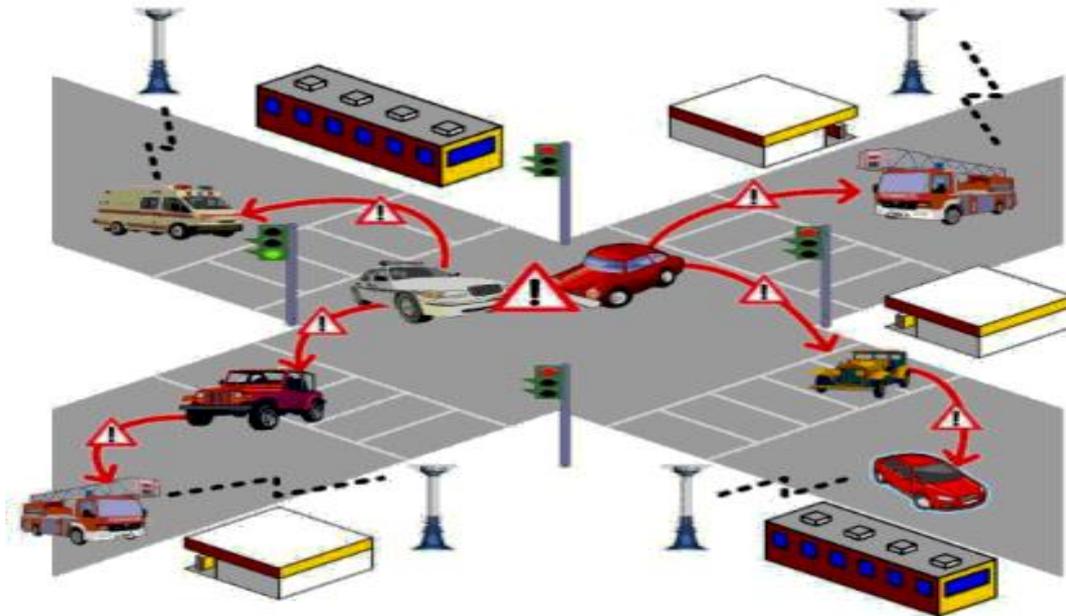


Figure 18 : Mode de communication hybride

II.5. Caractéristiques des réseaux véhiculaires (VANET):

En plus des caractéristiques ad hoc mobile classiques, les VANETS se caractérisent par :

II.5.1. La mobilité des nœuds [15] [16] :

Les nœuds se déplacent plus rapidement dans les VANET. Le mot (mobile) du MANET signifie parfois juste un accès aléatoire statique à différentes positions, mais pas vraiment un mouvement continu.

Chapitre II : Les réseaux véhiculaires

Les nœuds dans un VANET (les véhicules) tendent à se déplacer ensemble d'une manière organisée suivant des routes (itinéraires) bien définies, ce mouvement est loin d'être au hasard car le choix des trajectoires pour atteindre une position géographique est limité, il dépend du nombre de routes (chemins) disponibles. Contrairement aux MANET le mouvement est plutôt aléatoire.

II.5.2. L'environnement de communication [8] [15] :

Un VANET est beaucoup plus étendu qu'un MANET, Cependant les technologies du médium sans fils à faible portée comme le Bluetooth, le wifi et le zigBee sont plutôt des technologies de communication du MANET et ne peuvent pas être adaptées dans tous les cas au VANET en raison du mouvement à grande vitesse des nœuds et de la grande envergure du VANET. De plus, les VANET se distinguent des autres réseaux sans fils par leur environnement de communication qui n'est pas spécifique ou bien fixe vu les déplacements des véhicules au sein du réseau d'une manière continue.

II.5.3. Topologie du réseau et connectivité [14] :

Les changements de topologie sont très fréquents, un véhicule peut rejoindre ou quitter le réseau en un temps bref. Des problèmes comme le partitionnement du réseau peuvent souvent apparaître, essentiellement quand le DSRC n'est pas largement répandu dans la majorité des véhicules. De plus, la probabilité de formation d'une chaîne ininterrompue de véhicules à portée radio décroît exponentiellement donc la connectivité n'est pas assurée d'une manière permanente ce qui est une seconde raison du partitionnement inter véhiculaire. Les solutions proposées doivent prendre en considération la contrainte spatiotemporelle où la connectivité est un paramètre clé, avec un diamètre de réseau limité. L'hétérogénéité des nœuds en terme de vitesse offre des informations qui peuvent servir pour trouver des solutions et définir l'architecture du réseau véhiculaire.

II.5.4. La capacité d'énergie et stockage [13] :

Le problème rencontré dans les réseaux ad hoc mobiles en termes d'énergie et de mémoire (stockage) n'existe plus au niveau des VANET, Car les équipements électroniques sont alimentés directement du véhicule intelligent dans lequel ils sont embarqués.

De plus de ces trois majeurs critères les VANET peuvent se comporter de façon différente des MANET classiques, comme c'est illustré dans le tableau 2

Chapitre II : Les réseaux véhiculaires

	MANET	VANET
Nombre de nœuds	Habituellement de 100 à 1000	Sans limite, peut être égal à des millions de véhicules
Mobilité	Faible ou moyenne	Haute (jusqu'à 200 km/h)
Trajectoire des nœuds	Aléatoire	Déterministe
Distribution des Nœuds	Aléatoire et régulière	Peu dense et irrégulière
Fiabilité	Moyenne	Très élevée
La durée de vie Des nœuds (énergie)	Limitée par la vie des batteries dans les nœuds	Limitée (vie de véhicules)

Tableau2 : Comparaison entre VANET et MANET

II.6. Les méthodes d'accès dans les réseaux VANET [14] [17] :

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.

Deux types de systèmes peuvent être adoptés à s'avoir : les systèmes intra-véhiculaires et les systèmes extra- véhiculaires.

II.6.1. Les systèmes intra-véhiculaires :

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 leurs fournir les informations nécessaires pour les prévenir d'un danger fatal qui peut être provoqué par la non fiabilité des systèmes mécaniques

Chapitre II : Les réseaux véhiculaires

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 :

➤ **Les capteurs proprioceptifs :**

Ce type de capteurs conçu et embarqué dans le véhicule pour but de fournir des informations 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.).

➤ **Les capteurs extéroceptifs :**

Ce type de capteurs est embarqué 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.

I I.6.2. Les systèmes extra- véhiculaires :

A. 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

Chapitre II : Les réseaux véhiculaires

➤ **RDS /TMC [18] :**

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 [14] [19] :**

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-terrestre (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.

B. Les systèmes de communication mobiles :

Dans cette section nous nous intéresserons aux différentes techniques de réseaux cellulaires et les réseaux sans fil qui peuvent être applicables pour les applications STI (système de transport intelligent).

Chapitre II : Les réseaux véhiculaires

➤ **GSM et le GPRS [14] [17] :**

Global system for Mobile (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 (General Packet Radio Service) 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 [14] [17] :**

Universel 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 [20] :**

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 [15] [21] :**

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.

II.7. Les services offerts par les VANET [22] :

La communication entre les diverses entités du réseau véhiculaire donne suite à trois types de services qui vont de la gestion du trafic routier à l'amélioration du confort des usagers.

II.7.1. Services de gestion et d'amélioration du trafic routier :

Les informations fournies sur l'état des routes par ces services permettent l'amélioration du trafic routier. Les véhicules sont informés de la circulation sur leurs trajets grâce aux messages échangés via le réseau, les conducteurs peuvent ainsi éviter les congestions en changeant de route dans le cas où le trafic est dense.

II.7.2. Services de prévention et de sécurité du trafic routier :

Ces services élargissent le champ de vision des conducteurs par des messages d'alerte diffusés entre les différentes entités, les conducteurs peuvent être avertis des accidents ou autres situations critiques qui peuvent avoir lieu sur leur trajet.

En outre, la diminution des accidents grâce à ses services est un paramètre de préservation de la vie humaine.

Chapitre II : Les réseaux véhiculaires

II.7.3. Services d'amélioration du confort des usagers :

Les réseaux véhiculaires sans fils peuvent aussi assurer le confort des usagers en leurs donnant accès à internet pour bénéficier de plusieurs services .Les conducteurs et les passagers dans les voitures peuvent recevoir des informations instantanément sur les lieux de stationnement dans une zone précise, les offres commerciales et ils peuvent également échanger des données sous le réseau. Ces services facilitent la tâche aux autorités compétentes pour vérifier les permis de conduire et les plaque d'immatriculation à distance, le paiement électronique au niveau des points de péage afin de faire gagner du temps aux utilisateurs.

II.8. Les paramètres de travail dans le domaine des réseaux VANET :

[15][13]

Les réseaux VANET s'étendent sur plusieurs domaines de recherches et développements, nous allons citer les principaux critères tenus en compte pour caractériser ces réseaux dans chaque paramètre:

II.8.1. Localisation de véhicules :

Tous les véhicules possédant le système GPS (par satellite) sont informés de la localisation d'un véhicule quelconque (cas d'un accident par exemple), les autres véhicules qui ne sont pas dotés de ce système GPS ne pourront pas repérer ce véhicule c'est pourquoi un autre mécanisme de localisation doit être mis en œuvre. De plus, le système GPS peut ne pas être performant dans le cas d'insuffisance de satellites (à cause du blocage par des bâtiments par exemple), la position donnée n'est pas toujours précise. Le problème de localisation peut être amélioré si les nœuds peuvent collaborer avec les supports de localisation de l'infrastructure routière.

II.8.2. Problèmes de congestion :

L'augmentation des communications établies dans une même zone de couverture entre les véhicules peut engendrer une dégradation dans la qualité de service (QOS) et cela est en relation proportionnelle avec le nombre de véhicules présents dans le réseau. La congestion fait l'objet de plusieurs recherches et études approfondies pour améliorer l'état des communications dans le réseau.

II.8.3. Dynamique du trafic véhiculaire dans les VANET :

Les VANET sont des réseaux extrêmement dynamiques, la mobilité des nœuds perturbe la structure hiérarchique et provoque de fréquentes réorganisations des groupes. Cette instabilité se traduit par un plus grand nombre de messages échangés et de mauvaise performance.

La notion de stabilité est primordiale pour la dynamique de ces réseaux, son amélioration se base sur des dépendances spatiales (position du véhicule et sa distance vis-à-vis d'un autre point, sa direction de déplacement ou la qualité de son lien radio avec un autre véhicule) et des dépendances temporelles (vitesse de déplacement du véhicule et surtout la vitesse relative entre deux véhicules).

II.8.4. Le routage dans les VANET :

Pour l'établissement de communications entre véhicules un protocole de routage doit être défini, dans le cas où les terminaux ne sont pas à une portée de transmission radio directe le routage est exigé pour acheminer l'information à destination.

Les protocoles de routage dans les VANET sont multiples, la plupart des protocoles proposés ont en commun l'utilisation de l'information géographique où les informations indiquent des distances géographiques entre les nœuds. L'adaptation des protocoles de routage topologiques sur les VANET (AODV, DSR, OLSR, DSDV) était un point de départ pour définir un protocole de routage tout en ajoutant des extensions à ces protocoles.

II.8.5. La sécurité dans les VANET :

La sécurisation des réseaux VANET est un facteur indispensable pour assurer l'intégrité des informations échangées lors des communications entre véhicules ou bien entre véhicules et infrastructures. Les problèmes liés aux intrusions de véhicules malicieux ont des conséquences graves sur l'ensemble des véhicules interconnectés. Cependant, des mécanismes de sécurité (la cryptographie, le certificat numérique, système de détection d'intrusions... etc.) sont toujours en voie d'amélioration pour minimiser les pertes d'informations et garantir l'intégralité des données.

II.8.6. La qualité de service (QoS) :

Dans un réseau véhiculaire, le bon acheminement des données est un rôle déterministe pour définir la qualité de service du réseau. Plusieurs protocoles ont été établis afin d'améliorer cette qualité, ce paramètre sera étudié par la suite.

Discussion :

Les VANET est une technologie très performante pour la gestion du secteur des transports, tous les véhicules sont dotés d'un ensemble de capteurs qui servent à détecter toutes sortes d'événements et phénomènes se produisant à l'intérieur et à l'extérieur du véhicule. Les véhicules se communiquent les informations entre eux avec trois modes à savoir la communication véhicule à véhicule (V2V), véhicule à infrastructure(V2I) et la communication hybride qui est la combinaison des deux autres. Ces réseaux se présentent sous forme de réseaux ad hoc mobiles (MANET) mais avec des caractéristiques différentes, ils utilisent aussi des méthodes d'accès ou bien des technologies de communication propres à eux. Les services offerts par les VANET sont multiples c'est pourquoi les paramètres étudiés pour améliorer ces services dans ce domaine sont divers. La qualité de service (QOS) est l'un des paramètres les plus importants pour l'évaluation des performances de ces réseaux, il sera détaillé dans la suite de ce travail.

Chapitre III

La qualité de service dans les VANET

Préambule :

Les réseaux ad hoc véhiculaires sont des réseaux sans fils qui s'organisent d'une manière à échanger des paquets de données entre les nœuds (véhicules) qui les constituent sans la présence d'une infrastructure. Chaque nœud peut jouer le rôle d'un routeur pour relayer les informations vers les autres nœuds du réseau. Les nœuds sont indépendants les uns des autres c'est pourquoi la topologie change dynamiquement ce qui rend le routage de l'information compliqué.

