



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM

Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique
Département de Mathématiques et d'Informatique
Filière : Informatique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique
Option : **Ingénierie des Systèmes d'Information**

THEME :

Les Modèles de propagation pour la communication V2V

Etudiant(e) : « **RIF Karim** »

Encadrant(e) : « **BAHNES Nacera** »

Année Universitaire 2015/2016

Résumé

Les réseaux véhiculaires (VANET) sont des systèmes de communication basés sur les échanges d'informations entre les véhicules et les infrastructures fixes installées au bord des routes, on parle alors de mode V2I (Véhicule-to-Infrastructure), ou de véhicule à véhicule (mode V2V). Les défis à relever pour leur conception découlent principalement de la forte mobilité des véhicules, de la diversité spatio-temporelle, de la densité du trafic et de la propagation des ondes radio en environnement extérieur défavorable à l'établissement des communications sans fil. Notre objectif est d'étudier les effets d'affaiblissement de la puissance reçue et les modèles de propagation des ondes radio.

Mot clés : MANET, VANET, Modèles de propagation, effets d'affaiblissement de signal.

DEDICACES

A mon Père

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour,
l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu
pour vous.*

A ma très chère maman

*Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté
A qui je dois tout*

A ma très chère sœur

*Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de
bonheur et de réussite dans ta vie, de santé et de réussite.*

A mon très cher frère Fouad

*Mon cher frère présent dans tous mes
moments d'examens par son soutien moral et ses belles
surprises sucrées.*

*Je te souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de
réussite et de sérénité.*

A ma très chère amie Hanane

Qui m'a vraiment aidé afin de réaliser ce modeste travail.

A mes chères amis

*Amine Boudrafe, Abdelkader Allali,
Brahim bouhadef, Medah Belaliya*

Remerciements

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Les cinq années de maîtrise nous ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

Je tiens à la fin de ce travail à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la foi et de m' avoir permis d'en arriver là.

En premier lieu je tiens à remercier Mademoiselle BAHNES, mon encadrant(e), qui m' a initié à la classification d'images selon la sémantique et m' a fait découvrir le monde passionnant de la recherche et avec qui j' ai eu le plaisir de mener tous mes travaux de mémoire. Son entière disponibilité et ses merveilleuses explications ont été précieuses.

Je souhaite également faire part de ma reconnaissance à tous les enseignants qui m' ont éclairés la voie du savoir durant mon cycle.

Un grand merci également à l'ensemble du personnel pédagogique, technique et administratif du département, principalement mes condisciples lors de la formation.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes celles et ceux qui m' ont apporté leur soutien, leur amitié ou leur expérience tout au long de ce travail de mémoire.

Mes remerciements vont également aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail.

Sans oublier de remercier mes amis et mes collègues (de l'université ou dans le monde Virtual « internet ») qui, tous d'une manière différente, ont contribué à ce que je puisse aboutir à la réalisation de ce mémoire.

Enfin, merci à ma famille (ma Chère mère et ma sœur et mon frère) pour le soutien et l'encouragement qu'ils m'ont apporté tout au long de mon travail.

Table des Matières

<i>Résumé</i>	
<i>Liste des Tableaux</i>	
<i>Liste des Figures</i>	
<i>Listes des abréviations</i>	
<i>Introduction Générale</i>	
<i>Chapitre I</i>	
<i>I. Introduction</i>	1
<i>II. Les réseaux Sans fils</i>	1
<i>III. Réseaux VANET</i>	3
III.1. Les nœuds d'un réseau VANET	3
III.2. Les modes de communication dans les réseaux VANET	5
III.2.1 Les communications Véhicule à Véhicule (V2V)	5
III.2.2 Les communications Véhicule à Infrastructure (V2I)	5
III.2.3 Les communications Hybrides (V2V-V2I-I2I).....	6
<i>IV. Les caractéristiques d'un réseau VANET</i>	7
IV.1. Forte mobilité	7
VI.2. Caractéristiques inhérentes au canal radio	7
VI.3. Connectivité intermittente	7
VI.4. Diversité de la densité	7
VI.5. Partitionnement du réseau	8
VI.6. Broadcast storm :	8
VI.7. La capacité d'énergie et de stockage	8
<i>VII. Les problèmes de communication dans le réseau VANET</i>	8
VII.1. Qualité de service.....	8
VII.2. Fiabilité de canal radio	8
VII.3. Routage	9
VII.4. Adressage géographiques et geocasting :	9
VII.5. Sécurité.....	9
VII.6. Normalisation vis-à-vis de la flexibilité.....	9
<i>VIII. Quelques applications liées au réseau VANET</i>	9
VIII.1. Les services liés à la sécurité routière.....	10
VIII.2. Les services liés à la gestion de trafic.....	10
VIII.3. Les services liés au confort ou divertissement	10
VIII.4. Alerter en cas d'accidents :	10
VIII.5. Alerter en cas de ralentissement anormal	10
VIII.6. La conduite collaborative	11
VIII.7. Hot spot sur les autoroutes.....	11
VIII.8. Gestion des espaces libres dans les parkings	11
<i>IX. Technologies et systèmes dans les réseaux VANET</i>	12
IX.1. La norme IEEE 802.11p.....	12
IX.2. Satellite	13
IX.2.1 Mobiles (3G/4G).....	14
IX.2.2 Wifi	14

IX.2.3 Technologie DSRC	15
X. Conclusion	15
Chapitre II.....	16
Introduction.....	15
I. Propagation des signaux.....	15
I.1. Effet d'affaiblissement de propagation	15
II. Les modèles de propagation pour les réseaux véhiculaires	18
II.1. Propagation en espace libre	18
II.2. Propagation par trajets multiples	19
II.3. Le modèle de propagation Rice :	20
II.4. Le modèle de propagation probabiliste Nakagami-m.....	20
II.5. Le Modèle Two-Ray :	21
II.6. Le Modèle Shadowing :	21
III. Comparaison entre modèles de propagation radio.....	21
IV. Conclusion.....	22
Chapitre III.....	23
I. Introduction.....	23
II. Présentation des quelques simulateurs existants.....	23
III. L'environnement Netbeans/Java	29
IV. Description de notre application.....	29
III.1. Interface utilisateur	29
III.2. Les principaux objets dans notre application	30
III.3. Description des fenêtres principales	31
IV. Evaluation des performances	36
IV.1. Environnement de simulation.....	36
IV.2. Paramètres de simulation.....	36
IV.3. Les métriques de performance	37
Conclusion.....	38
Conclusion générale & perspectives.....	22
Références	23

Liste des Tableaux

Tableau 1 Les paramètres de simulation.	36
--	----

Liste des Figures

Figure 1. Hiérarchisation des réseaux sans fil.	2
Figure 2. Le modèle de communication dans les réseaux MANET.	3
Figure 3. Les composants de véhicule intelligent [1]	4
Figure 4. Exemples d'écran d'affichage de quelques marques de voiture	4
Figure 5. Architecture de réseau VANET [3]	5
Figure 6. Les modes de communication V2V et V2I dans VANET	6
Figure 7. Mode de communication hybride dans VANET	7
Figure 8. Exemples des applications des réseaux VANET.....	12
Figure 9. Ensemble de technologies dans VANET.....	13
Figure 10. Principaux mécanismes de propagation [2].	15
Figure 11. Path-Loss.....	17
Figure 12. Shadowing	17
Figure 13. Multi-path fading.....	17
Figure 14. Schéma synoptique d'une chaîne de communication [2]	18
Figure 15.b NLOS	20
Figure 15.a LOS.....	20
Figure 15. Propagation multi-trajets LOS / NLOS	20
Figure 16 Connexions entre composants dans J-Sim	24
Figure 17 Diagramme de classe correspondant au problème étudié	28
Figure 18 Communication utilisateur-simulateur.....	29
Figure 19 Layout de simulation	30
Figure 20 Branchement double.....	31
Figure 21 Fenêtre principale	31
Figure 22 Volet de distance entre véhicules	32
Figure 23 Volet de voisinage	33
Figure 24 Fichier trace	34
Figure 25 Calcul de L'affaiblissement en espace libre (dBm, mWatt).....	35
Figure 26 L'enregistrement de fichier trace.txt	35
Figure 27 paquets perdus (variation distance entre les véhicules)	37

Listes des abréviations

LOS : Line Of Sight

Manet : Mobile Ad-hoc Network

NLOS : Non Line Of Sight

OBU : On-Board Unit

RSU : Road-Side Unit

PL : path loss

STI : système de transport intelligent

V2I : Vehicle-to-Infrastructure

V2V : Vehicle to Vehicle

VANET : Vehicle Adhoc NETWORK

NS 2/3 : Network Simulator 2 / 3

Introduction Générale

Depuis quelques années, le besoin d'être connecté est devenu fondamental pour l'homme. Ce besoin pose de plus en plus de défis pour la technologie moderne l'obligeant à plus d'innovation et de créativité. Ainsi, de nouvelles technologies sont apparues comme les réseaux sans fil, et les réseaux Ad Hoc.

Ces réseaux se sont vite répandus depuis les lieux de travail aux domiciles en passant par les aires de distraction. Ainsi, l'introduction de ces réseaux dans les voitures est devenue une chose indispensable; d'où l'apparition des réseaux Ad Hoc Véhiculaires ou VANET (en anglais : Vehicular Ad Hoc Networks). Les VANETs visent à déployer la communication et l'échange d'informations entre les usagers de la route. Plusieurs groupements industriels ont lancé des projets diverses pour le déploiement et la promotion des VANET dont le V2V Consortium qui est un consortium de grandes sociétés automobiles et informatiques . [15]

Dans les réseaux de mobiles, la topologie a un caractère relativement éphémère dû à la mobilité des nœuds. Pour cette raison, les protocoles de routage les plus étudiés pour ce type de réseaux sont les protocoles de routage géographiques car ils permettent d'éviter la surcharge d'informations échangées entre les nœuds qui chercheraient à obtenir la topologie du réseau ou des tables de routage.

Lors de la propagation entre un émetteur et un récepteur, le signal émis est souvent soumis à plusieurs phénomènes liés à l'environnement de propagation. Il existe plusieurs facteurs qui influencent les évanouissements tels que la distance qui sépare les véhicules, la vitesse qui change les caractéristiques du canal en fonction du temps et présence des obstacles. En plus, dans un environnement minier, le signal prend plusieurs trajets à cause de différents phénomènes comme la réflexion, la diffraction et la dispersion. Les trajets suivis par l'onde changent au fur et à mesure et à cause de la mobilité, chaque onde multivoie subie un décalage fréquentiel. Le décalage de la fréquence du signal reçu est appelé l'effet Doppler (Doppler shift).

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet. Nous sommes amenés à simuler les modèles de propagation radio pour permettre une évaluation de l'atténuation de signal où nous avons implémenté un modèle de mobilité simple.

Notre manuscrit est structuré comme suit:

- Le premier chapitre comporte plusieurs parties. Nous introduisons en premier lieu les notions fondamentales sur réseau ad-hoc, le réseau MAMET et le réseau VANET. Ensuite, nous décrivons les modes de communication dans VANET, les différentes

caractéristiques, contraintes et défis dédiés à ce type de réseau. Par la suite, nous citerons quelques applications liées au réseau VANET. Enfin, nous étudierons aussi les technologies et les systèmes dans les réseaux VANETs.

- Le deuxième chapitre est consacré aux généralités sur la propagation des signaux dans les réseaux V2V. Nous introduisons en premier lieu la problématique de la communication dans le réseau VANET. Dans la deuxième section, nous décrivons les différents modèles de propagation des signaux dans les réseaux véhiculaires. Et nous terminons avec une petite comparaison entre ces modèles. [15]
- Dans le troisième chapitre, nous présentons le mécanisme de simulation ainsi les types de ce mécanisme après nous abordons la problématique de notre projet. Enfin, la partie conception et implémentation de notre application sous netbeans. Nous exposons la démarche suivie pour nos simulations de ce réseau, les différents résultats expérimentaux ainsi que leurs interprétations.
- Nous clôturons ce mémoire par une conclusion et des perspectives.

Chapitre I

Les réseaux véhiculaires

I. Introduction

Les réseaux VANET (Vehicular Ad hoc Network) sont seulement une application mobile de réseaux ad hoc (MANET). Ils constituent le noyau d'un système de transport intelligent (STI) ayant comme le but principal l'amélioration de la sécurité routière en gagnant le bénéfice de l'émergence de la technologie de communication et de la chute du coût des dispositifs sans fil. En effet, grâce aux capteurs installés sur les véhicules, ou situés au bord des routes et des centres de contrôle, les communications véhiculaires permettront aux conducteurs d'être avertis suffisamment tôt de dangers éventuels. D'ailleurs, ces réseaux ne seront pas satisfaits plus pour améliorer seulement la sécurité routière, mais ils permettront également pour offrir de nouveaux services aux usagers de la route rendant la route plus agréable.

Pendant la propagation entre un émetteur et un récepteur, le signal émis est souvent soumis à plusieurs phénomènes liés à l'environnement de la propagation (réflexion, diffraction,...). Il se procède en réception un signal constitué de multiples signaux bruts arrivant avec une distribution angulaire donnée qui est différée selon le canal croisé. Ces signaux prennent différents chemins. Ils présentent ainsi des déphasages pouvant conduire à une recombinaison de façons constructive et destructive de ce fait entraînant une disparition totale du signal. Ce dernier phénomène plus communément appelé « évanouissement ou fading » peut affecter les performances des systèmes de communication mobile. De ce fait, deux types d'évanouissements peuvent exister: évanouissements lents (slow fading) dus aux masquages et évanouissements rapides (fast fading) dus aux trajets multiples. L'amplitude d'évanouissement du signal reçu peut suivre plusieurs distributions statistiques telles que : Rayleigh, Nakagami. Pour améliorer la fiabilité et la capacité des systèmes de communication sans fil, on a recours à la technique de diversité d'antennes qui permet d'améliorer les performances des systèmes en réduisant les effets d'évanouissements. [16]

Dans ce chapitre, nous définissons d'abord le réseau ad hoc, MANET et VANET. Ensuite, nous abordons les différents types de services offerts par les réseaux VANET et les modes de communication existants dans les réseaux VANET. Enfin nous présentons les différentes effets et modèles de propagation de radio utilisés pour les réseaux VANET.

II. Les réseaux Sans fils

Dans cette section, nous définissons les différents types de réseaux sans fil illustré dans la figure 1.

- **Définition de Réseau sans fil**

Un réseau sans fil (en anglais Wireless network) est un réseau dans lequel les machines (entités) participantes peuvent communiquer sans liaison filaire. Les réseaux sans fil sont basés sur des liaisons utilisant des ondes radioélectriques (radio ou infrarouge) à la place des câbles habituels (coaxial, paire-torsadée ou fibre optique).

Dans ce type de réseau, les utilisateurs ont la possibilité de se déplacer dans un certain périmètre de couverture géographique sans perdre le signal [11].

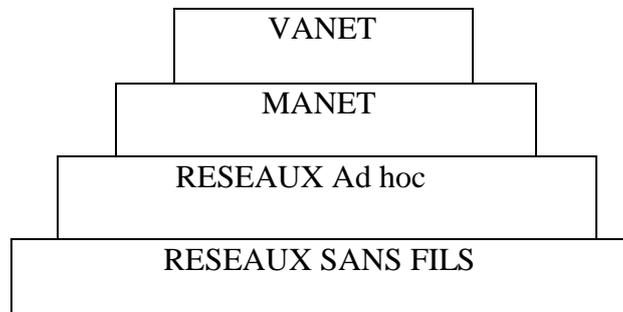


Figure 1. Hiérarchisation des réseaux sans fil.

- **Définition de Réseaux ad hoc**

Les réseaux ad hoc sont des réseaux sans-fil capables de s'organiser spontanément et de manière autonome dans l'environnement dans lequel ils sont déployés sans infrastructure définie préalablement. La tâche de la gestion du réseau est répartie sur l'ensemble d'entités communicantes par une liaison sans-fil. Dans ce type de réseau, les entités envisagées sont des terminaux légers et de taille réduite qui fonctionnent souvent sur batterie, donc elles ont des capacités de traitement et de mémoire limitées. Ses entités forment un ensemble de station qui communique directement entre elles. Dans ce cas toutes les stations constituent en elles-mêmes un point d'accès [8].