L'évaluation des performances dans un réseau VANET s'appuie sur certains paramètres à savoir le routage, la sécurité...etc. Toutes les applications développées pour chaque paramètre font recours à la notion de la qualité de service

III.1. Définition [23] [24] :

La Qos est le niveau de performance offert par le réseau à l'utilisateur, le but de son provisionnement est de parvenir à un comportement de réseau plus déterministe de sorte que les informations véhiculées par le réseau puissent être mieux transmises et que les ressources réseau puissent être mieux utilisées. Un réseau ou un fournisseur de services peut offrir différents types de services aux utilisateurs. Ici, un service peut être caractérisé par un ensemble d'exigences de service pré-spécifiées mesurables telles que la bande passante minimale, le délai maximal, la variance de retard maximum (gigue) et le taux maximal de perte de paquets.

D'autre part, des informations sur les risques liés à la circulation et à la route pourraient être acquises en temps réel pour fournir des itinéraires alternatifs.

III.2. les critères de la qualité de service [25] :

- **Bande passante** (bandwidth) est la valeur théorique, maximale et optimale, en pratique c'est une valeur réelle appelée débit qui désigne le nombre d'informations (bits) par unité de temps.
- **Gigue** (en anglais jitter) : elle représente la fluctuation du signal numérique, dans le temps ou en phase c'est aussi l'écart entre les délais de transmission des différents paquets successifs.

- **Latence**, délai ou temps de réponse (en anglais Delay) : elle caractérise le retard entre l'émission et la réception d'un paquet.
- **Perte de paquets** (en anglais packet loss): elle correspond à la non-délivrance d'un paquet de données, la plupart du temps due à un encombrement du réseau.

III.3. Mesures et paramètres de la qualité de service [26] :

Le support de Qos est assuré dans les couches du réseau ou bien dans les couches de transport par la prise d'un protocole MAC qui résout les problèmes de partage du médium et soutient une communication fiable, il gère aussi les défis supplémentaires dans les réseaux de capteurs tels que les contraintes d'énergie sévères ainsi que les conditions environnementales imprévisibles. Afin de bien performer ces mesures, l'impact général de toute la pile du protocole devrait être pris en compte tout en soutenant la qualité de service. Cependant, certains indicateurs de performances peuvent être satisfaits dans la couche MAC :

a- La minimisation du retard d'accès au support :

Dans le but de minimiser le retard de bout en bout à partir de sources de capteur au nœud récepteur, les performances de la couche de routage doivent également être prises en compte. On minimise le retard d'accès au support des dispositifs pour garantir que la latence de paquets est optimisée dans la couche MAC et pour répondre aux exigences de retard de bout en bout.

b- Contrôle de congestion et minimisation des collisions :

La couche MAC est chargée de coordonner l'échange du support sans fil pour réduire le nombre de collisions. Les collisions peuvent être évitées par des méthodes multiples telles que l'adaptation de la fenêtre de contention selon les exigences du trafic, compte tenu des protocoles basés sur la contention.

Dans un environnement véhiculaire extrêmement dynamique , le contrôle de la congestion devient essentiel surtout pour la qualité de service des messages de sécurité routière .Des fréquences spécifiques ont été allouées pour les communications véhiculaires , avec la bande ITS de 30 MHz en Europe (extension possible à 50 MHz) et la bande DSRC de 75 MHz aux Etats-Unis , pourtant ce spectre dédié reste une ressource rare ce qui nécessite la

présence de mécanismes adaptifs efficaces pour un fonctionnement optimal à une densité véhiculaire élevée.

c- Maximisation de la fiabilité :

La couche MAC peut aussi contribuer à l'assurance de la fiabilité, des mécanismes d'acquittement peuvent être utilisés pour identifier les pertes de paquets et les retransmissions en conséquence peuvent être réalisées d'une manière plus fiable et dans des délais optimaux.

d- Réduction de la consommation d'énergie :

L'efficacité énergétique est un critère très important dans les réseaux de capteurs sans fils, la couche MAC peut contribuer dans ce paramètre en réduisant les collisions et les retransmissions. La puissance d'émission des radio-capteur peut être adaptée en fonction des conditions du réseau afin de minimiser la consommation d'énergie à la couche MAC

e- Minimisation des interférences :

Toutes les transmissions indésirables au sein du même réseau ou transmissions d'autres réseaux qui partagent les mêmes parties du spectre contribuent aux interférences sur les transmissions destinées. Ces interférences influent sur le débit, l'efficacité énergétique et les délais de transmissions dans le réseau à cause de la perte de paquets.

La minimisation des interférences dans la couche MAC peut améliorer la qualité de service des messages transmis dans le réseau.

f- Maximisation de l'adaptabilité aux changements :

Les réseaux de capteurs sont caractérisés par leur comportement dynamique: les liens entre les nœuds peuvent changer dans le temps en raison des conditions environnementales ou des changements topologiques, les conditions de circulation peuvent changer selon les phénomènes surveillés. Par conséquent, les protocoles MAC devraient prendre des mesures d'adaptation en fonction de la dynamique du réseau. Par exemple, si à haut débit, le trafic de données en temps réel domine dans les nœuds, le réseau devrait fonctionner avec un cycle de service élevé mais si le trafic est à faible débit certains nœuds peuvent être conservés à l'état passif pour économiser l'énergie.

Afin d'atteindre ces objectifs de performance, les paramètres associés doivent être réglés à la couche MAC. Ces paramètres comprennent la puissance de transmission, le chronométrage ou la fréquence des transmissions (soit avec l'adaptation de fenêtre et backoffs discordes dans les protocoles basés sur la contention ou l'adaptation des intervalles de temps ou des fréquences dans les protocoles sans contention), les mécanismes d'acquittement et la bande passante de files d'attente.

III.4. Les défis de la qualité de service dans les réseaux de capteurs sans fils [26] :

a- Nœud de déploiement :

Le déploiement des nœuds de capteurs peut être à base déterministe ou aléatoire. Dans le déploiement déterministe, les nœuds de capteurs sont placés manuellement et des routages peuvent être effectués par des chemins préprogrammés. Dans un déploiement aléatoire, les nœuds de capteurs sont déployés aléatoirement et s'organisent de manière ad hoc. Par conséquent, la découverte du voisin, la découverte de chemins, l'information géographique des nœuds et le regroupement sont les problèmes à résoudre.

b- Changements de topologie :

La mobilité des nœuds, les échecs de liaison, nœuds défectueux, l'épuisement de l'énergie ou des événements naturels comme les inondations ou les incendies peuvent provoquer des changements de topologie, la nature dynamique de la topologie de réseaux de capteurs sans fil présente un défi supplémentaire pour le support QoS.

c- Trafic en temps réel :

Dans certaines applications critiques telles que la surveillance des catastrophes naturelles ou de la sécurité, la requête des données n'est valable que pour un laps de temps limité. Ce type de données critiques en temps réel doit être manipulé par des mécanismes de qualité de service adéquats.

d- Evolutivité :

La plupart des réseaux de capteurs sont composés de centaines ou de milliers de nœuds de capteurs c'est pourquoi les mécanismes doivent évoluer pour satisfaire les exigences en qualité de service avec des réseaux plus denses et à grande échelle.

e- La redondance des données :

Les réseaux de capteur sans fil comprennent un grand nombre de nœuds de capteurs minuscules, les phénomènes ou les événements peuvent être détectés par plusieurs nœuds. Bien que cette redondance permette un transfert de données fiable, il provoque aussi la livraison de données inutiles dans le réseau qui donne par conséquent à la congestion. Des mécanismes efficaces sont nécessaires pour faire face à la redondance des informations.

III.5. La qualité de service dans les VANET [24] :

La qualité de service dans les VANET est la tâche la plus cruciale, Les informations transmises dans les VANET peuvent être classées en temps réel ce qui impose des exigences en terme de qualité de service (Qos), le taux de congestion augmente de façon spectaculaire car le nombre total de véhicules se partagent les médiums sans fils.

L'envoi et la réception de données correctes dans une durée déterminée sont essentiels dans ce type de réseaux, les applications nécessitent des délais minimum car si un message d'avertissement est reçu avec un délai élevé, ce message Pourrait être inutile pour prévenir un accident. Les véhicules de secours pourraient recevoir instantanément des coordonnées exactes de l'emplacement d'un accident pour atteindre la scène de l'urgence plus rapidement.

Pour calculer la valeur QoS pour les nœuds, des mesures différentes sont prises en considération. Ces indicateurs sont la bande passante, connectivité, mobilité qui inclut la distance et la vitesse résiduelle. La qualité de service est en relation directe avec les protocoles de routage qui s'occupent de l'acheminement des informations à destination et dans de meilleures conditions.

III.6. Les protocoles topologiques réactifs de routage dans les réseaux ad hoc véhiculaires [27] :

On distingue deux types de protocoles de routage à savoir : les protocoles topologiques (divisés en protocoles réactifs, proactifs et hybrides) et les protocoles géographiques, cette section fera l'objet d'une étude des protocoles topologiques réactifs dédiés aux VANET.

III.6.1. Définition :

Les protocoles réactifs adoptent des algorithmes tels que le routage par vecteur de distance, les routes sont établies uniquement sur demande et seules les routes en cours d'utilisation sont maintenues. Un délai supplémentaire est toujours nécessaire au début de chaque session pour la recherche du chemin. Lors de l'envoi de paquets par nœud, une étape de découverte de route est initiée par la diffusion d'un message de recherche de route tout nœud qui reçoit ce message et ne dispose pas d'informations à propos de la destination diffuse à son tour le message.

a- Le protocole AODV :

Le protocole de routage AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector) est un protocole qui crée les routes au besoin et utilise le principe de numéro de séquence afin d'utiliser les routes les plus nouvelles, dites encore les plus fraîches. En plus, il utilise le nombre de sauts comme métrique pour choisir entre plusieurs routes disponibles. Trois types de paquets sont utilisés par AODV : les paquets de requête de route RREQ (Route Request Message), les paquets de réponse de route RREP (Route Reply Message) et les paquets d'erreur de route RERR (Route Error Message). En plus de ces paquets, AODV invoque des paquets de contrôle HELLO qui permettent de vérifier la connectivité des routes. AODV repose sur deux mécanismes : découverte de route et maintenance de route. La découverte de route permet de trouver une route pour atteindre une destination et la maintenance de route permet de détecter et signaler les coupures de routes provoquées éventuellement par la mobilité des nœuds.

b. Le protocole DSR :

Le protocole de routage DSR (Dynamic Source Routing) est un protocole qui crée les routes à la demande comme le protocole AODV. Il utilise la technique "routage à la source" dans laquelle la source inclut dans l'entête du paquet la route complète par laquelle un paquet doit passer pour atteindre sa destination. Les nœuds intermédiaires entre la source et la destination n'ont pas besoin de maintenir à jour les informations sur la route traversée puisque la route complète est insérée dans l'entête du paquet. DSR est composé de deux mécanismes : la découverte de route et la maintenance de route. Le premier permet de chercher les routes nécessaires à la demande, tandis que le second permet de s'assurer de la maintenance des routes tout au long de leur utilisation.

Dans le cas de scénarios urbains, AODV est un protocole qui donne des résultats encourageants en termes de débit utile (TCP), le délai moyen de livraison de paquets et le taux de livraison [28] donc il sera bien adapté dans notre cas de simulation.

Discussion :

La qualité de service est un paramètre très essentiel pour évaluer les performances des réseaux de télécommunication, les applications développées dans ces réseaux pour offrir une variété des services sont toujours confrontées à des insuffisances aux quelles on peut remédier en améliorant la qualité de service.

Cette qualité est caractérisée par des critères qui sont gérés par des paramètres et mesures, les réseaux de capteurs sans fils montrent des défis majeurs en termes de Qos. Dans le cas des VANET les exigences en termes de Qos sont plus importantes vu l'importance des informations transmises entre véhicules en temps réel (exemples : informations de sécurité routière et gestion du trafic routier). La complexité des réseaux VANET demande plus d'efforts et de travaux pour améliorer la qualité de service en adoptant des protocoles de routages plus adéquats. Le protocole AODV est l'un des protocoles les plus utilisés dans les réseaux ad hoc et pour des scénarios urbains des VANET.

Chapitre IV

Simulation et résultats

Préambule :

Dans le but de tester et calculer les paramètres de la qualité de service dans les réseaux en général, nous faisons souvent appel à la simulation qui facilite la tâche ou il serait très coûteux voir impossible de mettre en place un réseau à des fins de tests pour certains critères. L'étude de la qualité de service dans les réseaux VANET est très complexe car elle dépend de plusieurs paramètres. Dans notre travail, un scénario de simulation a été réalisé afin de tester l'impact de la vitesse et la distance entre les nœuds sur certains paramètres de cette qualité de service (délai, débit et la gigue) qui sont des paramètres très importants pour le bon acheminement de l'information entre les nœuds dans le réseau. Le protocole de routage AODV est implémenté dans cet environnement pour acheminer les données entre les nœuds. Avant de commencer notre simulation, nous introduirons le simulateur utilisé pour notre application (NS2) avec une présentation, puis nous passerons à la génération de nos scénarios et donner suite aux résultats.

IV.1. Environnement de simulation :

IV.1.1. Présentation du simulateur NS2 [1] :

Le Network Simulator 2 (NS2) est un outil logiciel de simulation de réseaux informatiques. Il a été conçu autour des idées de conception par objets, de réutilisabilité du code et de modularité. C'est un ensemble d'outils qui simule le comportement du réseau filaire ou sans fils, il permet de créer des topologies réseaux, consigner les événements qui se produisent dans toute charge et aussi d'analyser ces événements afin de comprendre le comportement du réseau. C'est un logiciel dans le domaine public disponible sur Internet. Son utilisation est gratuite. Le logiciel est exécutable tant sous Unix que sous Windows.