- **Définition d'un réseau mobile**

Un réseau mobile est un système composé de nœuds reliés les uns aux autres par des liaisons de communication sans fil. Ces nœuds sont libres de se déplacer sans perte de leurs connexions dans le réseau. Un réseau mobile peut contenir des sites fixes pour permettre l'accès à d'autres types de réseaux (filaire)[11]

- **Réseau mobile sans infrastructure (MANET)**

Dans le mode mobile sans infrastructure (en anglais MANET : Mobile Ad-hoc NETWORK), Toutes les stations du réseau se connectent les unes aux autres afin de construire un réseau point à point (en anglais : peer to peer « P2P »). Ainsi, chaque entité mobile (téléphones portable, ordinateurs, véhicules, etc. ...) joue en même temps le rôle de client et le rôle de point d'accès. Dans un environnement ad hoc, lorsqu'une donnée est envoyée d'un nœud source à un nœud destination, il se peut qu'elle transite par plusieurs nœuds intermédiaires avant d'arriver à destination (voir figure 2). C'est ce qui s'appelle le multi hop (saut multiple ou multi-saut)[11].

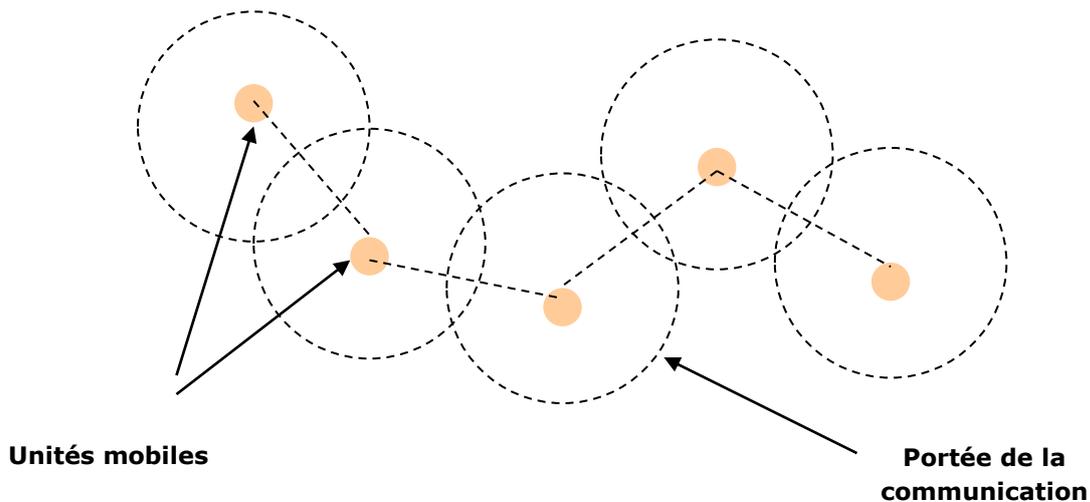


Figure 2. Le modèle de communication dans les réseaux MANET.

III. Réseaux VANET

Le réseau Ad-Hoc de véhicules, sont en effet une classe émergente des réseaux sans fil, ils peuvent être considérés comme une particularité des réseaux MANET où les nœuds mobiles sont des véhicules (souvent intelligents), pour fournir des communications au sein d'un groupe de véhicules à portée les uns des autres et entre les véhicules et les équipements fixes à portée, usuellement appelés équipements de la route [10].

III.1. Les nœuds d'un réseau VANET

Un nœud d'un réseau VANET est un véhicule équipé de terminaux tels que les calculateurs, les interfaces réseaux ainsi que des capteurs capables de collecter les informations et de les traiter [6] [1]. On parle de la notion de « véhicule intelligent ». La Figure 3 illustre un exemple de véhicule intelligent et ces équipements.

L'équipement central se situe du côté « serveur ». Il est transparent pour l'utilisateur. Cet équipement central pourra être un serveur de stockage, un point d'entrée à un réseau filaire (Internet) ou un serveur de transaction (télépéage par exemple).

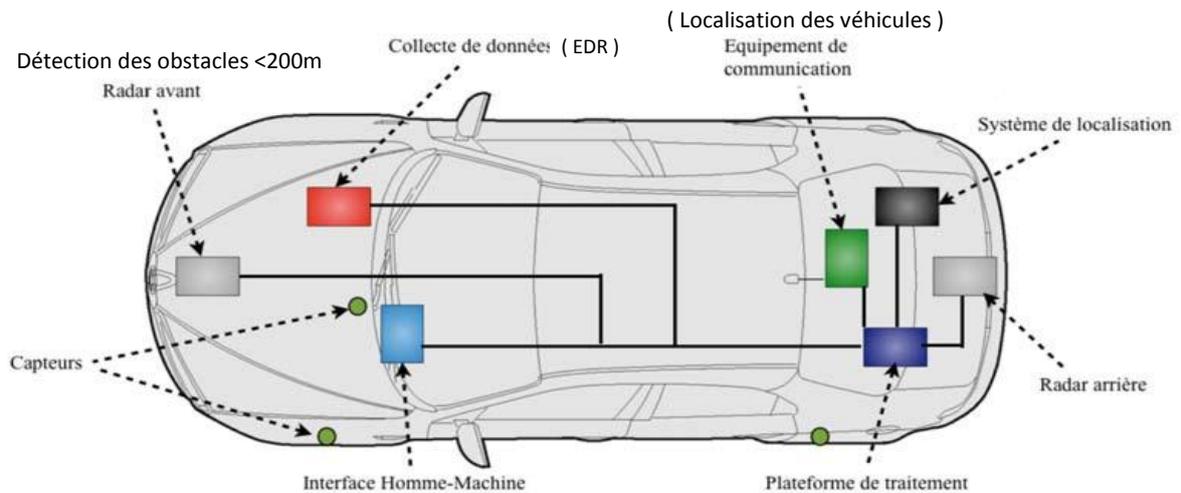


Figure 3. Les composants de véhicule intelligent [1]

- Les équipements personnels sont les équipements qui peuvent être apportés par l'utilisateur à l'intérieur de son véhicule. Cela peut être un téléphone portable (en activant l'interface Bluetooth du téléphone portable ou en utilisant son téléphone portable par commande vocale), un ordinateur portable ou encore un GPS autonome. Des équipements peuvent interagir avec le véhicule tel que les microphones intégrés au véhicule et l'interface Homme- Machine (IHM) du véhicule. La figure 4 regroupe quelques exemples d'écran d'affichage de voiture.
- Les véhicules modernes sont équipés d'un ensemble de processeurs connectés à une plateforme centrale de calcul qui dispose d'interfaces filaires et sans fil. Les véhicules intelligents sont des véhicules équipés d'une unité nommée On-Board Unit (OBU). Cette unité peut enregistrer, calculer, localiser et envoyer des messages sur une interface réseau.



Figure 4. Exemples d'écran d'affichage de quelques marques de voiture

- Les entités de bord de route sont appelées Road-Side Unit (RSU). Ces unités peuvent informer les véhicules à proximité en diffusant les conditions de trafic, météorologiques ou spécifiques à la route (vitesse maximale, autorisation de dépassement, etc.). Les RSU peuvent aussi jouer le rôle de station de base en relayant l'information envoyée par un véhicule.

III.2. Les modes de communication dans les réseaux VANET

Dans les réseaux de véhicules, nous distinguons trois modes de communication : les communications Véhicule-à-Véhicule (V2V), les communications Véhicule-à-Infrastructure (V2I) et hybride (voir les figure 5 et 6). Dans cette section, nous présentons le principe des trois modes [12].

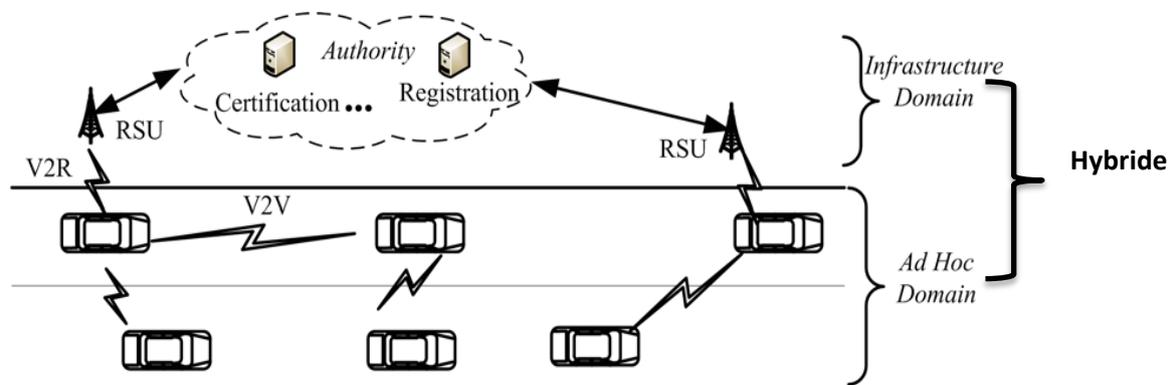


Figure 5. Architecture de réseau VANET [3]

III.2.1 Les communications Véhicule à Véhicule (V2V)

Dans ce mode, aucune infrastructure n'est utilisée, aucune installation n'est nécessaire sur les routes, chaque véhicule est équipé pour communiquer directement avec un autre véhicule s'il se situe dans sa zone radio, ou bien par le biais d'un protocole multi-sauts qui se charge de transmettre les messages de bout en bout en utilisant les nœuds (véhicules) voisins qui les séparent comme des relais .

Les communications V2V sont très efficaces pour le transfert des informations concernant les services liés à la sécurité routière, mais elles ne garantissent pas une connectivité permanente entre les véhicules [12].

III.2.2 Les communications Véhicule à Infrastructure (V2I)

Celle-ci est une architecture centralisée basée sur des stations de bases (Infrastructure) dans leurs communications, les véhicules garantissent des communications avec l'infrastructure en utilisant des points d'infrastructure. Ces points d'accès sont également connus sous le nom RSU (Road Side Unit), situés dans certaines sections critiques de la route, tels que les feux de circulation, les zones d'intersections, ou les panneaux de Stop, afin d'améliorer l'expérience

de conduite et la rendre plus sûre. Cette architecture peut être utilisée dans les scénarios comme accès à Internet, état de la circulation, contrôle de vitesse...etc[12].

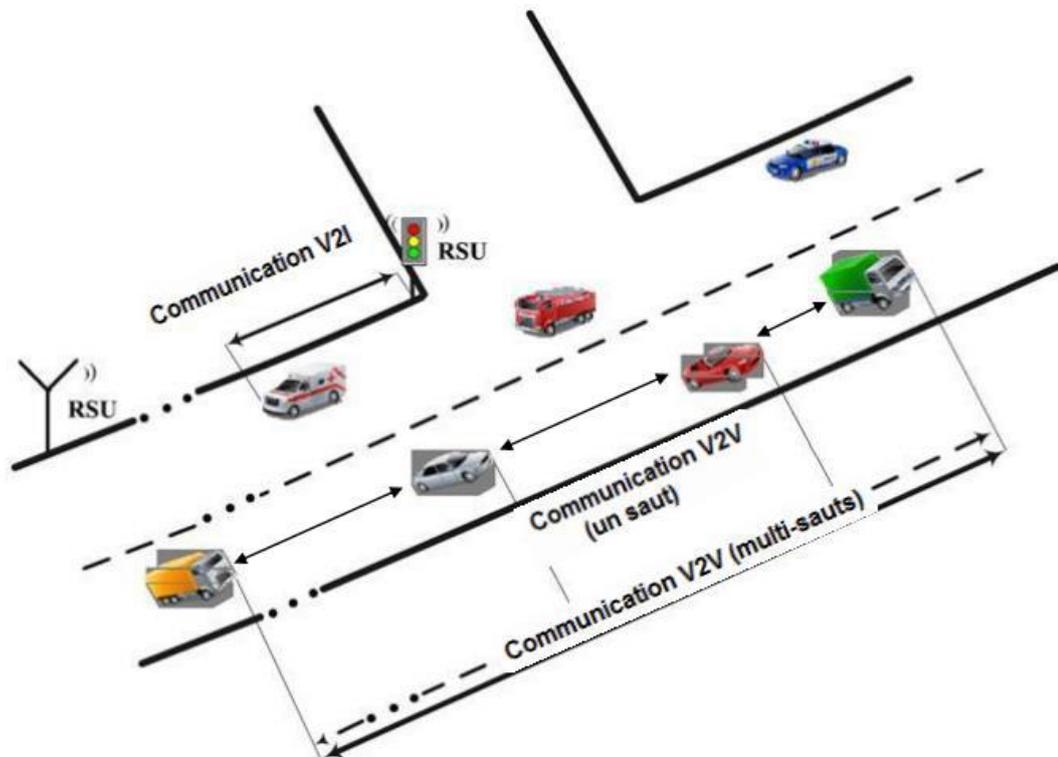


Figure 6. Les modes de communication V2V et V2I dans VANET

III.2.3 Les communications Hybrides (V2V-V2I-I2I)

La combinaison de ces deux types de communications permet d'obtenir une communication hybride très intéressante (voir la figure 5). En effet, les portées des infrastructures étant limitées, l'utilisation de véhicules comme relais permet d'étendre cette portée. Dans un but économique et afin d'éviter la multiplication des stations de bases, l'utilisation des sauts par véhicules intermédiaires prend tout son importance.

Les entités formant un réseau sans fil véhiculaire vont générer et s'échanger des messages. En fonction de l'application et du contexte environnemental, un véhicule peut envoyer ou recevoir un message de contrôle, d'alerte ou autre [12].

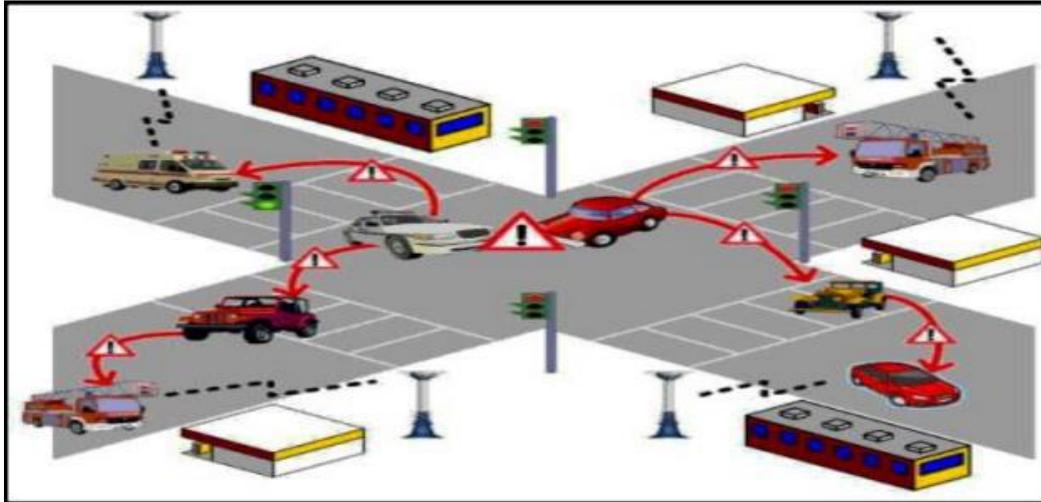


Figure 7. Mode de communication hybride dans VANET

IV. Les caractéristiques d'un réseau VANET

IV.1. Forte mobilité

C'est le premier facteur qui distingue les réseaux véhiculaires des autres classes de réseaux sans fil. La vitesse des véhicules varie selon l'environnement, elle est en moyenne de 50km/h en zones urbains et peut atteindre 130 km/h sur autoroute. Bien que les mouvements des véhicules soient relativement prédictibles, l'impact de la mobilité sur la connectivité du réseau reste l'une des difficultés majeures des réseaux véhiculaires [20].

VI.2. Caractéristiques inhérentes au canal radio

Dans les réseaux sans fil traditionnels, les échanges de données s'effectuent généralement dans des espaces ouverts sans obstacle ou dans des espaces clos en intérieurs communications dans les réseaux véhiculaires se font en environnement externe défavorable pour l'établissement des liens radio en raison de la multitude d'obstacles (forêt, montagne, bâtiments ...) notamment en zones urbaines [20]. Ces obstacles causent une sévère dégradation de la qualité et de la puissance des signaux émis.

VI.3. Connectivité intermittente

C'est une conséquence directe de la forte mobilité et des obstacles de l'environnement est une connectivité intermittente un lien établi entre deux entités du réseau peut rapidement disparaître en raison soit de la mobilité qui éloigne les deux entités communicantes, soit des obstacles qui empêchent la propagation du signal [20].

VI.4. Diversité de la densité

La densité des nœuds (véhicules) dans un réseau véhiculaire n'est pas uniforme mais à variation spatio-temporelle. Le nombre de véhicules dans une intersection ou dans un embouteillage est plus important que sur des routes extra-urbaines ou le trafic est souvent fluide. D'un point de vue temporel, la densité est différente selon qu'on considère la nuit ou la journée, les heures de pointe ou les heures creuses. Cette diversité rend difficile la conception

de solution générique étant donné que les problèmes rencontrés à forte densité sont différents de ceux causés par la faible densité [20].

VI.5. Partitionnement du réseau

Le problème du partitionnement du réseau survient essentiellement lorsque la densité des nœuds est faible. Les véhicules se déplacent alors en groupes isolés non connectés. Il devient dans ce cas difficile d'assurer les communications de bout-en-bout [20].

VI.6. Broadcast storm :

Ce problème se pose en particulière dans les protocoles de routage qui inondent le réseau avec les paquets de contrôles à la recherche de routes.

Les retransmissions successives des paquets causent de sérieuses redondances qui saturent le réseau. Dans le cas des réseaux véhiculaire, le problème du broadcast storm se pose également au niveau application. En effet, les principaux services proposés pour les réseaux véhiculaires sont des services de sécurité qui se basent presque exclusivement sur les retransmissions de proche en proche des données.

De plus, le problème du broadcast storm est aggravé dans les réseaux à forte densité notamment des scénarios tels les embouteillages et les files d'attente aux intersections [21].

VI.7. La capacité d'énergie et de stockage

Contrairement au contexte des réseaux MANET où la contrainte d'énergie représente un défi pour les chercheurs, les éléments du réseau VANET disposent suffisamment d'énergie qui peut alimenter les différents équipements électroniques d'une voiture intelligente. Donc, les nœuds sont censés avoir une grande capacité de traitement et de stockage de données.

VII. Les problèmes de communication dans le réseau VANET

Des caractéristiques des réseaux véhiculaires découlent plusieurs défis que l'on peut résumer dans les paragraphes suivants.

VII.1. Qualité de service

La demande en qualité de service dépend des applications supportées. La principale contrainte des applications de sécurité est la latence. La validité des informations étant limitée dans le temps, les messages doivent parvenir à destination dans des délais courts pour être considéré comme pertinents. Dans le cas des applications de gestion de trafic, il s'agit d'inclure autant d'informations de trafic que possible dans les paquets diffusés [22]. Pour les applications de confort tel le transfert de fichiers ou le téléchargement le besoin est une connectivité permanente.

VII.2. Fiabilité de canal radio

Le rôle des mécanismes de gestion du canal radio est d'offrir des transmissions fiables et robustes et un partage équitable du débit de communication. Pour atteindre cet objectif dans le cas des réseaux véhiculaires, il est nécessaire de définir des méthodes qui permettent de faire

face aux deux problèmes majeurs des transmissions qui sont, les interférences inter-symboles dues à la propagation des ondes par trajets multiples et l'effet doppler causé par le mouvement des véhicules.[20]

VII.3. Routage

Les protocoles de routage sont utilisés en communication ad hoc, Ils permettent de déterminer la suite de nœuds que les paquets doivent traverser pour un échange d'information entre entités distantes. Les problèmes auxquels doivent répondre les protocoles de routage sont la connectivité intermittente qui rend les routes déjà établies obsolètes et le partitionnement du réseau qui empêche la propagation des paquets.

VII.4. Adressage géographiques et geocasting :

Le routage geocast est un mécanisme similaire au multi-casting dans lequel les destinataires sont identifiés par des contraintes géographiques. Il est utilisé par les applications diffusant des données qui ne sont utiles que pour les véhicules se trouvant dans une zone géographique spécifique. Par exemple, l'information sur un accident est pertinente que pour les véhicules qui se dirigent vers le lieu de l'accident. La diffusion des paquets vers tout autre véhicule causent une surcharge inutile du réseau. La complexité dans le geocasting réside dans la détermination de la zone géographique et la définition d'un mécanisme de relayage efficace qui réduit la surcharge du réseau et qui soit adapté à toutes les densités [23].

VII.5. Sécurité

Les exigences en sécurité doivent être prises en compte aussi bien dans la conception architectural du réseau que dans la conception des protocoles de communication. Elles diffèrent en fonction des applications et comprennent principalement la confidentialité, l'authentification, la cohérence et l'intégrité des données et la disponibilité.

La satisfaction de ces exigences dans des systèmes aussi dynamiques et mobiles que les réseaux véhiculaires est difficile mais particulièrement importante étant donné que des vies humaines sont concernées [20].

VII.6. Normalisation vis-à-vis de la flexibilité

Il est évidemment nécessaire d'uniformiser les communications afin de permettre aux véhicules conçus par différents fabricant de pouvoir collaborer. Cependant, en raison des enjeux commerciaux, il est probable que les constructeurs voudront créer une certaine différenciation des standards.

VIII. Quelques applications liées au réseau VANET

Ces applications peuvent être classées dans différents catégories : application de « sécurité, efficacité ou confort », application en temps réel, application pour la coopération entre les véhicules ou pour la transmission des informations ou des messages d'alerte.

VIII.1. Les services liés à la sécurité routière

Ce service vise à améliorer la sécurité du passager sur les routes en avisant de toute situation dangereuse. Ces applications se basent en général sur une diffusion, périodique ou non, des messages informatifs permettant aux conducteurs d'avoir une connaissance de l'état de la route et des véhicules voisins. Des exemples répandus de services dans cette catégorie d'application sont, l'avertissement des collisions, les avertissements sur les conditions de la route, l'assistance dépassement et changement de voie, etc.

VIII.2. Les services liés à la gestion de trafic

Ce service base sur l'amélioration des conditions de circulation dans le but de réduire les embouteillages et les risque d'accident. Elles consistent à fournir aux conducteurs des informations leur permettant d'adapter leur parcours à la situation du trafic routier. En d'autres termes, ce service vise à équilibré la circulation des véhicules sur les routes pour une utilisation efficace de la capacité des routes et des carrefours et à réduire par conséquent les pertes humains, la durée des voyages et la consommation d'énergie. Parmi ces services on peut citer, la surveillance du trafic, l'ordonnancement des feux de signalisation le Platooning, etc.

VIII.3. Les services liés au confort ou divertissement

Ce service à l'objectif est de rendre les voyages plus agréables en permet aux passagers de communiquer soit avec d'autres véhicules ou avec des stations fixes comme les hôtes internet ou le réseau téléphonique public. Des exemples de ces services sont : la gestion des parkings, les jeux/discussions distribuées, les applications pair-à-paire, etc.

Dans la suite de cette, partie nous nous limitons à la description de quelques services et exemples d'application des systèmes de communication véhicule à véhicule.

VIII.4. Alerter en cas d'accidents :

Ce service permet, dans le cas d'un accident, d'avertir les véhicules se dirigeant vers le lieu de l'accident que les conditions de circulation se trouvent modifiées et qu'il est nécessaire de redoubler de vigilance. Il est nécessaire, également, en cas de densité réduite de véhicule de pouvoir conserver l'information pour pouvoir la retransmettre si un véhicule entre dans la zone de retransmission. Les messages de sécurité devront être émis à des périodes régulières. Ainsi le ou les nœuds désignés pour la retransmission des messages émettront des alertes à instants réguliers. Les messages devront être de taille réduite pour être transmis le plus rapidement possible. Les messages devront comporter les coordonnées du lieu de l'accident et les paramètres de la zone de retransmission.

VIII.5. Alerter en cas de ralentissement anormal

Ce service permet d'avertir les automobilistes de situations de circulation particulières en cas de bouchon, travaux, intempéries, etc. L'information quel que soit la nature des difficultés de circulation renseigne l'automobiliste qu'il est nécessaire de ralentir. Le message d'alerte est émis par un véhicule détectant les difficultés de circulation (freinage important par exemple, déclenchement des feux de détresse, pluie). Un véhicule banalisé effectuant des travaux peut également être à l'origine du message d'alerte comme pour le message d'alerte informant d'un

accident, le message d'alerte informant d'un ralentissement doit être transmis aux autres véhicules de façon efficace et rapide.

VIII.6. La conduite collaborative

La conduite collaborative est un concept qui améliore considérablement la sécurité du transport routier, en plus de réduire le nombre de victimes lors d'accidents impliquant des véhicules automobiles. Cette innovation est basée sur un échange de renseignements entre des véhicules munis d'instruments (capteurs par exemple) leur permettant de percevoir ce qui les entoure et de collaborer en groupes formés dynamiquement. Ces groupes de véhicules, ou réseaux ponctuels, peuvent élaborer une stratégie de conduite collective qui exigerait peu ou pas d'interventions de la part des conducteurs. Depuis les dernières années, différentes architectures de véhicules automatisés ont été proposées, mais la plupart d'entre elles n'ont pas, ou presque pas, attaqué le problème de communication inter véhicules.

VIII.7. Hot spot sur les autoroutes

Aujourd'hui, les personnes peuvent accéder à des sites web un peu avant qu'ils prennent le train, par exemple pour télécharger des films. En voiture, on peut imaginer d'acheter du contenu, au niveau d'une station essence, d'une gare ou même en pleine autoroute (en passant d'une voiture à une autre jusqu'au point d'accès le plus proche). Les passagers dans la voiture pourront ainsi jouer en réseaux, télécharger des fichiers MP3, envoyer des cartes à des amis, etc.

VIII.8. Gestion des espaces libres dans les parkings

Ce service permet de rassembler des informations sur la disponibilité de l'espace de stationnement dans les parkings et de coordonner entre automobilistes afin de les guider aux espaces libres [13].

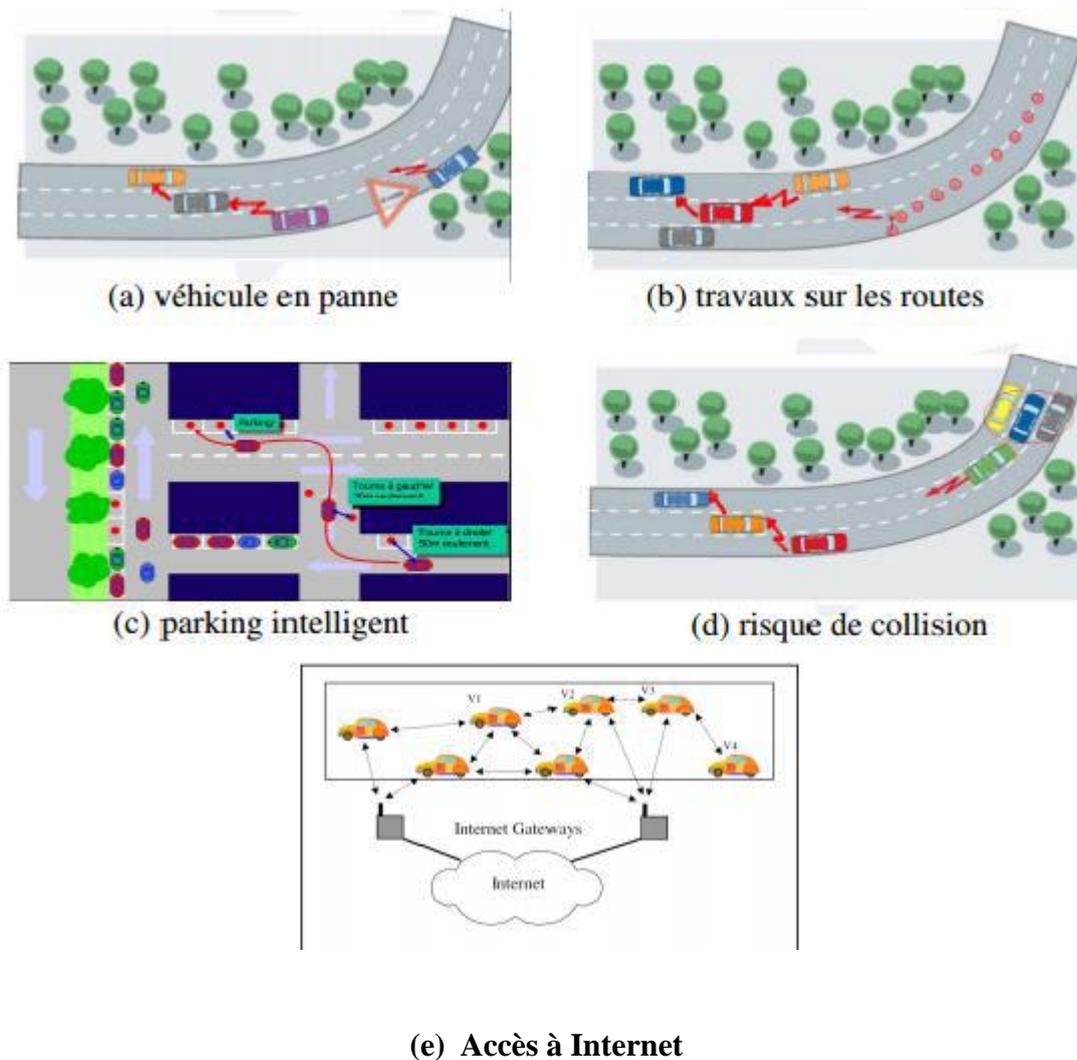


Figure 8. Exemples des applications des réseaux VANET

IX. Technologies et systèmes dans les réseaux VANET

Pour la mise en œuvre des applications dans l'environnement véhiculaire, nous pouvons utiliser plusieurs technologies, la technologie sans fil spécifique pour cet environnement repose sur la norme 802.11p. Cette dernière décrit les spécifications des couches, physique et MAC pour le « WAVE ». Chacune d'elles présente des avantages et inconvénients vis-à-vis des exigences de l'application, la figure I.9 nous présente les différentes technologies.

IX.1. La norme IEEE 802.11p

La norme IEEE 802.11p [5] [4] est un amendement du standard IEEE 802.11 que le groupe de travail IEEE (TGP : Task Group p) a commencé à développer en 2004 pour l'accès sans fil dans les systèmes de transport intelligents. Il définit les spécifications des couches MAC et PHY dans le cadre des réseaux véhiculaires.

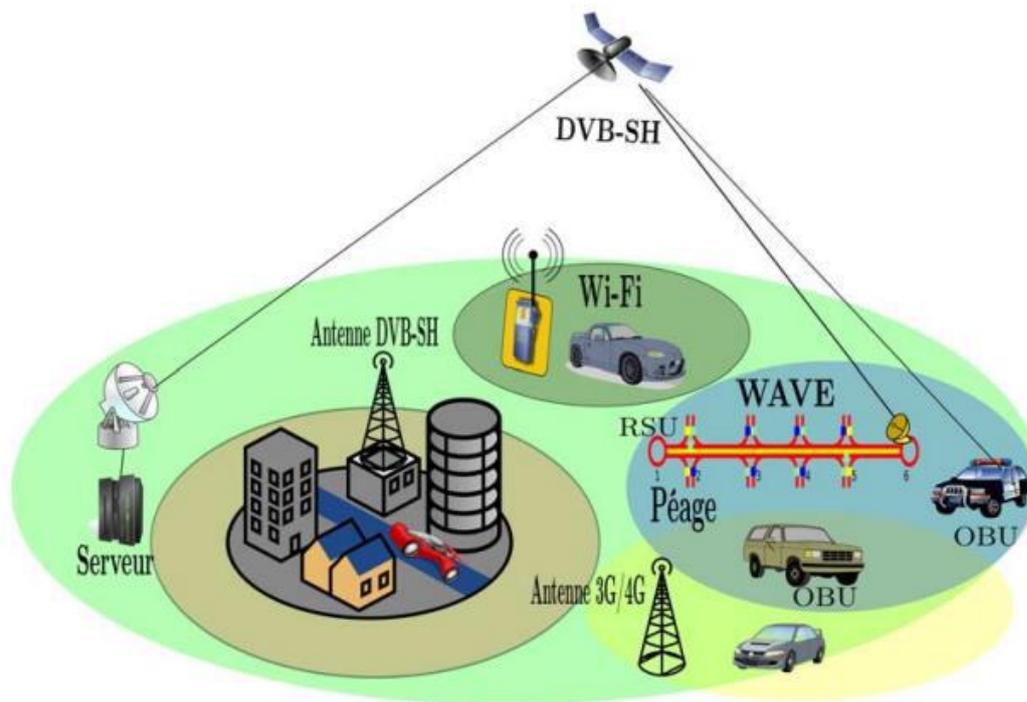


Figure 9. Ensemble de technologies dans VANET

IX.2. Satellite

Comme nous l'avons dit auparavant, la forte mobilité est une contrainte non négligeable lors du choix de la technologie. Les satellites peuvent présenter de grands avantages dans le contexte que nous nous proposons d'étudier en raison de sa large couverture. En revanche, ils sont connus pour leurs coûts potentiellement élevés. Parmi les technologies satellite que nous pouvons utiliser, nous retenons en particulier « GEO-Mobile Radio Interface (GMR) » et « DVB-Satellite services to Handhelds (DVBSH) ».