Du point de vue de l'utilisateur, la mise en œuvre de ce simulateur se fait via une étape de programmation qui décrit la topologie du réseau et le comportement de ses composants en langage orienté objet OTCL dérivé de TCL Pour la description des conditions de simulation sous forme du script en fournissant les caractéristiques des liens physiques, les protocoles utilisés, le type de trafic généré par les sources et un autre code écrit en C++ séparer les implémentations de contrôle et le chemin de données, sa nécessité est la mise en œuvre détaillée du protocole et en général pour les cas où chaque paquet de flux doit être traité. Par

exemple, si vous souhaitez implémenter une nouvelle discipline de file d'attente, C ++ est la langue de choix.

OTCL convient à la configuration qui fonctionne assez lentement, mais il peut être changé très rapidement facilitant la construction de simulations pour permettre à un utilisateur de fournir une initialisation personnalisée pour l'application.

Dans NS2, les objets C ++ compilés peuvent être mis à la disposition de l'interprète OTCL. De cette façon, les objets C ++ prêts à l'emploi peuvent être contrôlés à partir du niveau OTCL.

Le simulateur prend en charge une hiérarchie de classes en C ++ (la hiérarchie compilée) et une hiérarchie correspondante dans l'interprète OTCL (hiérarchie interprétée).

La raison pour laquelle NS2 utilise deux langues est que différentes tâches ont des exigences différentes: par exemple, la simulation de protocoles nécessite une manipulation efficace des octets et des en-têtes de paquets rendant la vitesse d'exécution très importante. D'autre part, dans les études sur le réseau où l'objectif est de modifier certains paramètres et d'examiner rapidement un certain nombre de scénarios, il est plus important d'utiliser le temps nécessaire pour changer le modèle et l'exécuter. NS2 interprète le script OTCL et exécute la simulation. Les résultats obtenus (Fichier trace et le fichier NAM) peuvent être visualisés avec l'outil NAM (Network Animator) et analysés à partir des courbes tracées par l'outil Xgraph (Un traceur de graphes) ou en utilisant NS2 Visual Trace Analyzer.

IV.2. La fenêtre NAM :

NAM est un outil d'animation et de visualisation sur lequel on peut voir la position des nœuds, la circulation des paquets ,en temps réel comme on peut observer le débit courant des liaisons et les paquets perdus tout en jouant sur la vitesse d'animation du scénario pour bien visualiser l'évolution de la communication qui s'effectue à des temps vraiment minimes (ms).

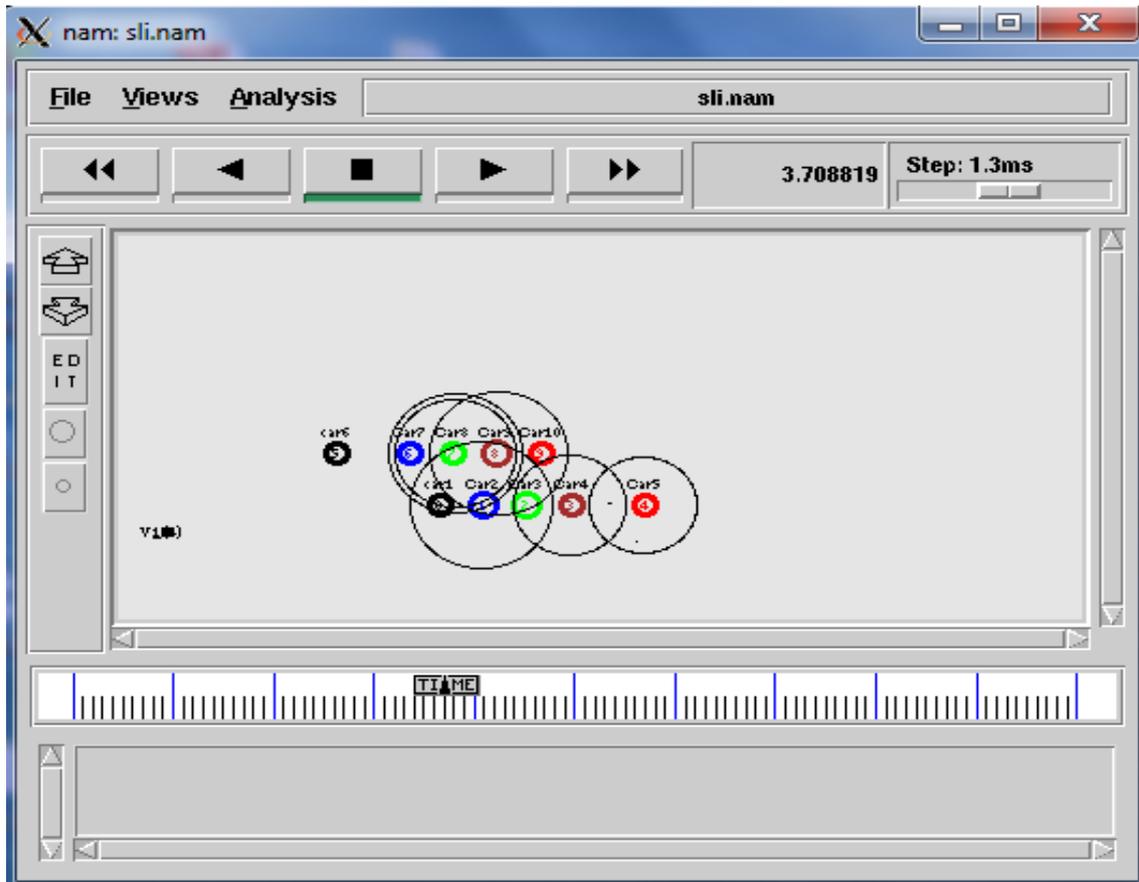


Figure 19 : La fenêtre NAM

IV.2.1. NS2 Visual Trace Analyzer [29] :

C'est un simulateur de réseaux qui fournit une manière facile et rapide afin d'analyser des fichiers .trace (fichiers où tous les résultats de simulation sont enregistrés), il permet aux utilisateurs de tracer des graphes, filtrer les paquets, la visualisation de la position des nœuds, avoir des statistiques sur le trafic, Cette application est indépendante du simulateur NS2, avec une interface facile à utiliser, aucun besoin d'installer et aucune condition externe de bibliothèques. Il suffit juste à l'utilisateur de la copier sur l'ordinateur et charger les fichiers voulus à analyser à partir de son emplacement. L'application possède de nombreuses fonctionnalités graphiques. Vous pouvez tirer un retard, une gigue et un débit pour chaque nœud indépendamment.

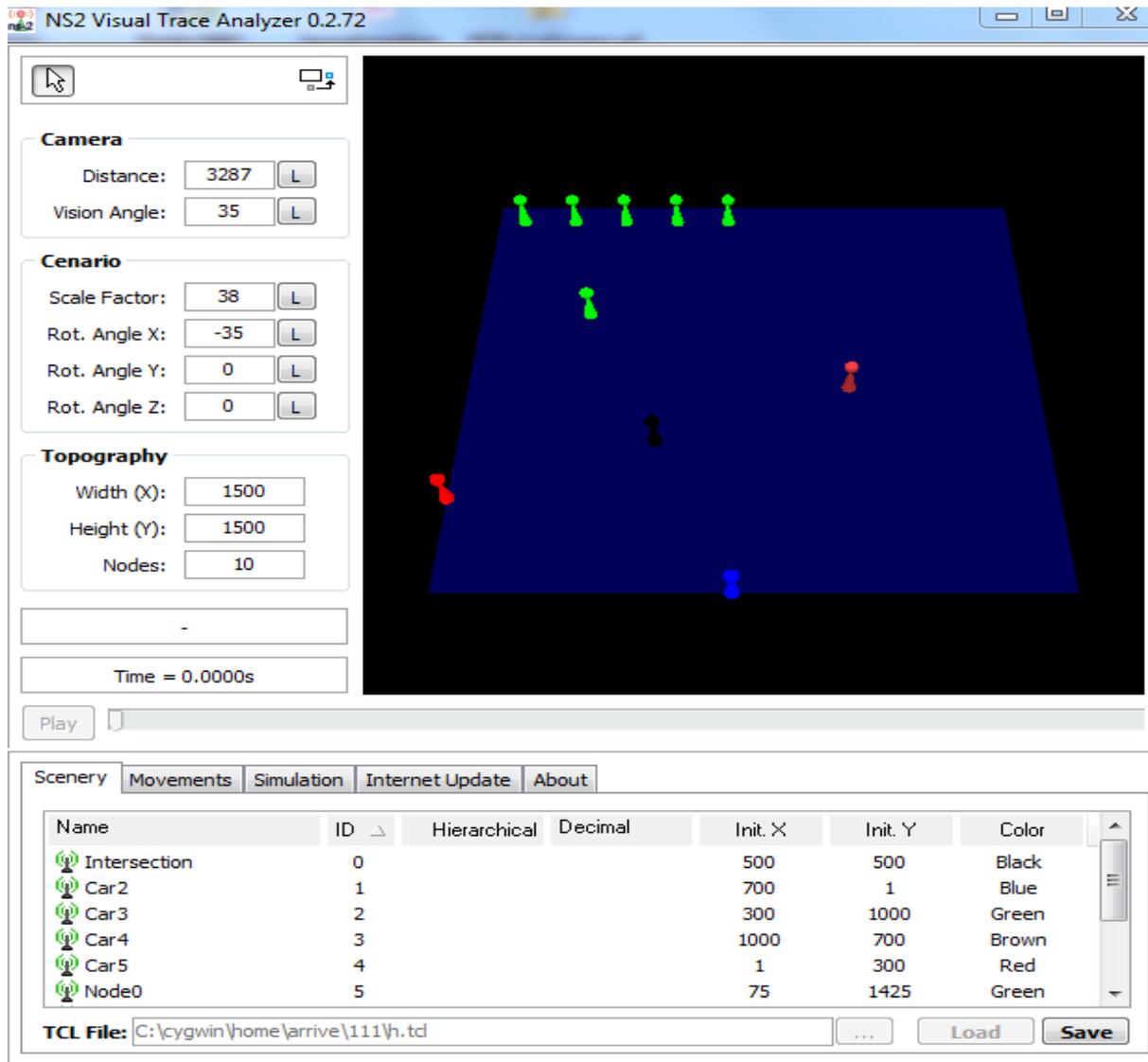


Figure20 : NS2 Visual Trace Analyzer

IV.2.2. Avantages de NS2 :

- Un logiciel de simulation multicouche.
- Protocole pris en charge
- Possibilité d'ajouter des composants à la demande
- Les scénarios complexes peuvent être facilement testés.

IV.3. Simulation et résultats :

IV.3.1. Le processus de simulation :

Le processus de simulation en utilisant NS2 est composé de trois principales phases :

- **Phase de préparation**

Dans cette étape un fichier d'entrée est généré sous forme d'un script OTCL qui se compose de deux catégories :

- Un fichier de scénario dont les paramètres de simulation et son environnement sont décrits, nombre de nœuds, leur positionnement, leur déplacement dans une dimension de topographie bien définit.
- Un fichier de communication qui décrit le trafic au sein du réseau (communication directe entre les nœuds ou par relais, le type de trafic généré entre les nœuds.....).

- **Phase de simulation**

Dans cette étape on introduit les fichiers obtenus lors de la phase de préparation dans un script OTCL afin de lancer la simulation est générer les traces. Ce script consiste à indiquer la topologie du réseau, à activer des traces aux endroits pertinents, à engendrer des événements particuliers à des instants donnés. A la fin de la simulation deux fichiers seront obtenus, un **fichier .NAM** qui sera traité par l'outil NAM, et un deuxième **fichier .tr** qui sera traité par l'outil NS2 Visual Trace Analyzer.

- **Phase d'analyse**

Dans cette étape on analyse les résultats issus de la simulation est cela se fait de deux façon différents :

- En utilisant l'outil NAM qui s'occupe du **fichier. NAM** et qui donne le privilège de suivre de près l'évolution du réseau en donnant un dessin de la topologie étudiée et aussi une visualisation dynamique du déroulement du programme dans le temps tout en suivant la transmission de paquets entre les nœuds.
- En utilisant l'outil NS2 Visual Trace Analyzer qui traite les **fichiers.tr** pour extraire toutes les informations et les traces sauvegardées dans ce fichier sous forme de graphes.

IV.3.2. Objectifs de simulation :

Le but principal de notre simulation est de produire un scénario qui comporte trois différents cas de simulation de réseaux VANET basé sur la communication V2V tout en s'appuyant sur les réseaux ad hoc générés sur le NS2, dans une zone géographique limitée afin de calculer les paramètres de la qualité de services (le débit, la gigue et la latence). En implémentant un protocole de routage AODV et en variant certaines propriétés du réseau à savoir la vitesse des nœuds et la distance entre les nœuds selon le cas de simulation. Le scénario représente un milieu urbain (route) où les nœuds suivent une trajectoire linéaire.