GMR [24] propose un service mobile par satellite. Il est considéré comme une extension de GSM, sa version terrestre. La version satellite du GPRS est appelée GmPRS. Son coût est inacceptable en termes d'équipements, mais aussi de diffusion.

DVB-SH [25] est l'adaptation de la norme DVB pour les dispositifs portables. Elle est conçue pour la transmission de vidéo, audio et données à des véhicules et des dispositifs portables. Pour l'application proposée, le passage à l'échelle est donc facile. En outre, elle est peu sensible à la mobilité. La latence, en utilisant cette technologie, est fonction uniquement du débit et de la taille du fichier. Avec cette technologie, il faut tenir compte de la disponibilité des utilisateurs au moment de la diffusion. Pour atteindre la totalité des utilisateurs, il faut introduire un système de répétition qui va renvoyer les mêmes contenus. Il faut mentionner que cette technologie ne permet que des communications unidirectionnelles, pour la voie de retour nous sommes obligés d'utiliser une autre technologie.

Nous avons étudié l'intérêt d'une telle technique [27], ces travaux n'ont pas été poursuivis en raison du coût important d'une telle technologie qui ne peut s'envisager que dans des contextes spécifiques (flotte de véhicules, application militaire ou de sécurité civile).

IX.2.1 Mobiles (3G/4G)

La technologie 2G/3G offre un débit de téléchargement maximal de 384 Kbit/s (pour de vitesses de 3 km/h à 100 km/h) et de 144 Kbit/s (< 250 km/h) en utilisant EDGE. Avec UMTS il est de 2 Mbit/s ; en HSPA beaucoup plus et finalement la 4G offre un débit de 100 Mbit/s pour les utilisateurs à forte mobilité. Ces débits sont toutefois purement théoriques, car le support est partagé entre les utilisateurs d'une même cellule.

Le coût de téléchargement par méga-octet reste son talon d'Achille. Le débit et la grande couverture pourraient compenser cet aspect pour certains types de contenus, par exemple, s'il s'agit de contenus prioritaires (latence faible) et qu'il n'y a pas de technologie moins onéreuse disponible pour la remplacer. Ce cas de figure risque en effet de se produire pendant quelques années. De plus, les connexions sont stables grâce à l'utilisation de fréquences réservées pour cette technologie.

IX.2.2 Wifi

Cette technologie utilise potentiellement plusieurs normes telles que 802.11 a/b/g-/n/ac [26]. Elle peut être utile à des véhicules se trouvant dans une station de service, une aire de services, un restaurant, ou bien encore, utiliser les connexions résidentielles ouvertes. La couverture va jusqu'à une centaine de mètres en fonction de la norme et de la configuration utilisée. Le débit peut aller de 1 Mbit/s jusqu'à 11 Mbit/s pour 802.11b, de 6 Mbit/s jusqu'à 54 Mbit/s pour 802.11a/g, jusqu'à 300 Mbit/s pour 802.11n, et avec 802.11ac jusqu'à 1 Gbit/s.

Les véhicules, s'arrêtant quelques minutes dans les aires de services, peuvent profiter de ces réseaux si l'alimentation électrique du véhicule n'est pas coupée. Cela permettra de proposer aux utilisateurs le téléchargement de mises à jour, d'informations liées à l'aire de services, de publicité, etc. Donc, la taille des contenus téléchargés est restreinte par la disponibilité d'un point d'accès à portée du véhicule et par le débit auquel il peut télécharger. Cependant, s'il y a une transmission de données en broadcast en cours, le véhicule pourrait recevoir ces informations, cette transmission pourrait être une mise à jour ou un fichier populaire qui intéresse l'utilisateur.

La latence est en fonction du débit, de la taille du fichier et de la mobilité des véhicules. Cette latence pourrait être grande puisque si l'utilisateur n'arrive pas à recevoir tout le fichier pendant qu'il est dans l'aire de services, le véhicule doit attendre que l'utilisateur s'arrête à nouveau pour terminer ou changer de technologie pour continuer à recevoir. Bien qu'elle ait un taux de pénétration élevé, la plupart des points d'accès sont privés et protégés par un système d'authentification. Cependant, il existe aussi des points d'accès publics.

Toutes les technologies mentionnées auparavant sont opérées, cela veut dire que les utilisateurs ont besoin d'une infrastructure pour pouvoir communiquer. Si ces derniers sont hors de portée de cette infrastructure, ils seront isolés. En revanche, Wifi peut fonctionner en

mode ad-hoc, les véhicules peuvent interagir entre eux sans avoir besoin d'un point d'accès. Ils peuvent profiter de cet avantage pour élargir la zone de couverture d'un point d'accès en tirant parti d'une communication à plusieurs sauts et aussi pour échanger des paquets entre utilisateurs.

IX.2.3 Technologie DSRC

Les premiers standards définis pour les communications sans fil dans les STI utilisent la bande de fréquence de 915MHz essentiellement pour assurer des services tels que, le péage électronique, l'accréditation et la surveillance des opérations des véhicules commerciaux [5]. Pour offrir une norme qui forme la base pour la mise en œuvre d'un large éventail des applications dans les réseaux véhiculaires, l'ITSA a sollicité la FCC (Federal Communications Commission) d'allouer une bande passante de 75MHz dans la gamme de fréquences 5,850-5,925GHz pour les communications à courte portée dédiées aux STI aux USA qui a donné naissance à la technologie DSRC (Dedicated Short Range Communications).

X. Conclusion

Les réseaux VANET sont une sous classe des réseaux MANET, ils sont caractérisés par une forte mobilité des nœuds. Ce type de réseau permet la communication entre les véhicules ainsi qu'avec les infrastructures de télécommunication. Un conducteur sur la route pourrait avoir un accès fiable et rapide aux informations pratiques (par exemple, l'état du trafic, la gestion de la distance de sécurité entre les voitures). Les réseaux VANET reçoivent beaucoup d'attention en raison de la grande variété de services qu'ils peuvent fournir. Leur applications vont de la sécurité et la prévention des accidents jusqu'au multimédia et l'accès à internet.

Toutes ces applications exigent des concepteurs la prise en compte de l'importance des informations échangées entre les véhicules. Ainsi, il n'y a aucune garantie que les membres des réseaux VANET ne créent pas des messages arbitrairement falsifiés ou ne changent pas le contenu d'un message lié à la sécurité afin de causer un accident par exemple.

Dans le chapitre suivant, nous étudierons les analyses de canal de propagation, en présentant les phénomènes physiques qui interfèrent sur une onde de transmission, les paramètres d'un canal ainsi que les types de modèles existants.

Chapitre II

Les modèles de propagation

Introduction

Dans le domaine des réseaux sans fil, le canal caractérisant la propagation de l'onde électromagnétique dans l'espace présente une importance distinctive. Il est donc essentiel d'avoir une connaissance des mécanismes en jeu sur le canal de propagation et de ses interactions avec l'environnement pour pouvoir prédire les chances et les conditions d'établissement d'une liaison radio entre l'émetteur et le récepteur.

Ce chapitre analyse le canal de propagation, en présentant les phénomènes physiques qui interfèrent sur une onde de transmission, les paramètres d'un canal multivoie ainsi que les types de modèles existants.

I. Propagation des signaux

Dans les réseaux sans fil, le canal de propagation de l'onde électromagnétique dans l'espace présente une importance distinctive. Il est nécessaire d'avoir une connaissance des mécanismes en jeu sur le canal de propagation et de ses interactions avec l'environnement pour pouvoir prédire les chances et les conditions d'établissement d'une liaison radio entre l'émetteur et le récepteur.

I.1. Effet d'affaiblissement de propagation

Il existe plusieurs facteurs qui influencent les évanouissements tel que la vitesse qui change les caractéristiques du canal en fonction du temps et la position puisque les trajets suivis par l'onde changent au fur et à mesure et à cause de la mobilité, chaque onde multivoie subie un décalage fréquentiel. Le décalage de la fréquence du signal reçu est appelé l'effet Doppler (Doppler shift). En plus, dans un environnement minier, le signal prend plusieurs trajets à cause de différents phénomènes comme la réflexion, la diffraction et la dispersion (voir figures 7 à 10).

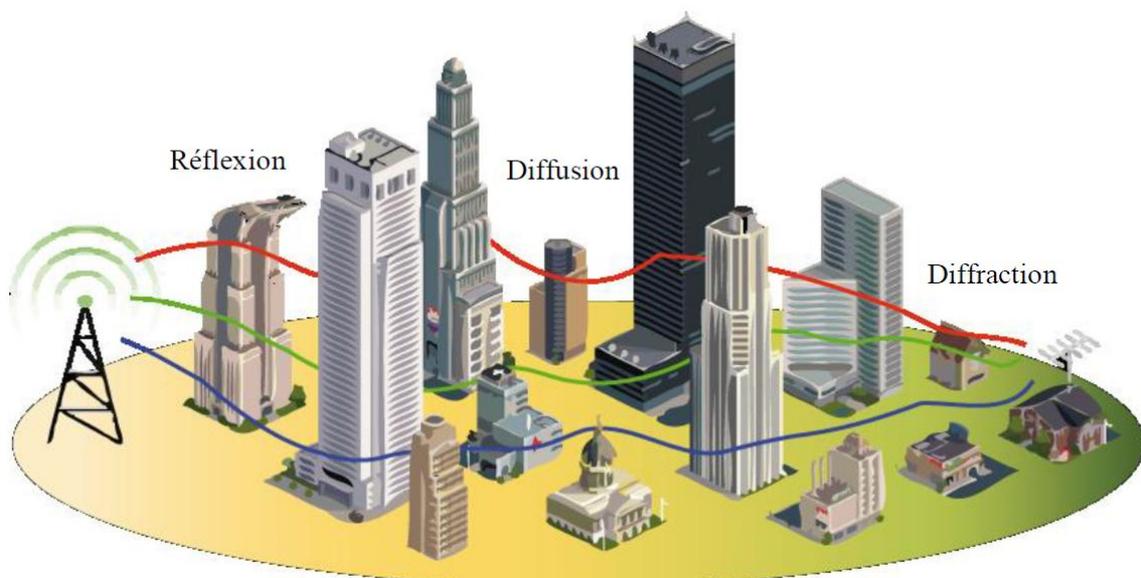


Figure 10. Principaux mécanismes de propagation [2].

- **Réflexion** : La réflexion intervient sur des obstacles de grandes dimensions par rapport à la longueur d'onde. Lorsque deux milieux différents sont séparés par une surface non rugueuse. Lorsque la surface séparant les deux milieux présente des irrégularités aléatoires non négligeables, la réflexion est dite diffuse. Le maximum d'énergie est dirigé selon le rayon réfléchi, mais une partie de l'énergie est diffusée dans des directions voisines.
- **Diffraction** : La diffraction a lieu sur les arêtes d'obstacles de grandes dimensions par rapport à la longueur d'onde. Elle explique la continuité du champ électromagnétique situé de part et d'autre de la ligne de visibilité optique. Le champ diffracté se calcule selon le principe de Huygens, qui considère chaque point du front d'onde éclairant un obstacle comme une source secondaire sphérique. Ainsi, les ondes diffractées se répartissent de façon radiale par rapport à l'arête diffractante, selon un cône dont l'angle correspond à l'angle d'incidence.
- **Diffusion** : Lorsqu'une onde électromagnétique rencontre un groupe dense d'obstacles dont les dimensions sont petites par rapport à la longueur d'onde, le phénomène observé correspond à la superposition d'un grand nombre de diffractions aléatoires. Dans ce cas, on traite le comportement de l'onde incidente de façon statistique et on parle de diffusion. Nous considérons généralement que l'onde est redirigée dans toutes les directions avec une atténuation variable. Ce phénomène, le plus souvent observé en extérieur au contact de feuillages par exemple, peut se produire en intérieur sur un ensemble d'objets domestiques de petite taille.
- **Guidage d'ondes** : En environnement intérieur, le phénomène de guidage d'ondes peut se produire entre deux cloisons, dans un couloir par exemple. Les réflexions successives sur deux obstacles parallèles provoquent un déplacement global des ondes électromagnétiques selon la direction de guidage. Ce phénomène se produit également en environnement urbain, en raison des immeubles bordant les rues étroites.

Si on analyse la puissance du signal reçu en fonction de la distance entre l'émetteur et le récepteur, on distingue trois types de variations de la puissance en réception :

- **Affaiblissement de parcours (path loss)** Dû à la distance, **Affaiblissement de parcours** (en anglais **path loss : PL**) peut se calculer de manière déterministe ou avec un modèle empirique lorsque l'environnement est compliqué. La figure 8 présente affaiblissement de signal transmis en fonction de la distance entre l'émetteur et le récepteur.

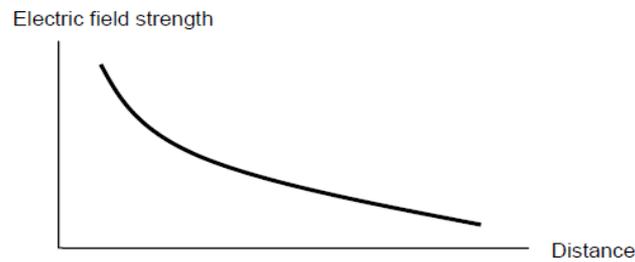


Figure 11. Path-Loss

- L'ombrages ou évanouissement lent (shadowing ou slow fading): des variations lentes dues aux atténuations successives produites par de gros obstacles locaux qui causent de la diffraction.

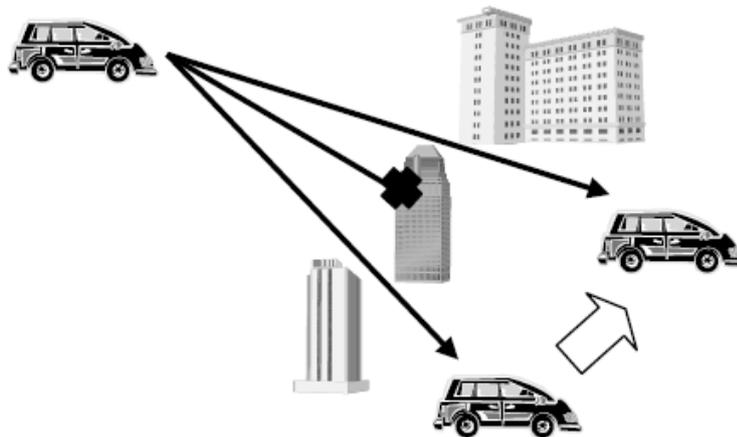


Figure 12. Shadowing

- Évanouissement rapide ou multi trajets (fast fading ou multipathfading): des variations rapides causées par les trajets dus à l'addition constructive ou destructive des signaux qui ne peut être déterministes.

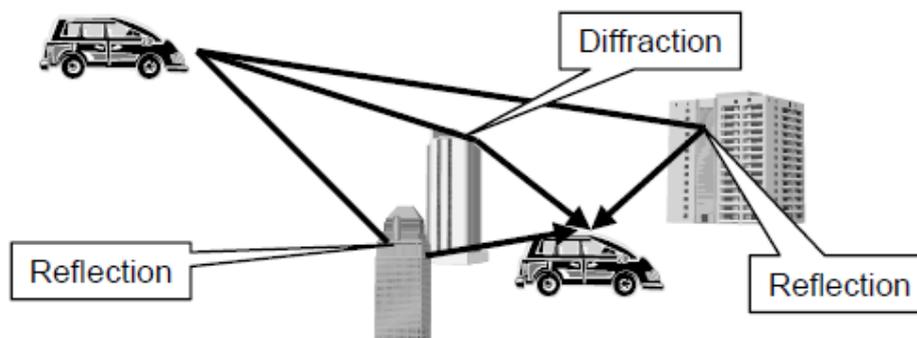


Figure 13. Multi-path fading

II. Les modèles de propagation pour les réseaux véhiculaires

Le réseau routier est diversifié où nous le trouvons dans différents et plusieurs milieux de déplacement. Ces milieux se différencient par leur localisation (urbain, suburbain, rural, montagneux) et par leurs routes (Autoroute, route départementale, route nationale, chemins communaux, etc.) en raison de leurs spécificités (vitesse, densité du trafic routier) [1].

Un système de transmission radioélectrique permet de transformer un signal électrique émis $e(t)$ en signal électrique reçu $s(t)$ par l'intermédiaire d'ondes électromagnétiques. Le canal de propagation est l'endroit qui transforme les ondes électromagnétiques lors de leur propagation.