IV.3.3. Contexte de simulation

Les paramètres de simulation sont représentés dans le tableau suivant

Paramètre	Valeurs
Couche MAC	IEEE 802.11
Antenne	OmniAntenna : omnidirectionnel
Modèle de propagation radio	Tworayground propagation
Temps de simulation	10 ms
Surface de simulation	3000 x 800 m
Nombre de nœuds	10
Protocole de routage	AODV
Vitesse des nœuds	250 m/s & 100m/s
Trafic	CBR

Tableau 3: Paramètres de simulation du scénario

IV.3.4. Scénario de simulation :

Dans ce scénario nous avons simulé un environnement urbain (route) avec dix nœuds où les nœuds suivent une trajectoire linéaire comme il est montré dans la figure 21. Le protocole AODV est adopté pour le routage des informations entre les nœuds constituant le réseau. Pour étudier les paramètres de la qualité de service liés aux nœuds v1 (car 1) et v8 (car 8) en variant les conditions des communications entre les nœuds, trois cas se présentent :

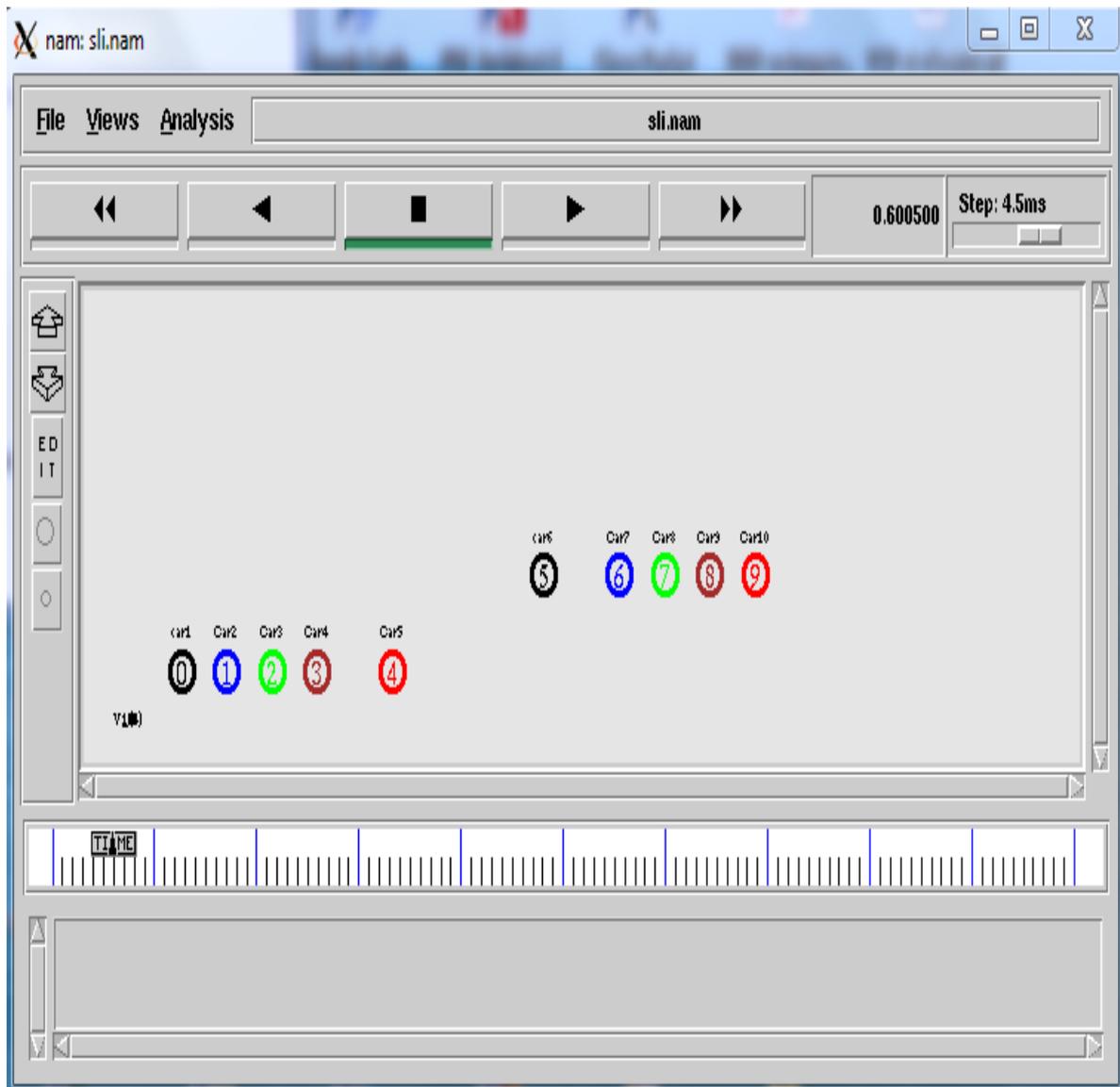


Figure 21 : Scénario de simulation

- **Premier cas de simulation :**

Dans ce cas, la vitesse des nœuds (véhicules) est de 250 m/s avec des petites distances entre les nœuds.

- **Deuxième cas de simulation :**

Dans ce cas, la vitesse des nœuds (véhicules) est réduite à 100 m/s avec des distances entre les nœuds fixes.

- **Troisième cas de simulation :**

La vitesse des nœuds est de 250 m/s et les distances entre les nœuds sont augmentées.

IV.4. Visualisation et Interprétation des paramètres pour le nœud 1 (car 1) dans les trois cas

a- Latence (Delay)

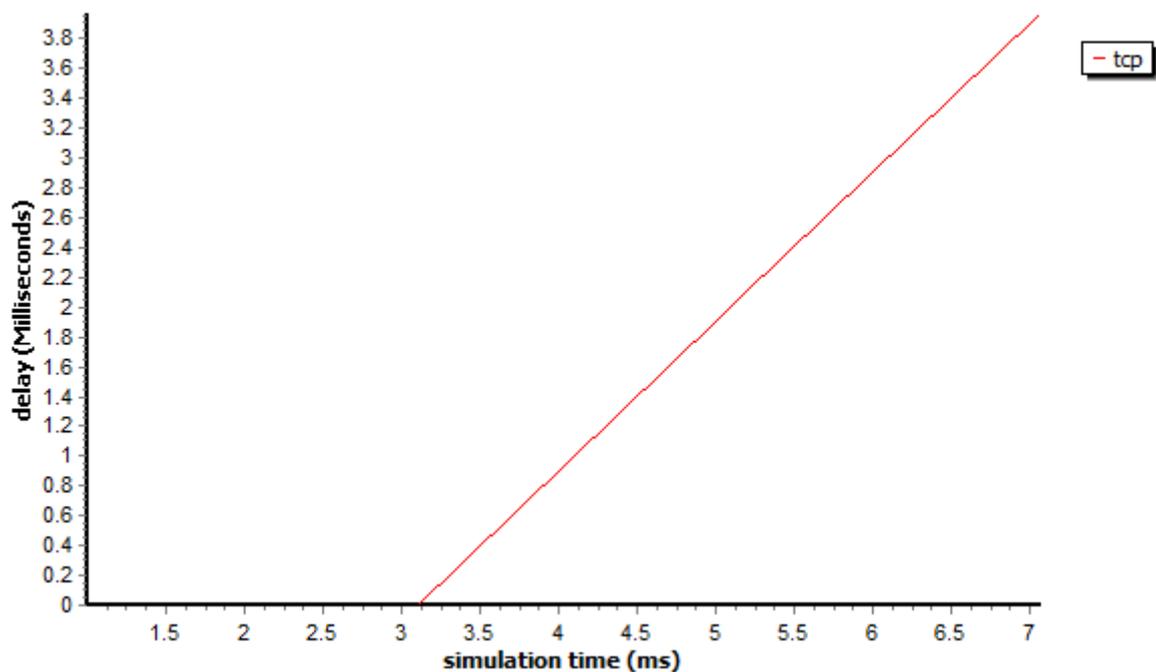


Figure 22 : La latence dans le noeud1 pour le cas 1

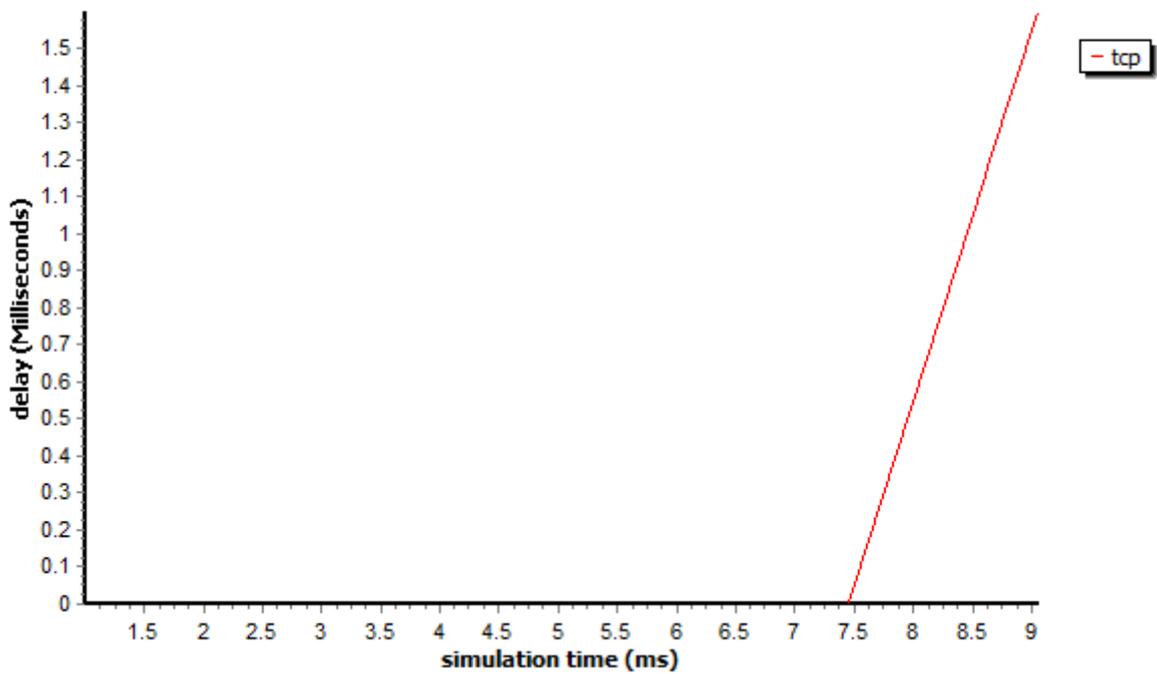


Figure 23 : La latence dans le noeud1 pour le cas 2

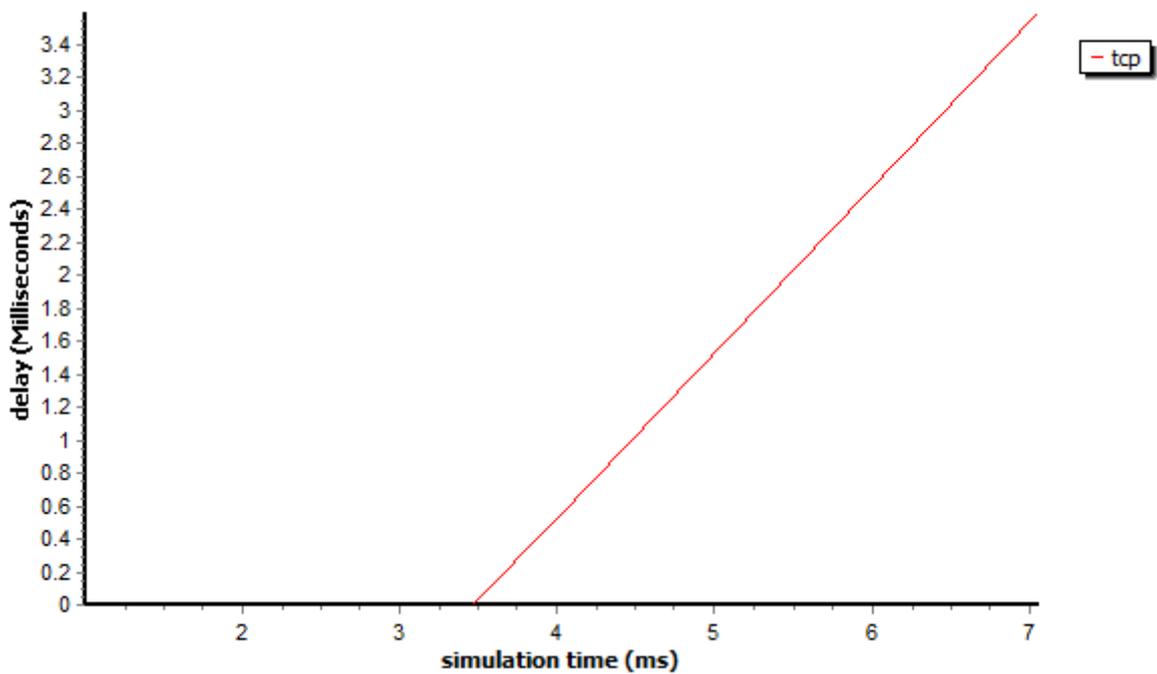


Figure 24 : La latence dans le noeud1 pour le cas 3

- La valeur de la latence est nulle jusqu'à l'instant 3 ms voir un peu plus pour le cas 1 et le cas3 (cas idéal de transmission), après l'instant 3 ms, la courbe de la latence est croissante suivant une forme linéaire (droite) ce qui explique l'augmentation du temps de transmission des paquets dans la suite de l'intervalle du temps de simulation.
 - Pour le cas 2, on constate que le délai de transmission des paquets est inférieur aux cas précédents, la valeur de la latence est d'une valeur nulle jusqu'à l'instant 7,5 ms puis elle prend une forme linéaire (droite pour le petit intervalle restant de la simulation)
- La valeur de la latence est globalement plus petite (meilleur cas) dans le cas 2, nous déduisons que plus la vitesse des véhicules est réduite et plus la distance qui les sépare est fixe, plus la valeur de la latence est petite. Par conséquent, les communications se feront dans des délais acceptables pour une meilleure qualité de service.

b- La gigue (Jitter)

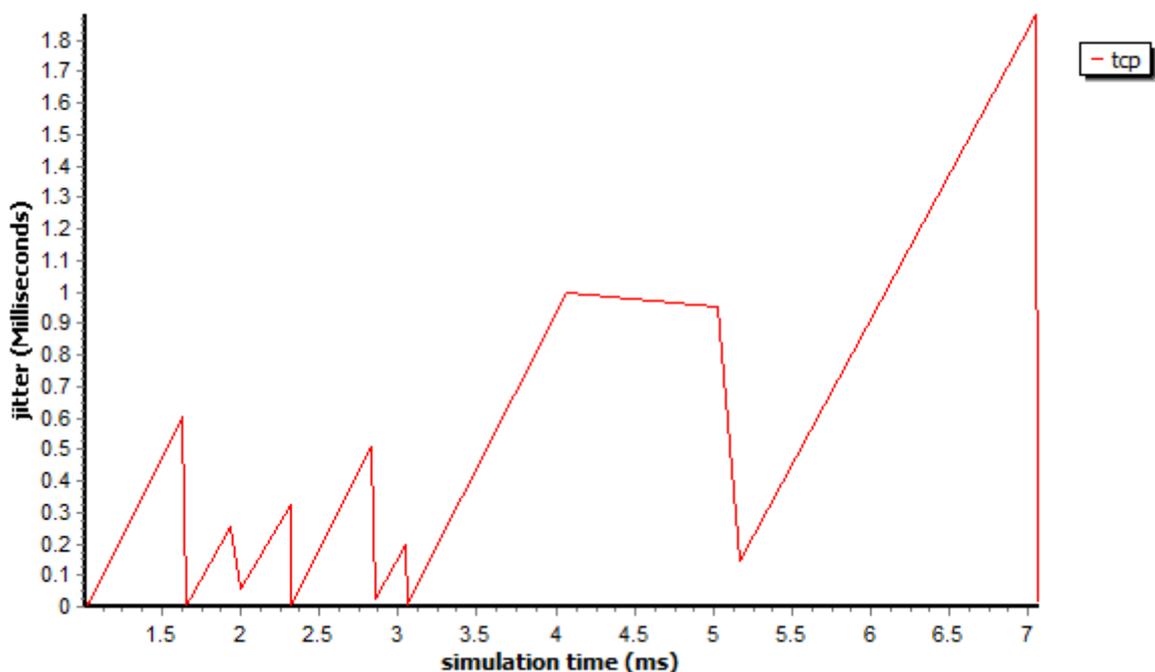


Figure 25 : La gigue dans le nœud 1 pour le cas 1

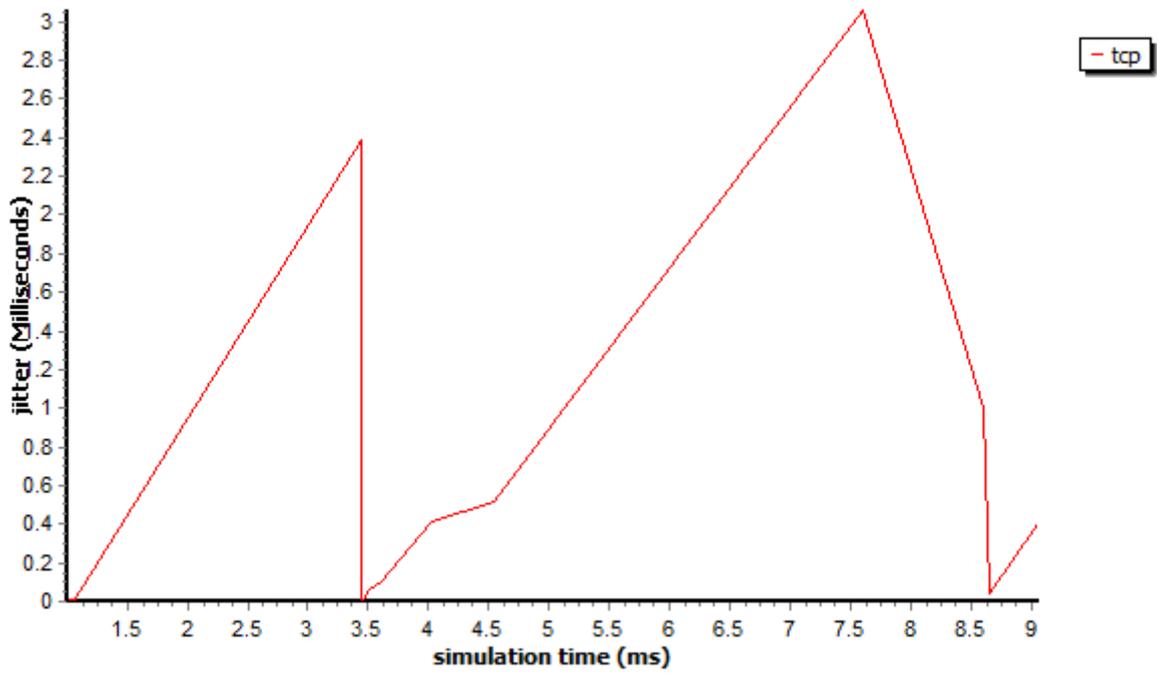


Figure 26 : La gigue dans le nœud 1 pour le cas 2

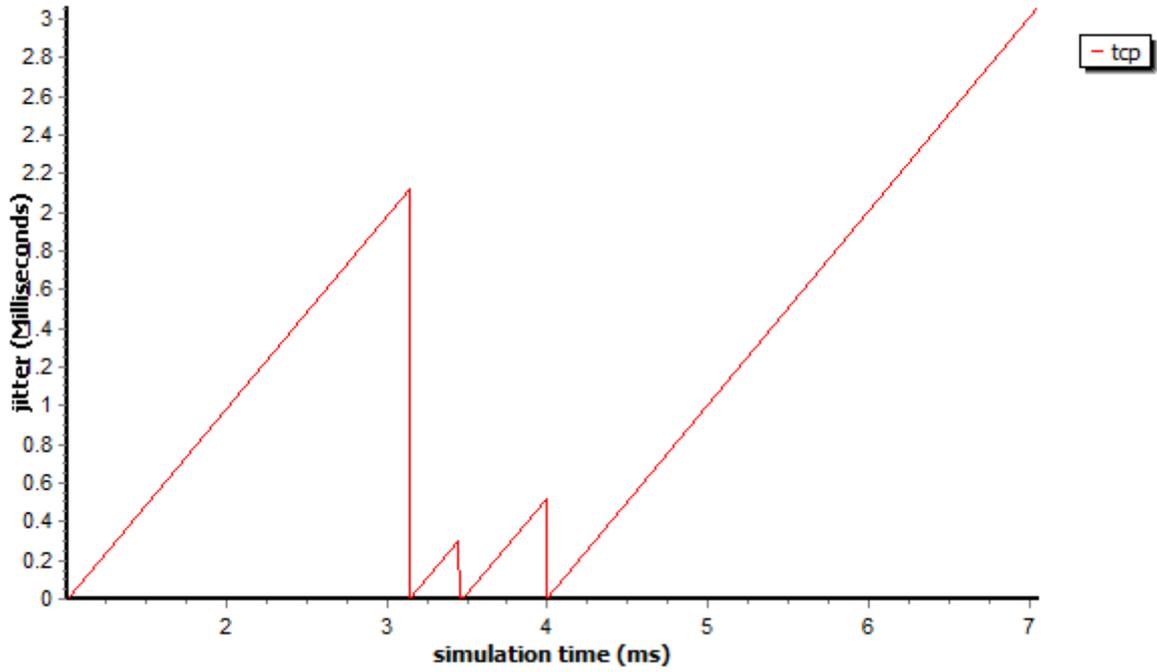


Figure 27 : La gigue dans le nœud 1 pour le cas 3

- Nous constatons que la valeur de la gigue dans le nœud 1 varie en fonction de ses communications avec les autres nœuds ; les graphes relevés pour les trois cas montrent une instabilité dans la gigue et cela revient aux caractéristiques du nœud (position, vitesse, distance) dans le réseau ; c.à.d. les informations (les paquets) n'arrivent pas dans le même intervalle de temps car elles proviennent des sources qui sont à des distances différentes.
- La position du nœud dans le réseau (isolé) ne permet pas d'avoir une bonne gigue c.à.d. les informations ne parviennent pas au nœud dans les même instants (fluctuation du signal).

c- Le débit (Throughput)