À ce stade, il est important de différencier le canal de propagation, qui ne tient en compte que des interactions du signal émis avec l'environnement traversé et le canal de transmission, qui inclut en plus les effets induits par les antennes émettrice et réceptrice. [2]. La figure 14 schématise les deux canaux. Il existe différents modèles de propagation radio, les plus utilisés sont : le modèle Free Space qui suppose un seul chemin de propagation direct entre les nœuds communicants, le modèle Two-Ray-Ground qui ajoute au chemin direct un autre chemin réfléchi sur le sol, des modèles probabilistes : modèle Shadowing, les modèles de fading Ricean et Rayleigh qui tiennent compte de la propagation à trajets multiples et, le modèle Nakagami qui est le plus réaliste. Les objets de l'environnement, les bâtiments, les forêts,...etc provoquent des dégradations de la puissance des signaux transmis qui arrivent aux récepteurs avec une certaine atténuation.

II.1. Propagation en espace libre

Généralement, l'environnement de propagation a une influence sur l'onde électromagnétique émise. En espace libre, le système de transmission est caractérisé par l'absence d'obstacles. La densité de puissance W dans un espace libre s'exprime en fonction du gain de la distance « d » entre l'émetteur et le récepteur, le gain de l'antenne d'émission « G_e » et la puissance du signal émis « P_e ».

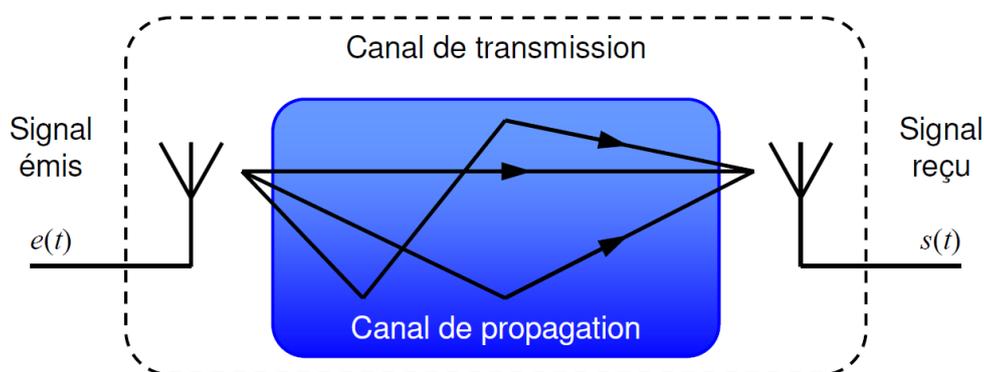


Figure 14. Schéma synoptique d'une chaîne de communication [2]

$$W = \frac{P_e G_e}{4 \pi d^2}$$

La puissance du signal disponible aux bornes d'une antenne de réception P_r est reliée à la densité de puissance « W » par la formule suivante :

$$P_r = W \frac{\lambda^2 G_r}{4 \pi}$$

Où « G_r » représente le gain de l'antenne de réception et « λ » représente la longueur d'onde à la fréquence de travail. On peut calculer l'atténuation du signal (en mW) en espace libre en utilisant les deux formules précédentes comme suit:

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left(\frac{c}{4 \pi f d} \right)^2$$

où « c » : la vitesse de la lumière.

Il convient de noter que la formule ci-dessus n'est pas valable que lorsque l'antenne de réception est considérée dans le champ lointain de l'antenne d'émission.

Cette condition est vérifiée lorsque la distance (d) entre les antennes est supérieure à la distance de Fraunhofer (d_f) qui est reliée à la plus large dimension (D) de l'antenne d'émission:

où D est la dimension de l'antenne d'émission.

$$d_f = 2 \frac{D^2}{\lambda}$$

L'affaiblissement en espace libre (dBm) est donné par la relation suivante :

$$P_L = 10 \log_{10} \left(\frac{P_t}{P_r} \right) = -10 \log_{10} \left[G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4 \pi d} \right)^2 \right]$$

II.2. Propagation par trajets multiples

Lors de la propagation multi-trajets, deux situations de propagation sont généralement distinguées [9]. La première est désignée par le terme **NLOS** (**Non Line Of Sight**) où il n'y a pas de visibilité directe entre l'émetteur et le récepteur. Dans ce cas, la densité de probabilité de l'amplitude d'évanouissement du signal total reçu la suit la loi de Rayleigh. Alors que, la deuxième situation aura lieu lorsqu'il existe un trajet direct prépondérant (**Line Of Sight, LOS**) (Figure 12) et par conséquent l'amplitude d'évanouissement est caractérisée par la distribution de Rice.

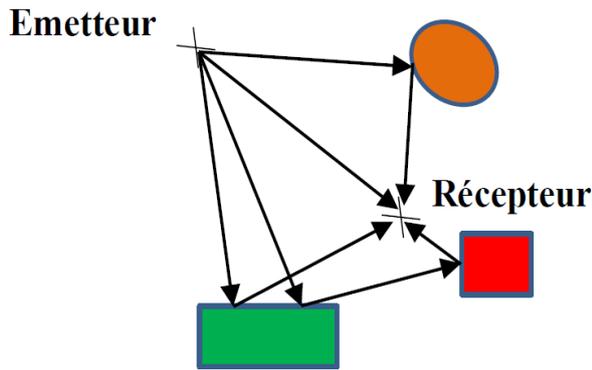


Figure 16.a LOS

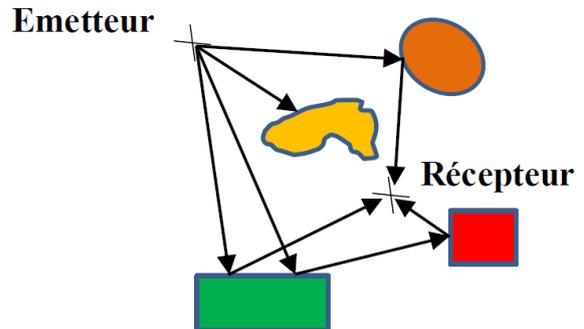


Figure 15.b NLOS

Figure 17. Propagation multi-trajets LOS / NLOS

Selon la nature des objets rencontrés durant le parcours des trajets multiples, divers phénomènes électromagnétiques sont dégagés tels que : la réflexion, la diffraction et la diffusion sur des obstacles [9].

II.3. Le modèle de propagation Rice :

Dans d'autres situations, un canal de propagation est caractérisé par plusieurs trajets indirects et un trajet direct (LOS), [9]. De ce fait, la densité de probabilité de l'enveloppe du signal complexe reçu obéit à la distribution de Rice définie telle que:

Où r_d est l'amplitude du trajet direct et I_0 représente la fonction de Bessel modifiée de première espèce et d'ordre zéro.

$$p(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2 + r_d^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{rr_d}{\sigma^2}\right), r \text{ et } r_d \geq 0$$

II.4. Le modèle de propagation probabiliste Nakagami-m

Dans la plupart des cas, les distributions de Rayleigh et de Rice sont suffisantes pour caractériser la distribution des évanouissements des signaux reçus dans un canal radio mobile. Cependant, certains canaux ne sont pas caractérisés ni Rayleigh ni Rice. Par exemple, si le canal est caractérisé par deux trajets de puissances comparables et plus fortes que les autres, l'expression statistique du signal reçu ne peut plus être approximé par la distribution de Rice.

Une distribution alternative pour modéliser ce cas de figure est proposée par M.Nakagami [9]. Cette distribution est désignée par le terme « distribution de Nakagami-m » (m : coefficient de la puissance moyenne du signal) : dont la densité de probabilité est donnée par:

$$p(r) = \frac{2}{\Gamma(m)} \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m r^{2m-1} \exp\left(-\frac{m}{\Omega} r^2\right), r \geq 0 \text{ et } m \geq 0.5$$

- $\Gamma(\cdot)$ est la fonction gamma , $\Omega = E\{r^2\}$ est la valeur quadratique moyenne et $m = \frac{E^2\{r^2\}}{\text{Var}\{r^2\}}$ est le paramètre d'évanouissement.

La distribution de Nakagami-m couvre plusieurs types d'évanouissements. Si $m=1$, cette distribution devient de type Rayleigh à condition que $\Omega = 2 \sigma^2$.

Comme nous avons vu précédemment, l'environnement de propagation est soumis à divers phénomènes électromagnétiques causés par les différents obstacles rencontrés lors de la propagation de l'onde émise. Pour cela, les trajets multiples engendrés par ces phénomènes arrivent dépolarisés au niveau de l'antenne réceptrice et avec différents angles d'arrivée. Ce qui affecte les performances du récepteur. De ce fait, Il convient d'étudier la distribution spéciale de ces trajets afin d'évaluer ces performances de manière efficace.

II.5. Le Modèle Two-Ray :

Un modèle à grande échelle où le signal reçu est la somme du signal LOS et celui réfléchi par le sol. Ce modèle est plus précis que le modèle d'espace libre la prédiction de la puissance du signal reçu pour les grandes distances. La puissance reçue est donnée par :

$$P_r(d) = P_t G_t G_r \frac{h_t^2 h_r^2}{d^4}$$

Où h_t, h_r sont des antennes émettrices et réceptrices hauteurs.

II.6. Le Modèle Shadowing :

Le modèle d'ombre est constitué de deux parties. La première le composant est une partie de la perte de voie qui est utilisée pour prédire la puissance reçue à la distance d à partir d'une puissance de référence connue à la distance faire. La deuxième partie est l'observation log-normale qui reflète les variations de la puissance reçue à certains la distance d de l'émetteur. Il est une distribution log-normale ou distribution gaussienne si elle est mesurée en dB. Donc, le modèle global d'observation est représenté comme suit:

$$\frac{\overline{P_r(d_o)}}{P_r(d)} = \left(\frac{d}{d_o}\right)^n + X_\sigma,$$

Où n est l'exposant de perte de trajet, $X_\sigma \sim N(0, \sigma_{dB})$ et σ_{dB} a une valeur entre 4 et 12 dB environnement extérieur.

III. Comparaison entre modèles de propagation radio

Dans cette partie, nous présentons en bref la différence entre les modèles de propagation existants (déterministes et probabilistes)

- Le modèle Espace libre : La puissance reçue dépend seulement de la puissance transmise, les gains d'antenne et de la distance entre l'expéditeur et le récepteur. Des obstacles ne sont pas modélisés.
- Le modèle Two-Ray Ground : dans ce modèle, l'énergie reçue est la somme de la ligne directe de chemin de vue et le chemin réfléchi par le sol. Elle ne prend pas compte les obstacles. l'expéditeur et le récepteur doivent être sur le même niveau.
- Le modèle Rayleigh fading et Rice: Les deux modèles décrivent le temps de corrélation de la puissance du signal reçu. Le modèle de Rice estime les chemins indirects entre l'émetteur et le récepteur, tandis que le modèle Rayleigh fading considère qu'il y a un chemin dominant et plusieurs signaux indirects.
- Le modèle Shadowing: Une variable aléatoire est ajoutée à la perte de trajet pour tenir compte des influences de l'environnement.
- Le modèle Nakagami: La puissance de signal reçu est déterminée par une distribution de probabilité dépend de la distance. Les paramètres de configuration sont utilisés pour simuler les différents niveaux d'affaiblissement. Il peut être interprété comme une généralisation de la distribution de Rayleigh.

IV. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons également présenté la propagation radio dans les réseaux véhiculaires citant les phénomènes physiques, les effets d'affaiblissement et les modèles existants.

Le réseau VANET est une sous classe de réseau MANET où il est caractérisé par une forte mobilité des nœuds. Ce type de réseau permet la communication entre les véhicules ainsi qu'avec les infrastructures de télécommunication. Les réseaux VANET reçoivent beaucoup d'attention en raison de la grande variété de services qu'ils peuvent fournir. Leur applications vont de le télépéage, la sécurité et la prévention des accidents jusqu'au multimédia et l'accès à internet.

L'existence des effets environnementaux d'affaiblissement de signaux transmis peuvent perturber les liens de communications où l'échange des messages ne sera plus assuré. Le développement des nouvelles technologies de communications et l'avancement des applications des STI ont favorisé un excellent stade pour l'évolution des réseaux véhiculaires.

Chapitre III

Implémentation et Conception

I. Introduction

L'objectif consiste à développer une application pour simuler l'échange des messages périodiques entre les véhicules prenant en compte quelques modèles de propagation.

Nous considérons un environnement urbain avec des voies horizontales ou verticales dont les tronçons sont orientés exclusivement nord-sud et est-ouest. Les voies se croisent aux intersections (deux types d'aiguillages seront étudiés). Une voie est composée de x tronçons (road_size) et un tronçon peut être mono directionnelle et/ou bidirectionnelle. Les feux sont verts et le passage d'un tronçon à un autre se fait en respectant les règles de fonctionnement adopté.

Ce chapitre saisit la description de notre application et les résultats obtenus.

II. Présentation des quelques simulateurs existants

Il existe plusieurs outils de simulation, citons à titre d'exemple: J-SIM (java simulator), NS2 (Network simulator2), GloMoSim (Global Mobile Simulator). Pour faciliter le choix d'un simulateur, des aspects peuvent être considérés tels que :

- a) Fiabilité du simulateur et des protocoles simulés : la fiabilité des protocoles inclus dans le simulateur est primordiale pour rendre la mesure de performances d'un protocole la plus fidèle à la réalité.
- b) Facilité d'extension : la facilité d'ajout de nouveau modèle au simulateur est primordiale pour en évaluer les performances.
- c) Mesure de performance : certains simulateurs incluent la génération automatique de statistiques en fonction de différentes métriques.
- d) Type de réseaux Architecture (filaires ou Ad-hoc) ou ses applications.
- e) Licence de distribution : définit les droits d'utilisation du logiciel, les droits de diffusion et les droits de modifications.

- **Le simulateur J-SIM**

J-Sim est un logiciel utilisé pour simuler le comportement des processus pseudo parallèles. Dans J-Sim c'est à l'utilisateur (programmeur) de créer la simulation. Le simulateur est programmé en Java. Pour modifier le comportement du simulateur, il est nécessaire de compléter ou de modifier ses fichiers sources. J-Sim repose sur une structure Expérimentations et résultats logicielle basée sur des composants, appelée « Autonomous Component Architecture » (ACA). Le code source est organisé en paquetages relatifs à un type de composants. Un composant est une entité indépendante représentant un objet physique (une batterie, un module radio, une couche logicielle, etc.) ou logique (un protocole de routage, un modèle de mobilité, etc.). Ces composants seront ensuite connectés à l'aide de ports afin de générer un réseau simulé. La simulation du fonctionnement d'un réseau de

capteurs, qui exige la définition des composants et leur mise en relation, est réalisée grâce à un langage spécifique, TCL (81). Il s'agit d'un langage de script dans lequel on spécifie l'architecture du réseau ainsi que les paramètres de simulation et d'analyse. Les commandes de script peuvent également être fournies en ligne de commande, instruction par instruction.

A l'aide de TCL, on définit les composants puis on les connecte. Tous les composants sont hébergés dans un conteneur, qui est à son tour un composant. La définition des composants est en fait la création des objets. Cette création est réalisée par la commande TCL `mkdir`. Chaque composant est d'une entité indépendante (la couche MAC par exemple) qui fonctionne indépendamment des autres entités. Les composants possèdent des ports par défaut pour qu'ils puissent communiquer entre eux. D'autres ports peuvent être créés pour un composant. Une connexion entre deux composants est réalisée par l'intermédiaire de deux ports dédiés, un dans chaque composant (voir la Figure V.1). Cette connexion est matérialisée par la commande TCL `connect`. Il suffit de suivre un schéma qui indique l'interconnexion entre les différents types de composants que l'on veut utiliser. On obtient ainsi l'architecture du noeud. Toujours dans ce script TCL, on y définit les paramètres globaux (par exemple la taille du champ de simulation), les outils de visualisation des résultats et l'ordonnement de la simulation.