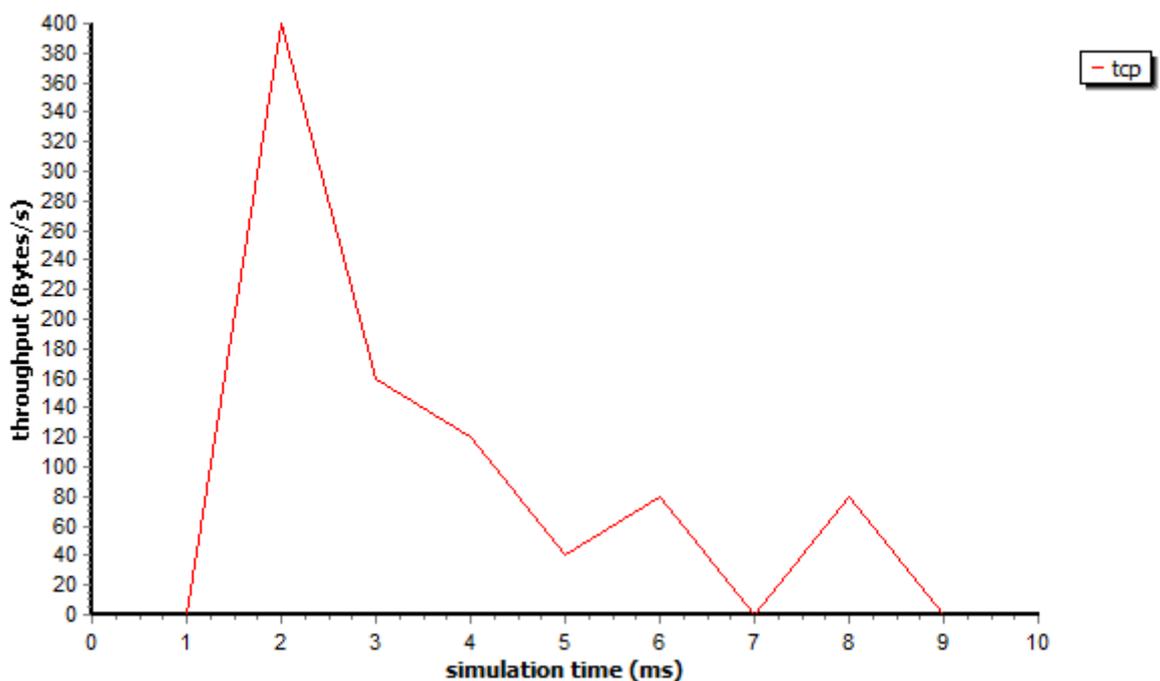


Figure 28 : Le débit dans le nœud 1 pour le cas 1

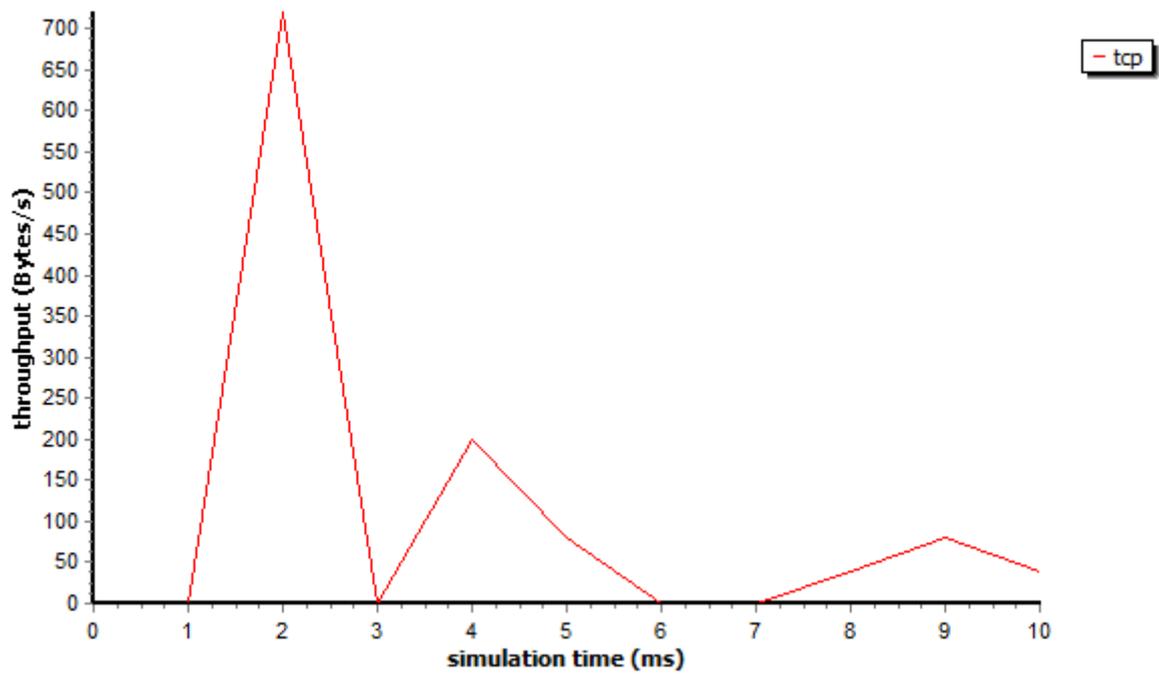


Figure 29 : Le débit dans le nœud 1 pour le cas 2

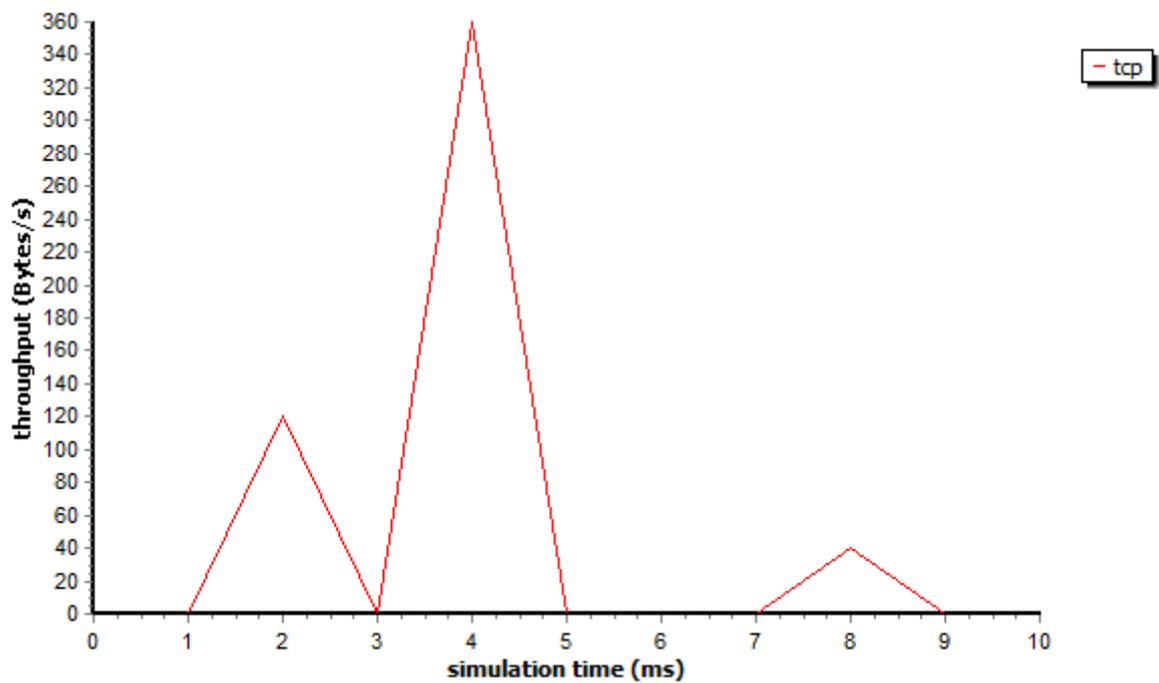


Figure 30 : Le débit dans le nœud 1 pour le cas 3

- Le débit est plus élevé dans le cas 2 par rapport aux autres cas, à savoir dans l'intervalle de temps en millisecondes [1ms - 3ms], il est d'une valeur plus grande pour le cas 3 dans l'intervalle [3ms -5ms] et enfin le débit est meilleur pour le cas 1 dans l'intervalle [5ms-7ms]. Sa variation dépend de la vitesse des nœuds, de la distance entre les nœuds, leur position et l'état des communications établies à des instants précis sur tout l'axe des temps.
- D'après les graphes le meilleur débit coïncide avec l'intervalle de temps où la latence est minimale voire nulle et ce pour le cas 2 dans lequel la vitesse des véhicules est petite, la distance qui les sépare est fixe et le nœud n'est pas congestionné. Donc, nous pouvons conclure que la qualité de service est meilleure en respectant les paramètres du 2eme cas

IV.5. Visualisation et Interprétation des paramètres pour le nœud 8 (car 8) dans les trois cas

a- Latence (Delay)

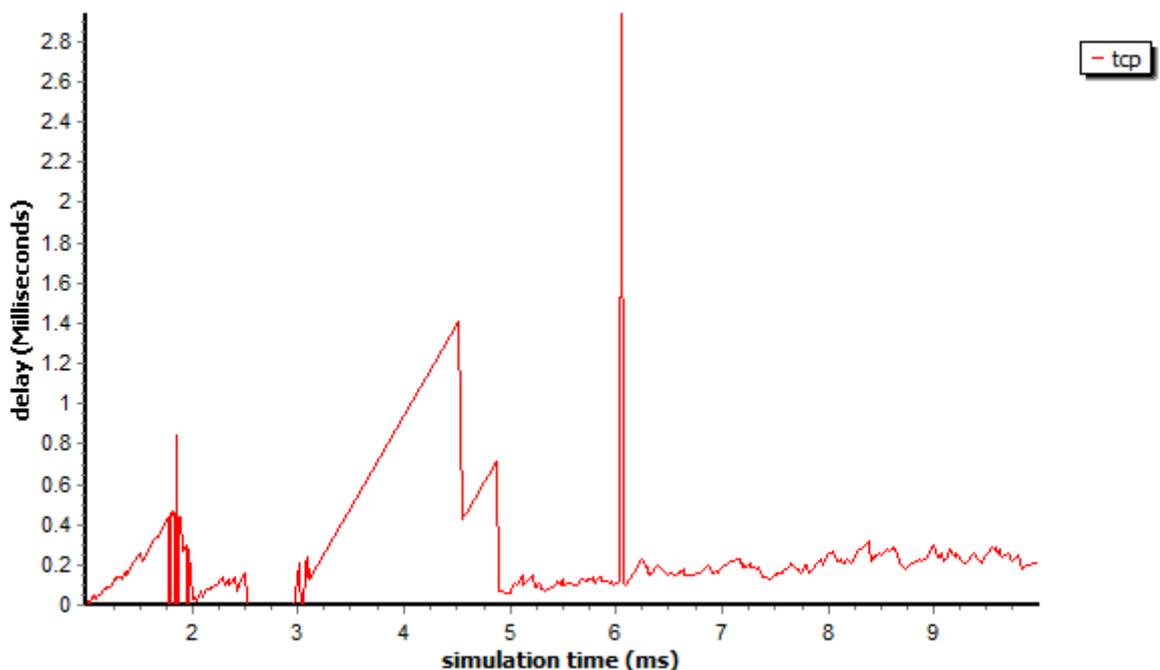


Figure 31 : La latence dans le nœud 8 pour le cas 1

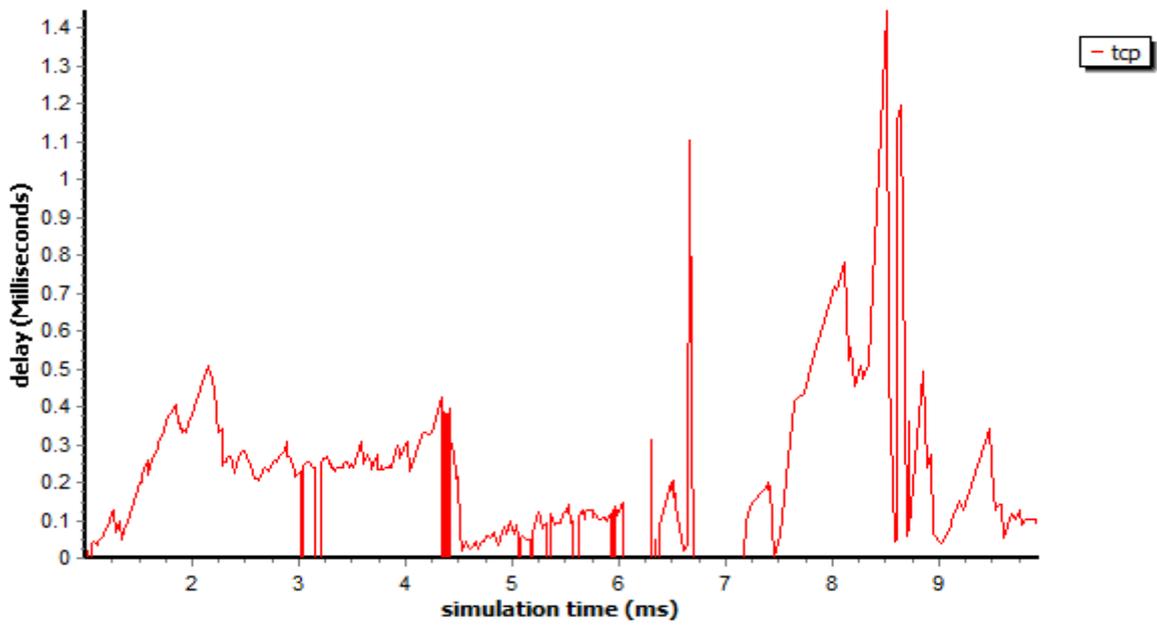


Figure 32: La latence dans le nœud 8 pour le cas 2

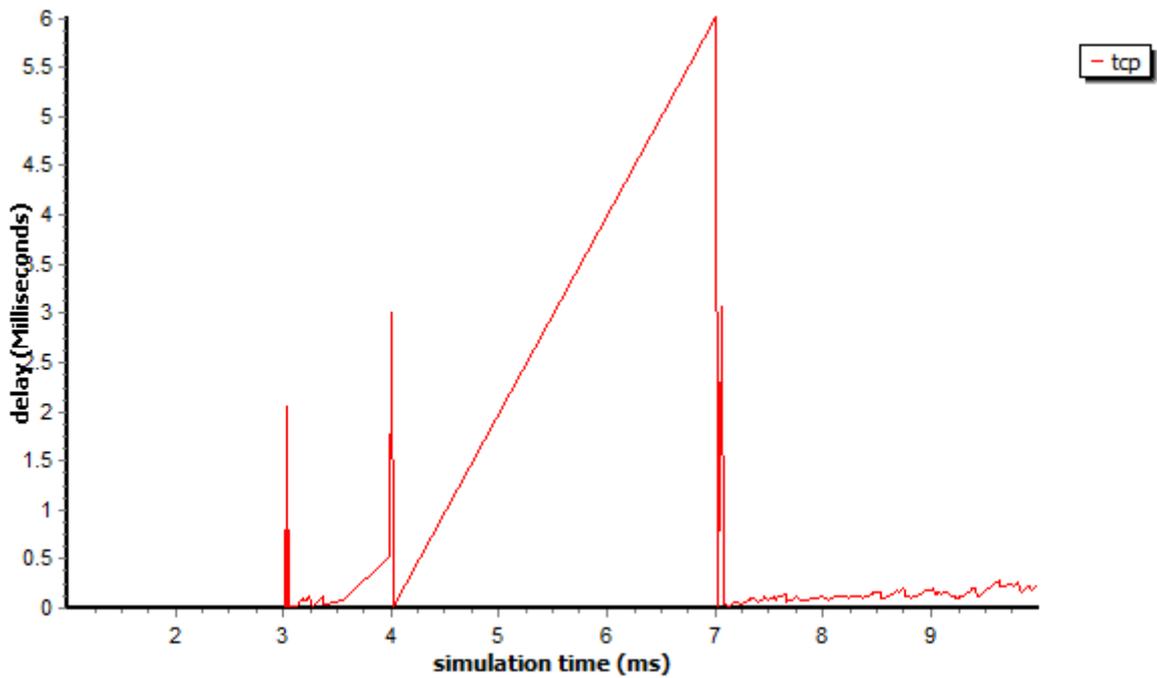


Figure 33 : La latence dans le nœud 8 pour le cas 3

- La valeur de la latence est nulle dans l'intervalle [0ms -3ms] pour le cas 3, elle est d'une petite valeur dans l'intervalle [3ms -5ms] pour le cas2 et dans l'intervalle [5ms -7ms] pour le cas1 et enfin d'une valeur minime dans le cas 3 pour le reste de l'intervalle de simulation.
- Le délai de transmission des paquets est finalement plus petit dans le cas 3 en comparant globalement avec les deux autres cas.

b- La gigue (Jitter)

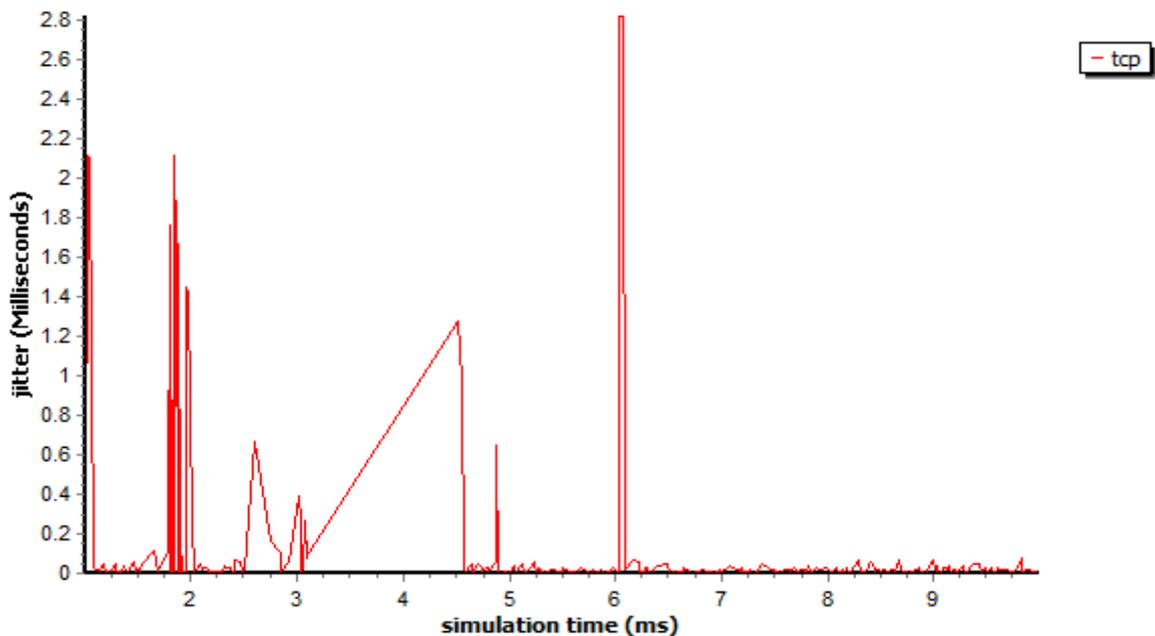


Figure 34 : La gigue dans le nœud 8 pour le cas 1

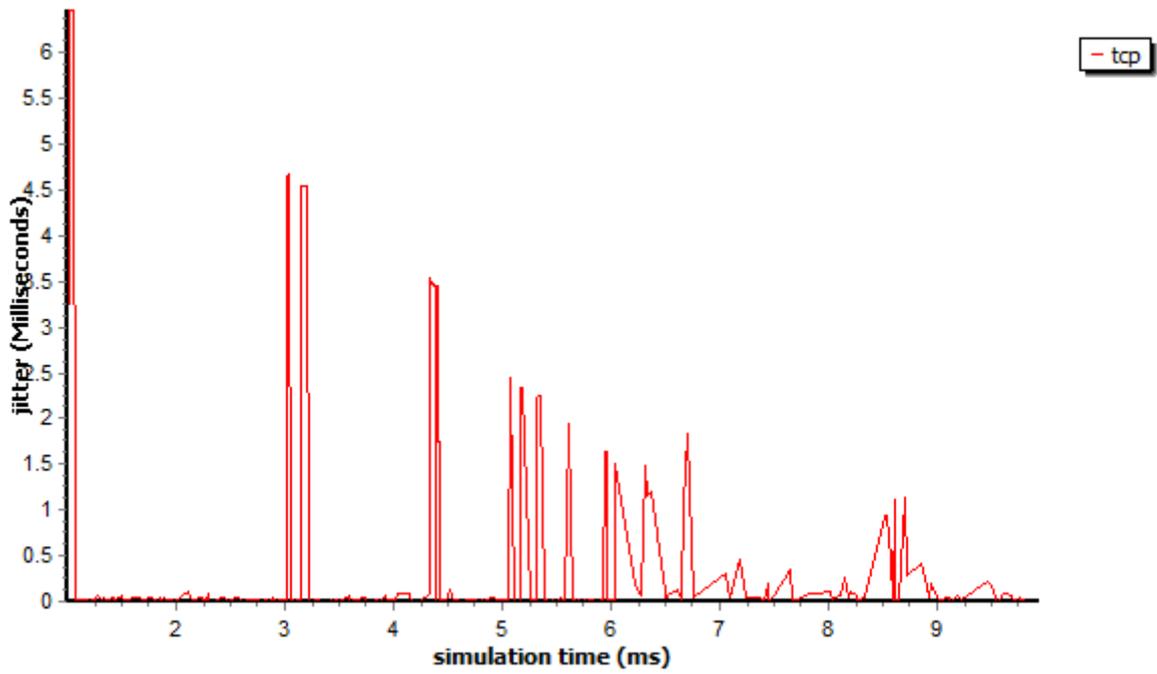


Figure 35 : La gigue dans le nœud 8 pour le cas 2

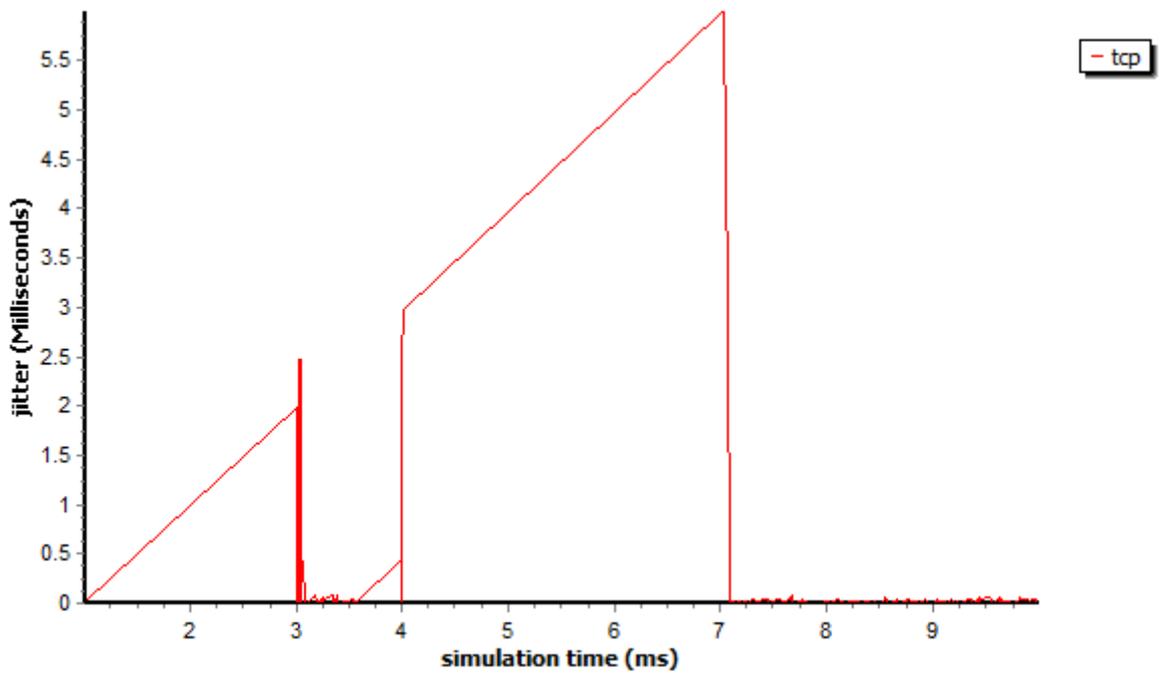


Figure 36 : La gigue dans le nœud 8 pour le cas 3

Chapitre IV : Simulation et résultats

- Dans le nœud 8, la valeur de la gigue a diminué par rapport au nœud 1 car sa position est idéale (milieu) pour intercepter les messages dans des instants presque similaires.
- La position du nœud 8 dans le réseau permet d'avoir une bonne gigue c.à.d. les informations parviennent au nœud dans des instants approximativement pareils.

c- Le débit (Throughput)