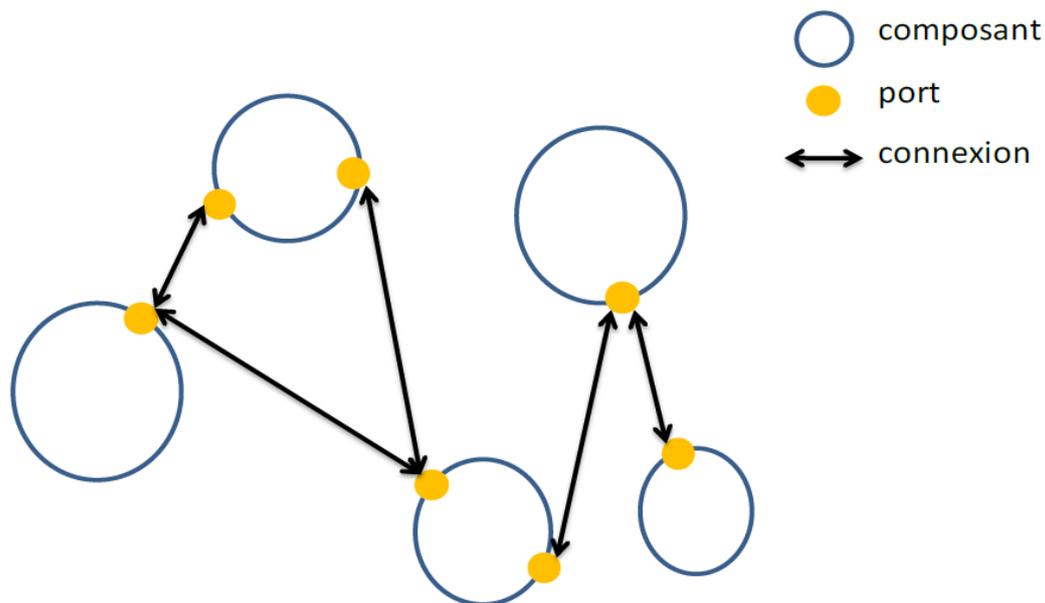


Figure 18 Connexions entre composants dans J-Sim

Bien que J-Sim soit écrit en Java, les scénarios de simulation ne sont pas décrits en Java (car ce processus serait trop complexe). La combinaison des langages Java et TCL ne facilite pas cette tâche. Pour développer un grand projet, il peut devenir encombrant d'employer des commandes TCL/Java parce que les références des objets Java doivent être stockées dans des variables TCL afin d'y accéder. Pour simplifier la syntaxe des simulations il existe un système appelé RUnTime Virtual (RUV). Ce système s'appuie sur la similitude entre les systèmes composants et les systèmes de fichiers d'UNIX.

Comme la plupart des simulateurs de réseau, J-Sim possède un modèle propre de transmission. L'utilisateur peut à tout moment implémenter son propre modèle ou modifier celui de J-Sim. Dans J-Sim, le champ de simulation est divisé en plusieurs sous-champs à deux dimensions. Chaque sous-champ est un rectangle de taille $dx*dy$. Un noeud définit sa portée de transmission comme suit : il peut communiquer seulement avec les noeuds appartenant à son sous-champ et avec ceux dans les huit sous-champs voisins grisés.

- **Simulateurs de mobilité**

Street Random Waypoint est un modèle de mobilité développé pour le simulateur des réseaux sans fil SWANS (Scalable Wireless Ad hoc Network Simulator) Le modèle utilise une topologie routière extraite de la base de données TIGER/Lines à laquelle il ajoute des intersections.

- **VanetMobiSim14**

Est une extension du modèle CanuMobiSim développé dans l'objectif de fournir un haut degré de réalisme dans la simulation spécifique de la mobilité des véhicules en tenant compte à la fois des deux aspects macroscopique et microscopique de la mobilité.

- **MMTS** : Multi-agent Microscopic Traffic Simulator est un simulateur de trafic multi-agent développé à l'ETH Zurich pour la simulation du trafic public et privé dans toute la Suisse. Il simule le comportement d'un grand nombre de véhicules, chacun modélisé par un agent intelligent autonome.
- **UDEL** : est un ensemble d'outils pour la simulation des réseaux maillés et des réseaux véhiculaires qui implante plusieurs modèles de propagation et un modèle de mobilité qui appartient à la catégorie des modèles développés à partir d'enquêtes de déplacement. Générateurs de trafic
- **CORSIM** : Corridor Simulation est un simulateur très largement utilisé dans les STI. C'est un logiciel commercial puissant pour la simulation de trafic développé par le département américain des transports et l'US FHWA (Federal Highway Administration). CORSIM est un modèle de simulation microscopique conçu pour simuler la mobilité dans les autoroutes et les routes urbaines.
- **VisSim15** : est également un simulateur de mobilité microscopique commercial, développé par PTV AG (Planung Transport Verkehr) en Allemagne. Il offre une grande variété d'applications en milieu urbain et autoroutier et permet aux utilisateurs de simuler des scénarios de trafic importants et complexes qui intègrent aussi bien le transport public que privé.

- **PARAMICS** : Développé et commercialisé par Quadstone Limited , une société britannique, 1PARAMICS [23] est une suite de modules de simulation de trafic microscopique dont un modeleur, un estimateur, un processeur, un analyseur, un programmeur et un moniteur.
- **SUMO/MOVE** : Le logiciel ouvert SUMO (Simulation of Urban MObility). est le simulateur de trafic gratuit le plus communément utilisé dans les récents travaux de recherche sur les réseaux véhiculaires. C'est un simulateur hautement portable capable de fournir des schémas de mobilité précis [14][19]
- **CARISMA** : est un autre simulateur de trafic gratuit et réaliste développé par BMW. La topologie de route considérée est importée du standard ESRI à laquelle sont ajoutés des panneaux Stop aux intersections. CARISMA détermine les points origine-destination de manière aléatoire et en temps réel dans le sens où il intègre l'effet des événements externes. 6. Vue d'ensemble les simulateurs de VANET Un simulateur de réseaux VANET doit intégrer à la fois les couches protocolaires et les modèles de mobilité et de propagation radio. Deux catégories de simulateurs peuvent être distinguées selon l'approche utilisée pour leur conception La première catégorie est celles des nouveaux simulateurs conçus spécifiquement pour les réseaux véhiculaires intégrant la simulation des couches protocolaires et les modèles de comportement. Ces simulateurs se concentrent en général sur la modélisation de la mobilité et s'appuient sur des modèles simplistes et incomplets des couches protocolaires et de la propagation radio. La plupart des simulateurs appartiennent à la seconde catégorie. Leur idée de base consiste à intégrer à des simulateurs réseaux existants et bien établis, tel que ns-2 et OMNET, des modèles de mobilité et de propagation radio définis pour les environnements véhiculaires.

Le simulateur utilise le modèle de mobilité pour la modélisation des mouvements des véhicules.

- **TraNS (Tra c et Simulation Environment Network)**

Il est quasiment le premier simulateur des VANET. C'est le premier travail qui combine un simulateur réseau, ns-2, avec un simulateur de mobilité des véhicules, SUMO. TraNs peut fonctionner selon les deux modes, centré-réseau et centré-applications. En mode centré-réseau, il n'y a pas de commentaires fournis par ns-2 à SUMO, des traces de mobilité pré-calculées sont extraites de SUMO et transmises à ns-2. Dans le mode centré-applications, la rétroaction entre ns-2 et SUMO est assurée par une interface appelée TraCI. Dans ce mode, les deux simulateurs (SUMO et ns-2) fonctionnent simultanément. TraCI réalise le lien entre ns-2 et SUMO en convertissant les commandes en provenance de ns-2 en des primitives de mobilité telles que l'arrêt, le changement de voies, le changement de vitesse qui sont envoyées à SUMO. Cependant, l'inconvénient de TraNs est que SUMO est incapable de modifier les trajectoires des voitures lorsque des obstacles imprévus apparaissent dans l'environnement tel qu'un accident de circulation par exemple. De plus, en se basant sur ns-2, TraNs utilise des modèles de propagation radio irréalistes qui ne sont pas spécifiques aux réseaux véhiculaires

- NS3

Network Simulator est un simulateur à événements discrets orienté objet, écrit en C++ avec une interface qui utilise le langage OTcl (Object Tool Command Langage). A travers ces deux langages il est possible de modéliser tout type de réseau et de décrire les conditions de simulation : La topologie réseau, le type du trafic qui circule, les protocoles utilisés, les communications qui ont lieu...etc. Le langage C++ sert à décrire le fonctionnement interne des composants de la simulation. Pour reprendre la terminologie objet, il sert à définir les classes. Quant au langage OTcl, il fournit un moyen flexible et puissant de contrôle de la simulation comme le déclenchement d'événements, la configuration du réseau, la collecte de statistiques, etc. Veines (Vehicles in Network Simulator) est une open source Inter-Véhicules communication (IVC) simulation framework composé d'un simulateur de réseau basé sur les événements et un modèle de micro-traffic de la route. [17]

Les difficultés d'utilisation de simulateur open-source ou commercialisé

- Difficultés de configuration et l'installation
- Certains simulateurs sont payants
- La configuration de quelques simulateurs open source se faite juste sous UNIX
- L'absence d'interface graphique qui oblige l'utilisateur à utiliser les commandes.

Conception

La figure suivante présente le diagramme de classe de notre application avec ces principales variables et méthodes

- Objectif de l'application
- Diagramme de classe
- Description de variables de simulation (entrées/sorties)
- Description des méthodes (procédures)

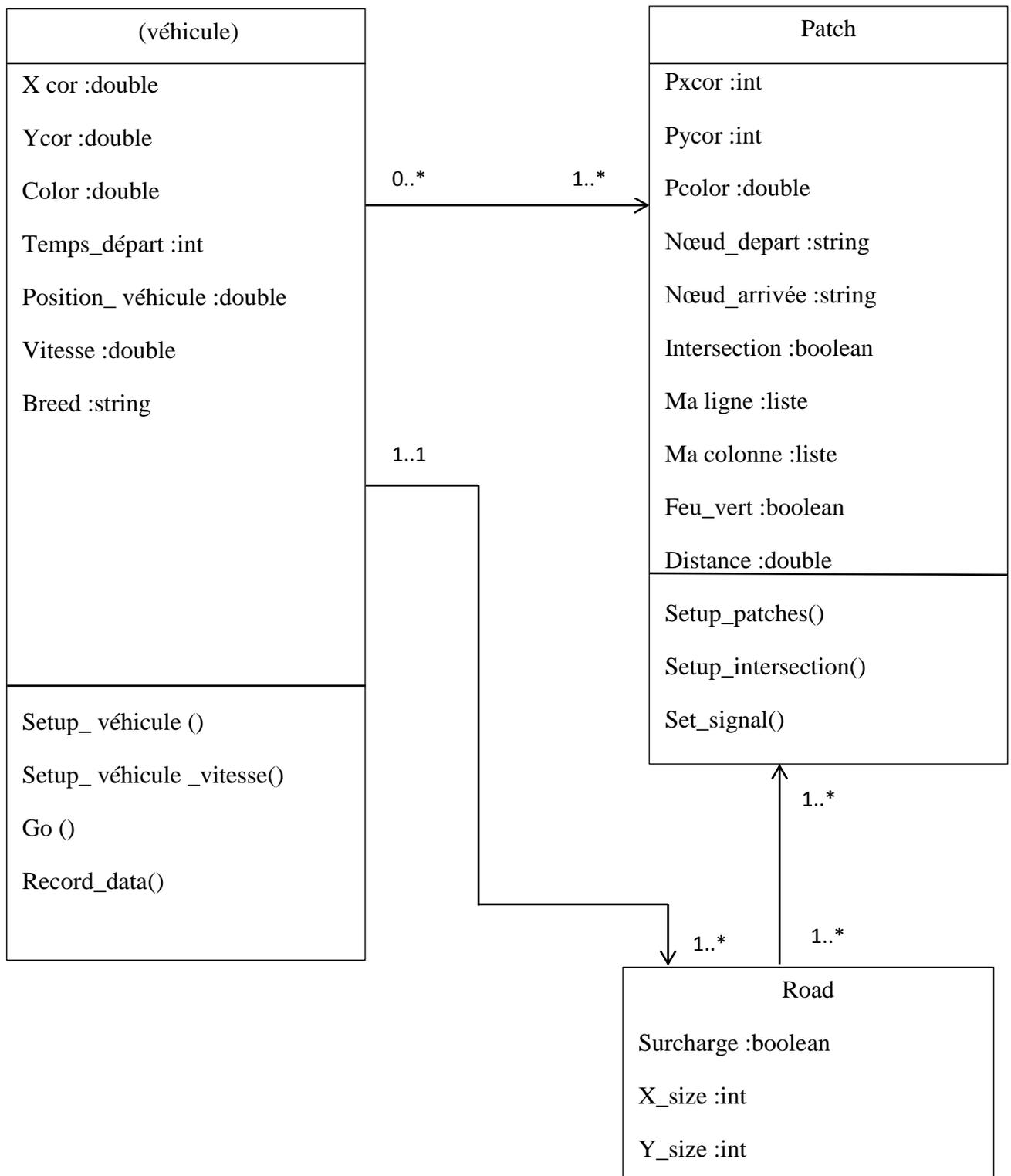


Figure 19 Diagramme de classe correspondant au problème étudié

III. L'environnement Netbeans/Java

Nous allons utiliser ce logiciel pour la programmation et le développement de notre application en Java pour faire des simulations souhaités. C'est un outil de développement puissant, qui se distingue par sa facilité d'utilisation due à son ergonomie qui utilise toutes les technologies possibles d'aide au développement. NetBeans est un environnement complet incluant toutes les fonctionnalités de développement et toutes les technologies liées à Java permettant un développement rapide et visuel des applications java.

IV. Description de notre application

III.1. Interface utilisateur

Vu que plusieurs simulateurs tel que JSim-1.3 ne possède pas une interface graphique nous l'avons-nous même implémenté pour simplifier la tâche de simulation à l'utilisateur.

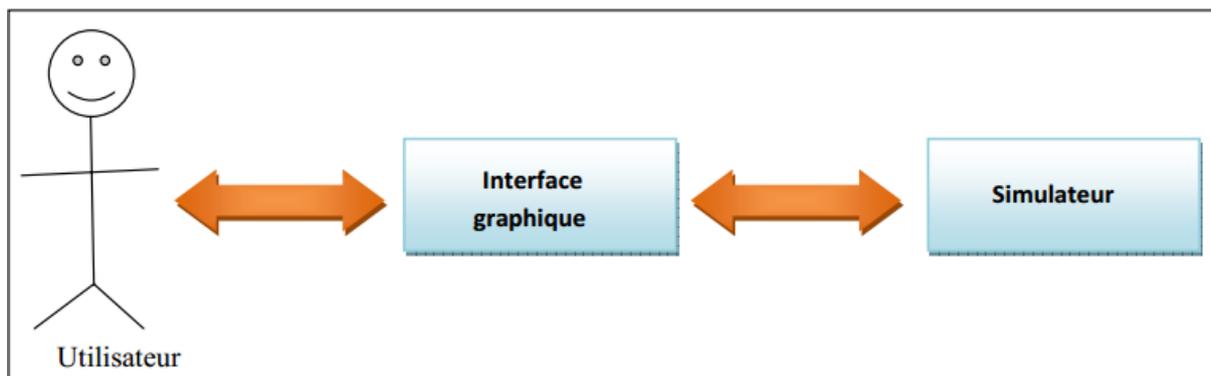


Figure 20 Communication utilisateur-simulateur

Lorsqu'un utilisateur veut lancer une simulation il doit modifier manuellement le fichier script « .tcl » et ceci est un inconvénient surtout quand le nombre de noeuds devient important.

Avantages de cette interface :

- Automatiser la construction des scripts.
- Possibilité de voir le déplacement des noeuds graphiquement.
- Permet de consulter les résultats de simulation.
- Souplesse, rapidité.
- Initialement l'utilisateur peut accéder directement au logiciel par un simple clic sur le fichier nommé « MDRV.java ».

III.2. Les principaux objets dans notre application

- **véhicule**

Chaque véhicule suit une trajectoire aléatoire de sa création à son arrivée, il dispose d'un ensemble d'attributs qui lui identifie (vitesse, temps départ, temps d'arrivée, nœud de départ, nœud d'arrivée.)

- **Tronçon**

Un tronçon est une portion homogène d'un réseau routier, dans laquelle une circulation ne peut que circuler d'une des extrémités à son autre extrémité opposé. Elle peut être soit monodirectionnelle, soit bidirectionnelle (aller/retour).

- **Nœud**

Un nœud est une composante macroscopique du réseau routier permettant la jonction de deux ou plusieurs tronçons. Éventuellement, il représente la terminaison d'un tronçon. Les nœuds centraux représentent les gares principales. Il doit être franchissable pour qu'un véhicule puisse passer.

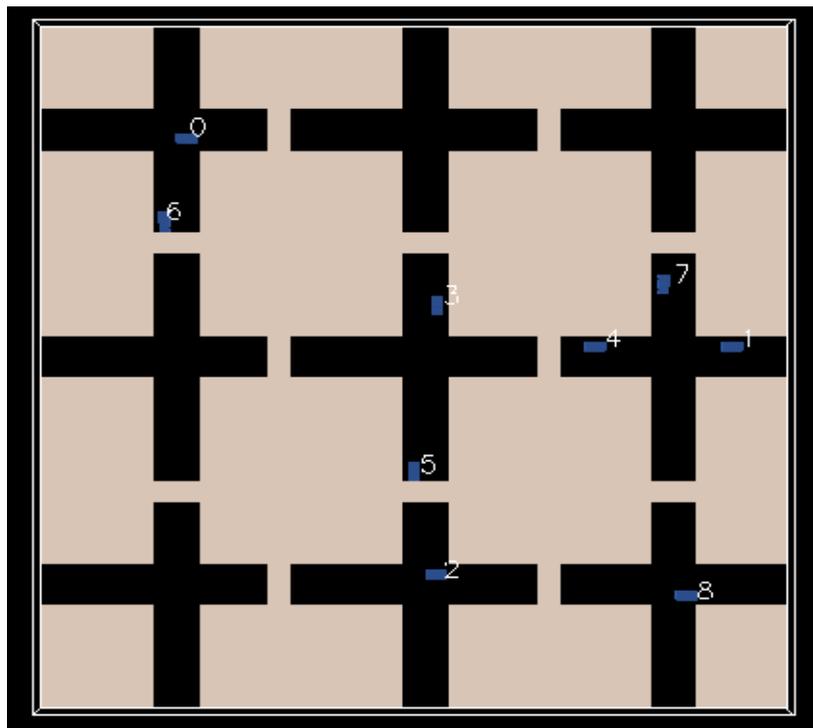


Figure 21 Layout de simulation

- **Aiguillage**

Une voie ferrée est un chemin de roulement pour les circulations routières, constitué d'une ou plusieurs files de rails. Dans notre approche, nous sommes intéressés par le branchement double où on peut distinguer deux types d'aiguillages (voir figure 19)

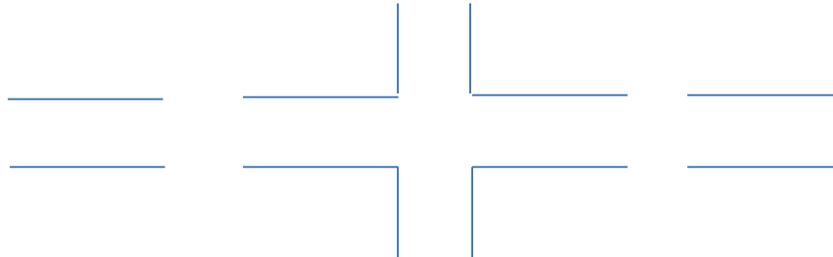


Figure 22 Branchement double

III.3. Description des fenêtres principales

La fenêtre principale de notre application est illustrée dans la figure suivant :

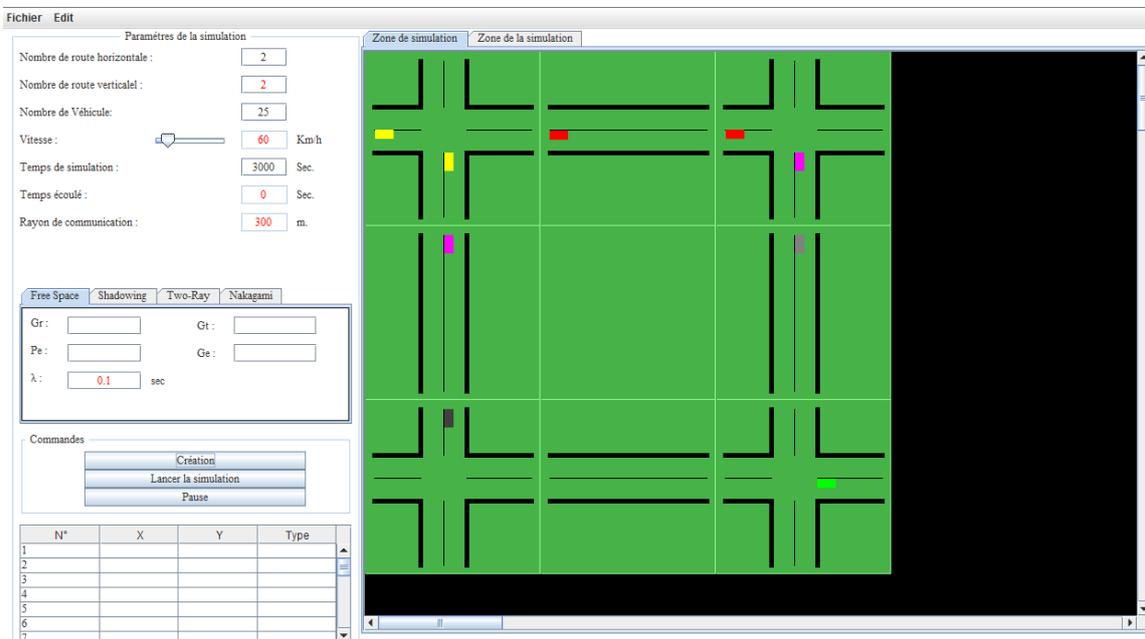


Figure 23 Fenêtre principale

La table de distance présente les distances en temps réel entre chaque pair de véhicules. La figure suivante visualise la fenêtre qui l'illustre dans le figure 22.

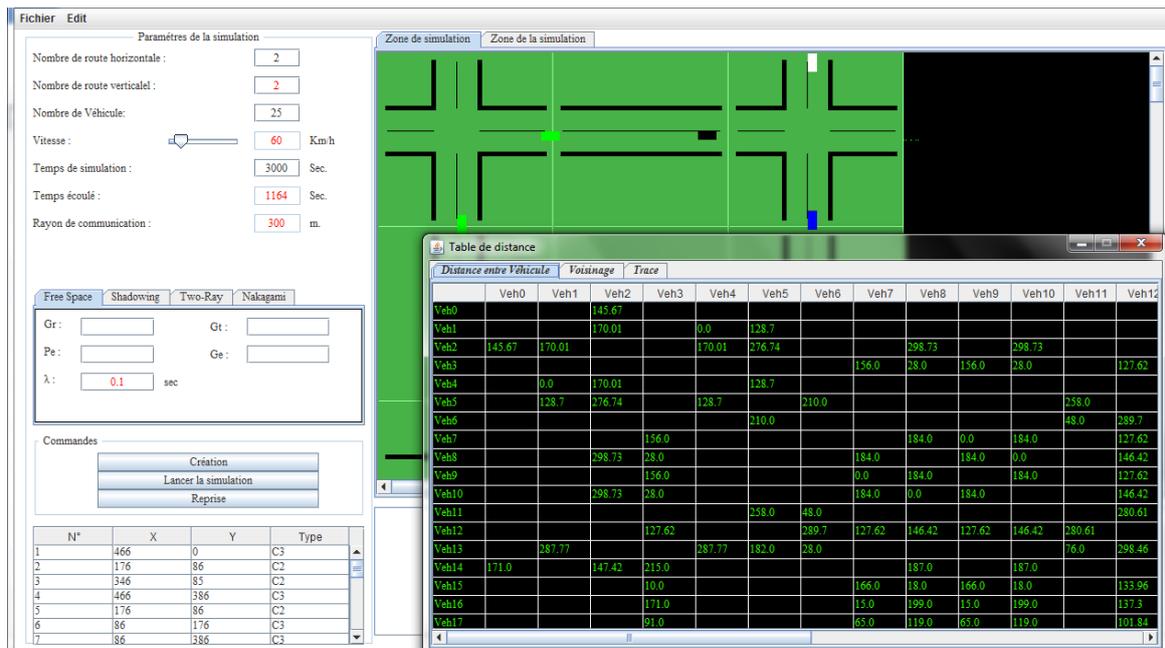


Figure 24 Volet de distance entre véhicules

Volet « voisinage » présente le nombre de voisin et la liste de voisinage pour chaque véhicule. Ces informations seront organisées en cette forme de tableau tel qu'elles sont présentées dans la figure 23.

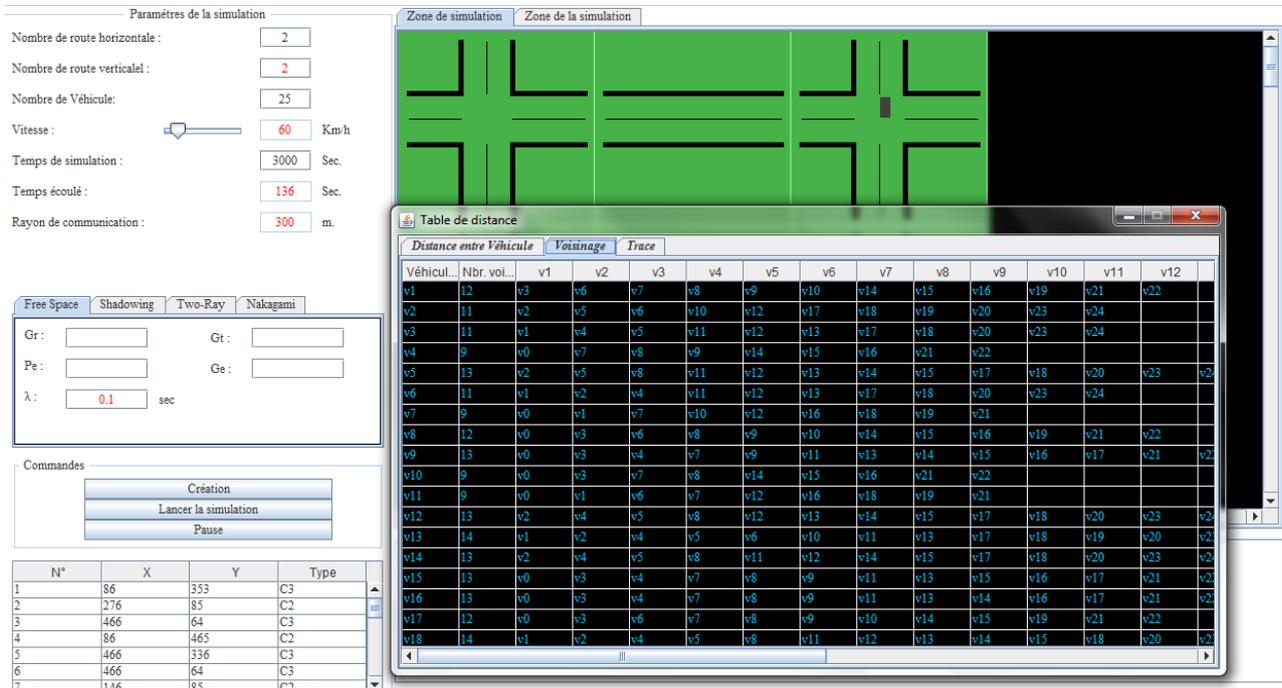


Figure 25 Volet de voisinage

Comme il a été présenté dans la figure suivante, la trace de simulation est un regroupement des lignes où chaque ligne a la structure suivante :

« **Identifiant de véhicule** » est sur la voie « **Numéro de voie** » nombre de voisin : « **nombre de voisin** » Nombre de paquets perdu : « **nombre de paquets perdu** » nombre de paquets émis « **nombre de paquets émis** ».

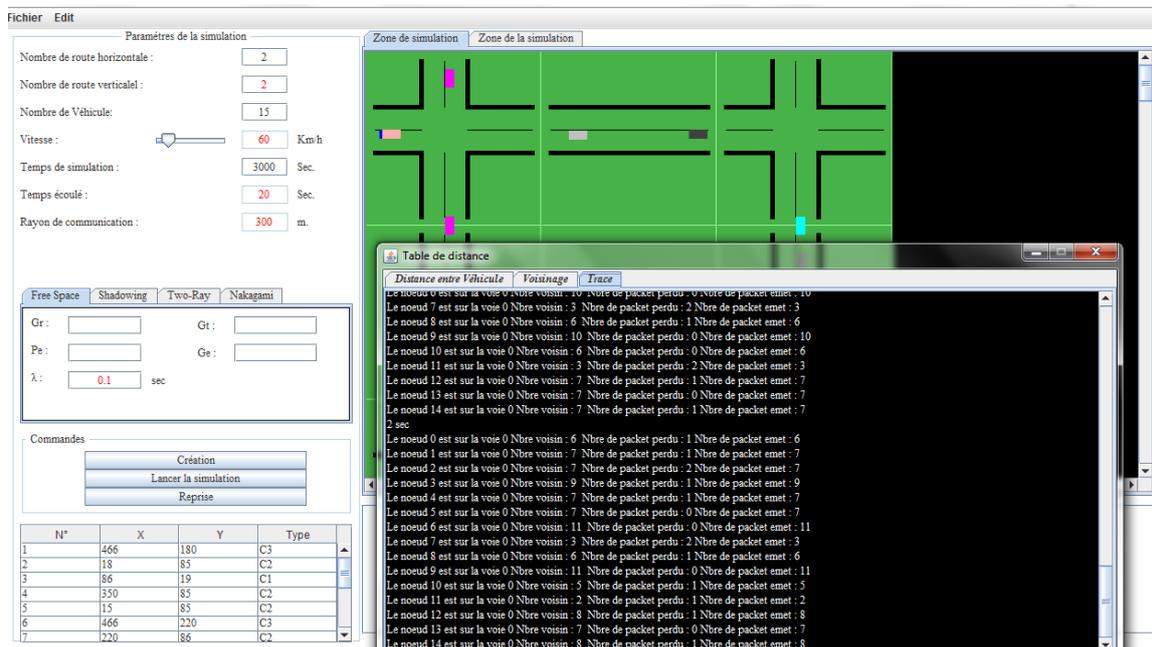


Figure 26 Fichier trace

Les différents composants de l'interface principale sont utilisé pour l'initiation de paramètres de simulations (nombre de véhicules , vitesse...etc) les boutons de lancement de simulation et de calcul (figure 24) et la visualisation des informations sur la simulation en cours. Il aura aussi la possibilité de d'enregistrer la trace de simulation sous format de fichier texte « .txt » (voir l figure 25).

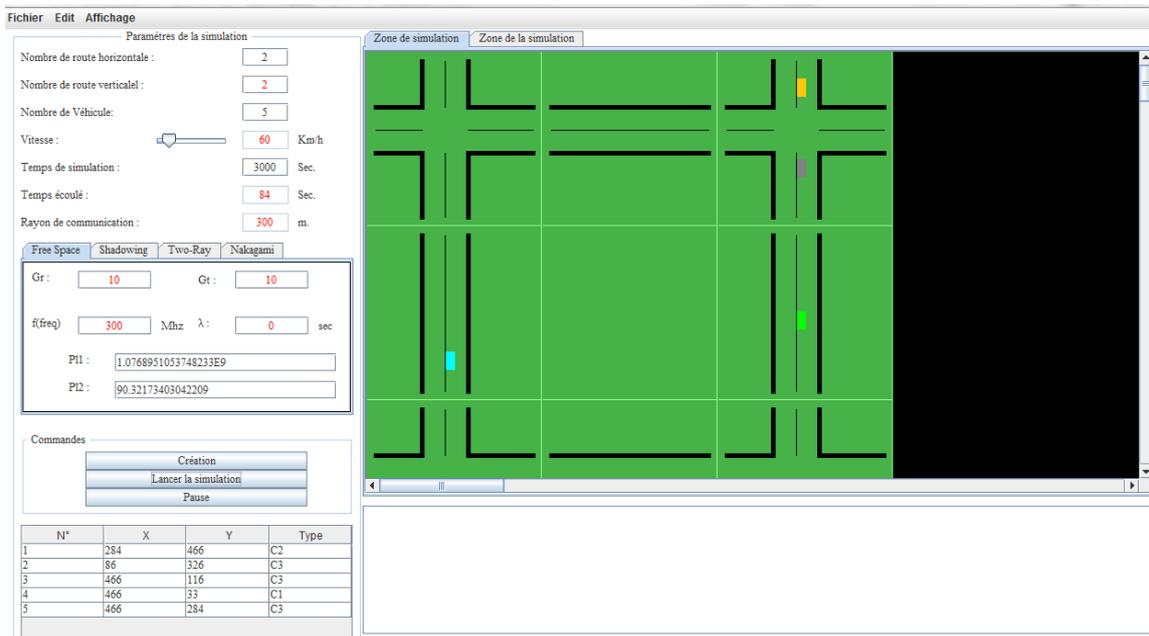


Figure 27 Calcul de L'affaiblissement en espace libre (dBm, mWatt)