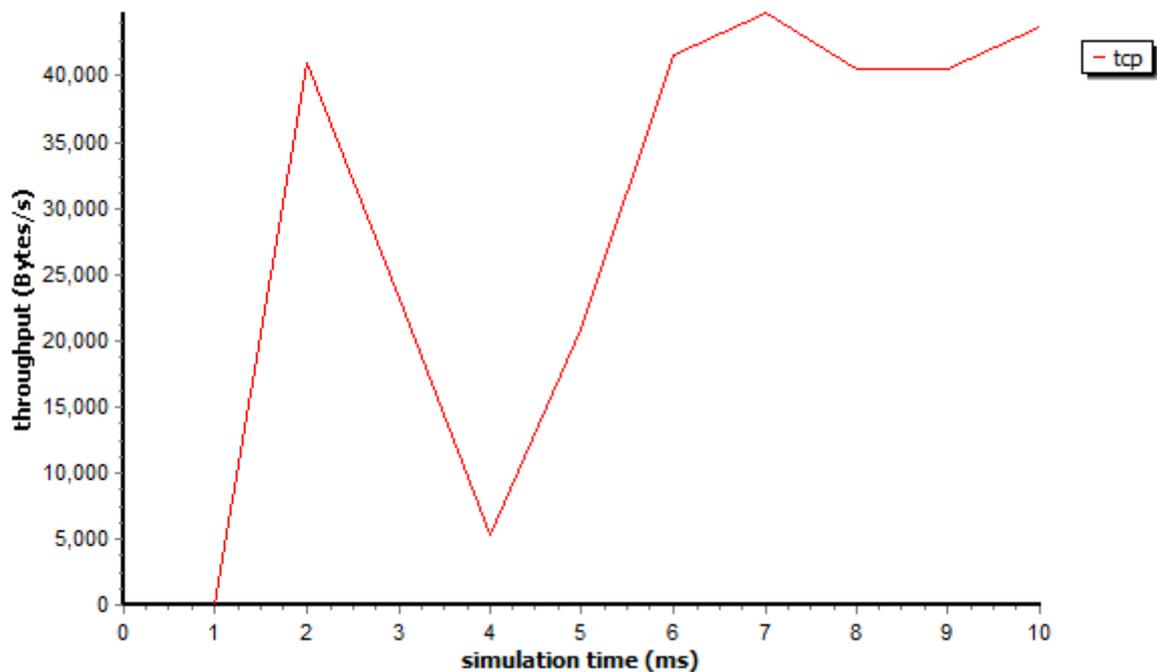


Figure 37: Le débit dans le nœud 8 pour le cas 1

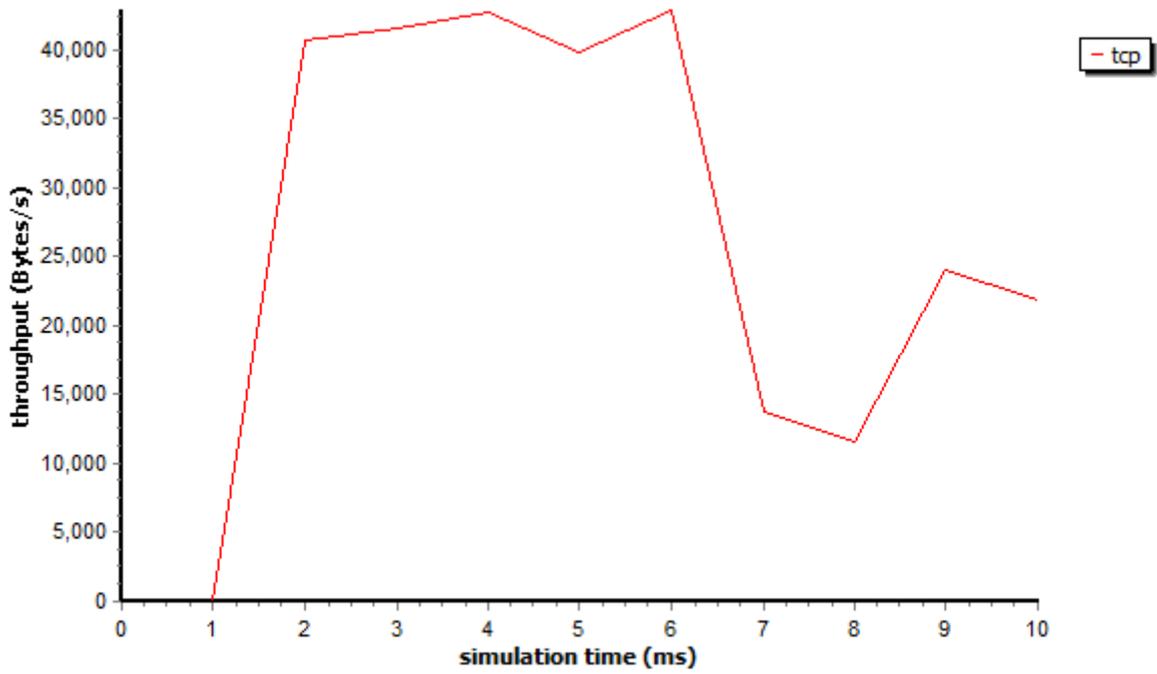


Figure 38: Le débit dans le nœud 8 pour le cas 2

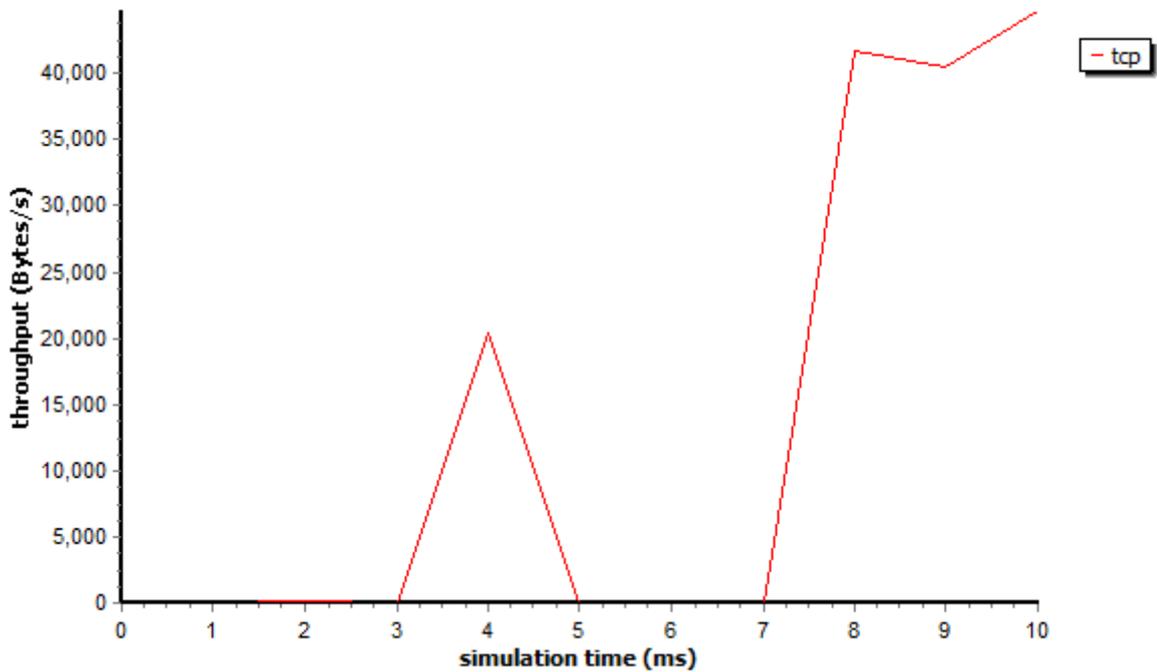


Figure 39: Le débit dans le nœud 8 pour le cas 3

Chapitre IV : Simulation et résultats

- Dans le cas 1, le débit a augmenté considérablement à partir de l'instant 4 ms.
 - Dans le cas 3, le débit est faible par rapport aux autres, nous avons enregistré une petite variation dans l'intervalle [3ms – 5ms], puis une petite augmentation à partir de l'instant 7 ms
 - Le débit est meilleur dans le cas 2, presque sur tout l'intervalle du temps ce qui explique que beaucoup d'informations parviennent au nœud 8 vu sa bonne position pour intercepter les paquets, en plus les distances entre nœuds sont petites et la mobilité des nœuds est réduite.
 - Pour l'intervalle de temps [0 ms – 7.5 ms] la latence est meilleure dans le nœud 1 (car2) pour le (cas2) et elle devient meilleure dans le nœud 8 pour le reste de l'intervalle de temps.
 - La gigue est meilleure dans le nœud 8 (car8) pour le (cas2) sur tout l'intervalle de simulation (des pics enregistrés qui ne durent pas du temps)
 - Le débit est meilleur pour le nœud 8 (car8) pour le (cas2) sur tout l'intervalle de temps
- Les deux paramètres (gigue, débit) sont meilleurs dans le nœud 8 (car8) car la position du nœud 8 favorise la communication, par contre les paquets mettent moins de temps pour atteindre le nœud 1 (bonne latence) donc les paramètres ne peuvent être réunis car à chaque fois qu'on a une bonne communication avec un débit meilleur et une gigue minime les nœuds sont soumis à la congestion ce qui explique l'insuffisance de la communication V2V.

Discussion

La qualité de service est un paramètre très important pour évaluer les performances des réseaux en général, dans notre simulation nous nous sommes intéressés à l'étude de trois paramètres essentiels (débit, latence et gigue) pour déduire leur variation en changeant les critères de l'environnement de simulation dans un réseau VANET.

La combinaison de ces paramètres peut nous renseigner sur le degré de satisfaction du réseau en termes de qualité de service. Dans notre simulation, le scénario présente une communication V2V dans un environnement routier.

Nous constatons que les trois paramètres fixant la qualité de service dans notre application varient en fonction des différentes conditions de la simulation, à savoir :

- Dans le cas où le nœud ne reçoit pas beaucoup de communications (isolé) la gigue est vraiment considérable mais la latence et le débit dépendent des distances et des vitesses des nœuds et leur congestion ; c'est à dire, le débit est meilleur avec des distances et vitesses petites mais la latence peut augmenter à cause de la congestion, la valeur du débit se dégrade en augmentant l'un des critères (distances, vitesses) et la latence peut être améliorée en minimisant les congestions.
- Dans le cas où le nœud reçoit beaucoup de communication (position idéal pour recevoir les messages à des temps similaires) la gigue est réduite (pas de fluctuation du signal), la latence et le débit répondent aux mêmes exigences que le cas précédent.

Cependant, notre simulation qui représente la communication V2V reste insuffisante pour répondre aux exigences de la qualité de service dans un réseau VANET ; c'est pourquoi des solutions sont envisageables pour y remédier. A titre d'exemple, faire l'étude de la structure V2I ; donc, introduire des infrastructures routières ainsi que le passage au mode de communication hybride dans le but de minimiser la congestion tout en réduisant la charge du réseau sur les nœuds.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'avancée technologique dans le domaine des réseaux et télécommunication a offert plusieurs avantages pour tous les domaines de la recherche et développement notamment le secteur de transport.

Les réseaux véhiculaires (VANET) dérivés des réseaux mobiles véhiculaires (MANET) basés sur un système de capteurs permettent de contrôler des environnements différents (milieux urbains, autoroutes...etc.) en établissant trois types de communications à savoir les communications véhicule à véhicule, véhicule à infrastructure et les communications hybrides. Les informations échangées entre les véhicules servent à améliorer la sécurité routière en prévenant les conducteurs des accidents et de tous les dangers qui peuvent avoir lieu. Elles contribuent aussi dans la gestion du trafic routier et l'amélioration du confort des usagers.

Les caractéristiques des réseaux VANET particulièrement leur forte mobilité nécessitent une parfaite adaptation des paramètres responsables sur le bon acheminement et la fiabilité des informations transmises au sein du réseau .Des protocoles de routages, des technologies d'accès, des méthodes de sécurité ainsi des mécanismes de qualité de service sont en amélioration continue pour satisfaire les exigences de ces réseaux.

La qualité de service est un critère très essentiel sur lequel beaucoup de travaux ont été effectués, la mise en place d'un réseau VANET avec une très bonne qualité de service permet d'assurer le bon acheminement des données en temps réel.

L'outil de simulation est la méthode la plus adéquate pour pouvoir évaluer les performances du réseau, les tests sont effectués sur un simulateur choisi selon les paramètres à étudier dans l'application à mettre en place, dans notre travail on a pu évaluer le paramètre de la qualité de service dans un réseau VANET dans un milieu routier constitué de 10 véhicules pour les quels on a défini des communications V2V.

Les résultats montrent que la qualité de service dépend de plusieurs paramètres à prendre en considération à savoir la mobilité des nœuds, les distances séparant les nœuds, la position des nœuds et la congestion dans le réseau. Les métriques varient en fonction des conditions aux quelles le réseau est soumis. Notre étude pratique a montré les insuffisances de la communication V2V en terme de qualité de service ce qui confirme la théorie.

Conclusion générale

Des solutions sont envisageables pour l'amélioration de la qualité de service, on a proposé la mise en place des communications V2I en installant des infrastructures routières et le passage au mode de communication hybride.

Bibliographie

Bibliographie

[1] : **YAHY SIHAM. ; MALLEK FARIDA.** Mémoire de fin d'études option réseaux et télécommunication département d'électronique réalisé à l'UMMTO (2012/2013)

[2] : **BOSASI DOYL.** « gestion des ressources radios dans les réseaux sans fils »: cas d'un réseau WIMAX université de KINSHASA graduée en sciences appliquées (mémoire en ligne)

[3] : **Farah El Ali.** « Communication unicast dans les réseaux mobiles dynamiques. Réseaux et Télécommunications [cs.NI] », Université de Technologie de Compiègne, 2012. Français Hal (archives ouvertes) thèse pour obtenir le grade de docteur.

[4] : **M. MERAIHI Yassine** « routage dans les réseaux véhiculaires (VANET) cas d'un environnement type ville », mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de magister en informatique université de BOUMERDES faculté des hydrocarbures et de la chimie 2011.

[5] : **FRANÇOIS INGELREST.** « Protocoles localisés de diffusion et économie d'énergie dans les réseaux ad hoc et de capteurs. Réseaux et télécommunications [cs.NI] », Université des Sciences et Technologie de Lille - Lille I, 2006. Français. <tel-00113869>

[6] : **BOUZEBIBA HADJER. ; BOUIZEM YASMINA.** « Impact des modèles de mobilités sur les performances des protocoles de routage en milieu urbain », mémoire de fin d'études pour obtenir un diplôme en master informatique Université Abou BAKR BELKAID–Tlemcen Faculté des Sciences Département d'Informatique (2015)

[7] : **HENRI POINCARÉ. ; REMI BADONNEL.** « Supervision des réseaux Services Ad-Hoc », pour l'obtention du Doctorat de l'Université – Nancy 1 (spécialité informatique) (HAL archives – ouvertes), soutenue publiquement le 11 décembre 2006

[8] : **GRICH SOFIANE.** « intitulé contribution à la qualité de service dans les VANET » ,pour obtenir le diplôme de magister (université d'oran 2015)

[9] : **ABDEL MEHSEN AHMAD.** « Techniques de transmission et d'accès sans fils dans les réseaux ad hoc véhiculaires (VANET) », Thèse de doctorat spécialité informatique et télécommunication (école doctorale informatique, télécommunications et électronique de Paris)

[10] : **AHIZOUNE AHMED.** « un protocole de diffusion des messages dans les réseaux véhiculaires », mémoire de fin d'études (université de Montréal, avril 2011)

[11] : **FETHI FILALI.** cours et présentation sur les réseaux de véhicules (EURCOM) (chapitre 04)

[12] : **ISMAIL SALHI.** « Collecte d'informations dans un réseau de véhicules », rapport de stage (mémoire de master) (université Pierre et Marie curie, septembre 2008)

[13] : **NOUREDINE CHAIB.** « Sécurité des communications dans les réseaux VANET », (université ELHADJ LAKHDER -Batna)

[14] : **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)

[15]: **HOUDA LABIOD. ; ANDRE– LUC BEYLOT.** Livre sur les réseaux véhiculaires, modèles et algorithmes (septembre 2013)

[16] : **ONS BOUACHIR.** Conception et mise en œuvre d'une architecture de communication pour mini-Drones civils, doctorat de l'université de Toulouse soutenue (décembre 2014)

[17] : **EMMANUEL TONY. ; LANDRY EWOUSSAOUA.** Master planification et ingénierie des réseaux de télécoms, université de Yaouended, école nationale supérieure polytechnique du Cameroun

[18] : **CLAUDE CHANET. ; SYLVIE CHAMBON** « thématique et sécurité routière, centre d'études sur les réseaux, l'urbanisme et les constructions publiques », en 1997

[19] : **FAHIM BELARBI.** « Les systèmes de communication entre les véhicules et l'infrastructure : leur contribution aux pratiques d'exploitation de la route ; le cas d'une application pour l'information des autoroutes » thèse pour l'obtention du diplôme de docteur de l'école nationale des ponts et chaussées, septembre 2014

[20] : **MOJTABA SEYEDZADEGAN. ; MOHAMED OTHMAN.** International journal of comptur theory and engineering (université de Putra Malaysia) (October 2013)

[21] : **DARWIN FABIAN. ; ASTUDILLO SALINAS.** « Téléchargement de contenus dans les réseaux véhiculaires » thèse en vue de l'obtention du doctorat université de Toulouse, septembre 2013

[22] : **ADETUNDJI ADIGUN.** « Gestion de l'anonymat et de la traçabilité dans les réseaux véhiculaires sans fil » université du Québec mémoire présenté à l'université du Québec à Trois-Rivières comme exigence partielle de la maîtrise en mathématiques et informatique, février 2014.

[23] : **MOHIT AGRAWAL** M. Tech Scholar, RKDF Bhop, **PIYUSH SINGH** Assistant Professor, RKDF Bhopal «Support Quality of Services (QoS) to enhancement of MAC in Vehicular Ad-Hoc Network »International Journal of Advanced Research in Computer

[24] : **DIYAR KHAIRI. ; AMINE BERQIA.** « Enquête sur la QoS et la sécurité dans les réseaux ad hoc véhiculaires »International Journal of Advanced Research in Informatique Document de recherche et ingénierie logicielle. DEEI, Université de l'Algarve, Portugal DEEI, FCT Université de Duhok UoD, Irak, Université de l'Algarve, Portugal ; mai 2015.

[25] : **JEAN-FRANÇOIS PILLOU.** Fondateur de CommentCaMarche.net.Septembre 2015.

[26] : **KHALID ANOUAR. ; MOHAMED TALEA. ; ELHABIB BENLAHMAR** « Etude de la qualité de service dans les réseaux VANET » Faculté de science ben m'sik Casablanca département traitement de l'information.

[27] : **AYOUB BENCHABANA. ; RAMLA BENSACI.** « Analyse des protocoles de routage dans les réseaux VANET » Mémoire Master Académique, Domaine : Informatique et Technologie de l'Information, Filière : Informatique, Spécialité : Informatique Industrielle, juin 2014.

[28] : **TARIK EL OUAHMANI.** « étude d'un protocole de routage à contrôle collaboratif adapté aux réseaux de véhicules ad-hoc "VANET" appliqué en milieu minier souterrain » Mémoire présenté à l'université du Québec en Abitibi-Témiscamingue Comme exigence partielle de la maîtrise en ingénierie, novembre 2012.

[29]: **Fernando rocha** 14/04/2010 manual of NS-2 Visual trace .