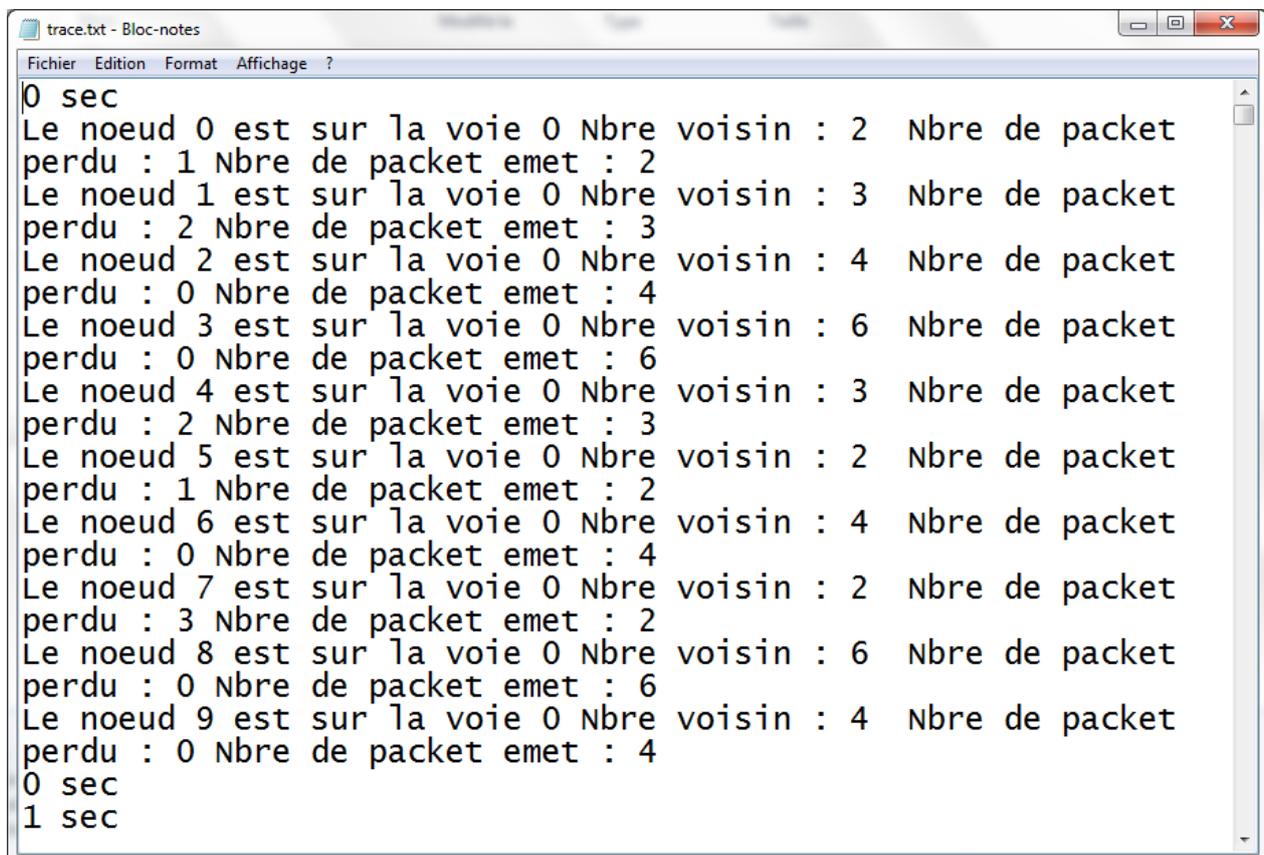


Figure 28 L'enregistrement de fichier trace.txt

IV. Evaluation des performances

IV.1. Environnement de simulation

Nos différentes expérimentations ont été réalisées à l'aide de notre simulateur quand a créé sous le système d'exploitation Windows 7. Le matériel utilisé pour les différentes simulations est un PC portable Intel i7 avec une vitesse de fréquence de 2.3 GHZ et 8GO de RAM.

IV.2. Paramètres de simulation

Notre travail est fondé sur une topologie VANET pour la simulation des différentes modèles de propagation dans ce réseau avec des véhicules qui sont entrain de circuler sur la route avec une vitesse fixe ou variante selon notre choix.

Dans le but de tester de différentes métriques de performance entre les véhicules sur chaque modèle de propagation (qui seront expliqués dans ce qui suit), nous avons donné la même vitesse à tous les véhicules et la vitesse est modifiable à chaque scénarios pour l'évaluation.

La vitesse des véhicule est déterminé selon cette formule : $Vitesse = \frac{\text{La distance}}{\text{Le temps}}$

Le reste des paramètres de simulation est illustré sur le tableau 1 suivant :

Tableau 1 Les paramètres de simulation.

Paramètres	Valeur
Porté radio	300 m
Environnement	Urbain
Temps de simulation	30 s
Nombre des nœuds	nombre des véhicules voie direct + nombre des véhicules voie inverse
le gain de l'antenne d'émission « Ge »	variable
la puissance du signal émis « Pe ».	variable
L'affaiblissement en espace libre	A calculer
« Gr » représente le gain de l'antenne de réception	variable
« λ » représente la longueur d'onde	variable
paramètre d'évanouissement m	m =1 ou m=3

IV.3. Les métriques de performance

Les performances des modèles de propagation étudiée sont évaluées selon les métriques suivantes :

➤ **Le nombre des paquets :**

Nous avons analysé le nombre des paquets par rapport la vitesse afin de démontrer la performance de chaque modèle.

Ce paramètre nous informe sur la quantité de paquets générés par chaque modèle par rapport la vitesse, nous varions la vitesse et nous comparons le nombre de paquets à chaque scénario.

➤ **La congestion / Evaluation du surcoût :**

Dans cette section nous étudions le nombre des paquets perdus dans le réseau en fonction de temps avec une variation de vitesse et une variation de distance entre les véhicules.

Dans ce qui suit, nous allons présenter nos différents résultats de performance obtenus à l'aide de notre application.

➤ **En fonction de la distance entre les véhicules :**

Nous avons réalisé comparaison par calculé les nombres des paquets perdus entre avec une variation de la distance entre deux véhicules, La courbe de paquets perdus dans un environnement urbain est représentée dans la figure 27

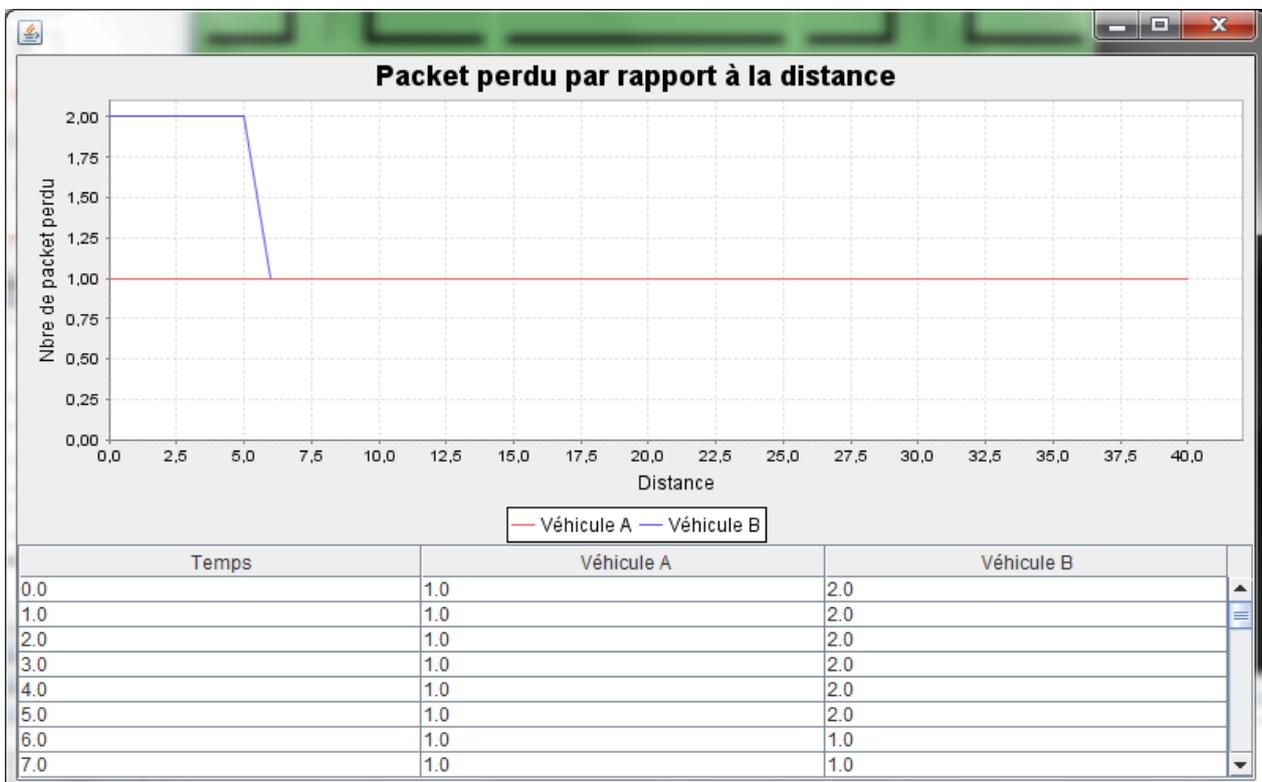


Figure 29 paquets perdus (variation distance entre les véhicules)

Nous remarquons que à chaque fois la distance entre chaque deux véhicule augmente les nombre des paquets perdus augmente et nous observons son degré le plus élevé a $D > 300$ m.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les environnements matériels et logiciels dans notre projet, ensuite nous avons détaillé les métriques de performance que nous a permis d'évaluons notre simulation, puis nous avons décrit le déroulement de la simulation et les interfaces de notre application et Enfin à travers multiples simulation qui nous a permis, d'apporter des réflexions suivantes qui nous semblent intéressantes :

- a. Nous en déduisons que le nombre des paquets diminue en fonction de la distance entre les nœuds, quand la distance augmente le nombre de paquets reçus diminue.
- b. Nous remarquons que le nombre des paquets perdu augmente en fonction de la distance entre les véhicules.
- c. nous déduisons l'influence négative de la distance entre les véhicules sur la communication dans un réseau VANET.

Conclusion générale & perspectives

Le réseau VANET est une sous classe de réseau MANET où il est caractérisé par une forte mobilité des nœuds. Ce type de réseau permet la communication entre les véhicules ainsi qu'avec les infrastructures de télécommunication.

Dans le domaine des réseaux sans fil, le canal caractérisant la propagation de l'onde électromagnétique dans l'espace présente une importance distinctive. Ce qui est important, c'est la possibilité pour le récepteur de recevoir sans erreurs l'information que l'émetteur avait l'intention de lui transmettre.

Pour améliorer la fiabilité et la capacité des systèmes de communication sans fil, on a recours à la technique de diversité d'antennes qui permet d'améliorer les performances des systèmes en réduisant les effets d'évanouissements. Cependant, l'intégration de plusieurs antennes dans ces systèmes est un challenge parce qu'elle nécessite une forte isolation entre les antennes pour maximiser les performances en diversité et/ou accroître la capacité de transmission du système global. Dans ce contexte, l'évaluation des performances de ces systèmes est donc primordiale afin d'élaborer des systèmes très efficaces. Vu que les mesures dans les environnements réels sont très fastidieuses, plusieurs méthodologies (spatiale et spatio-temporelle) permettra d'émuler des canaux de propagation multi trajets réalistes ont été proposées dans la littérature. Cela dans le but de caractériser les performances des systèmes multi-antennes le plus rapidement possible.

Dans notre projet de fin, nous avons essayé de développer une application qui a pour but la simulation de l'envoi/réception des messages entre les véhicules voisins dans un environnement urbain.

Le développement de ce type d'application ouvre la voie à plusieurs perspectives qui peuvent faire objets de travaux futurs:

- tout d'abord il faut régler le dysfonctionnement de simulations dans d'autres versions de l'application.
- Il reste aussi d'ajouter et d'implémenter d'autres modules importants tel que les panneaux de circulation.
- Il est nécessaire de traiter le problème d'accès de plusieurs véhicules à la même position dans la route.
- Proposer des solutions pour des problèmes de trafic routier classiques (par exemple la gestion de collision).
- Modéliser les obstacles qui séparent les véhicules communicants.
- Gestion des cas particuliers (en cas d'accident par exemple)
- etc

Références

- [1] Hubaux J.P., “Vehicular Networks: How to Secure Them”, MiNeMa Summer School, Klagenfurt, Germany, July 2005.
- [2] <http://epublications.unilim.fr/theses/2011/choumane-alaa/choumane-alaa.pdf> consulté le 27/01/2016
- [3] <http://digitalcommons.mtu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1730&context=etds> consulté le 27/01/2016
- [4] Ali Kahina Ait « Modélisation et étude de performances dans les réseaux VANET » Thèse de doctorat, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2012.
- [5] Jiang Daniel & Delgrossi Luca “ IEEE 802.11 p: Towards an international standard for wireless access in vehicular environments”, Vehicular Technology Conference, pp. 2036-2040, 2008.
- [6] R. Meraihi, Mohamed Senouci, Moez Djebri « Réseau mobile Ad Hoc et réseaux de capteurs sans fil » chapitre de livre Edition Hermes 2006 , 112 p .
- [7] J. Petit « Sur coût de l’authentification et du consensus dans la sécurité des réseaux sans fil véhiculaires », Toulouse, juillet 2011,167 P .
- [8] Burgod Céline « Contribution à la sécurisation du routage dans les réseaux ad hoc », Thèse de doctorat, Limoges, 2009, 141 P .
- [9] Alaa CHOUMANE « Synthèse d’un canal de propagation par système multi-antennes pour la caractérisation de terminaux mobiles à diversité » , Thèse de doctorat ,Juin 2011, Université de limoges ,169 p
- [10] Djamel Bektache « application et modélisation d’un protocole de communication pour la sécurité routière », thèse de doctorat, universite badji mokhtar annaba, 2014 , 177 p .
- [11] M. Meraihi yassine, « routage dans les réseaux véhiculaires (vanet) cas d’un environnement type ville », thèse de magister en génie électrique, universite m’hamed bougara boumerdes, 2011,112p .
- [12] Noureddine Chaïb, « la sécurité des communications dans les réseaux vanet », thèse de magister en informatique, universite elhadj lakhder – batna,113p .
- [13] Mohamed Bouarir , « protocole de routage intelligent pour les réseaux ad hoc de véhicules » , ingénierie , université du québec en abitibi-témiscamingue , octobre 2012 , 67 p

- [14] MOVE. Mobility model generator for vehicular networks. available at <http://sourceforge.net/apps/mediawiki/move>, 2011.
- [15] Yuh-Shyan Chen Chung-Ming Huang. Telematics Communication Technologies and Vehicular Networks: Wireless Architectures and Applications. Aug. 2010.
- [16] ITS. Commission Decision of 5 August 2008 on the harmonised use of radio spectrum in the 5875 - 5905 MHz frequency band for safety-related applications of Intelligent Transport Systems, 2008.
- [17] NS-3. Network simulator. available at <http://www.nsnam.org/>, 2012.
- [18] NS2. ns-2. available at http://nsnam.isi.edu/nsnam/index.php/Main_Page, 2011.
- [19] SUMO. Simulation of urban mobility. available at <http://sumo.sourceforge.net/>, 2011.
- [20] Kahina AIT ALI MODELISATION ET ETUDE DE PERFORMANCES DANS LES RESEAUX VANET Thèse de Doctorat Université de technologie Belfort –Montbéliard 2013
- [21] S.Ni, Y.Tseng,Y.Chen and J.sheu The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network pp 151-162 1999
- [22] Y.Toor, P.muhelethaler,Alaouiti and A.D.L. FOrtelle.Vehicle ad hoc networks :Applications and related technical issues. PP 74-88 2008
- [23] Y.Khaled,M.Tsukada, J Santa,J.choi and T .Ernst. A usage oriented analysis of vehicular networks pp 357-368 May 2009
- [24] K.Yassine. ETSI, GEO-Mobile Radio Interface Specifications (Release 3); Third Generation Satellite Packet Radio Service; Part 1: General specifications; Sub-part 3: General System Description; GMR-1 3G 41.202, ETSI Std., Rév. ETSI TS 101 376-1-3, 2009.
- [25] S. Mesnoui ETSI, Digital Video Broadcasting (DVB) ; Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3 GHz, ETSI Std., Rév. ETSI EN 302 583, 2008.
- [26] B.schuffer IEEE, IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks–Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE Std., 2012.
- [27] Darwin Astudillo, Emmanuel Chaput, et Andre-Luc Beylot, “Improving performance of Map Updates through Satellite Communications in Vehicular Networks,” dans 28th AIAA International Communications Satellite Systems Conference, ICSSC. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Août 2010.