

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche scientifique

Université A.MIRA – Bejaia

Faculté des Sciences Exactes

Département d'Informatique



En vue d'obtention du diplôme de Master
Professionnel en informatique

Thème :

*Simulation d'une approche de beaconing
adaptatif dans les VANETs sous OMNET++
SUMO et VEINS*

Réalisé par :

Mr OUAREZKI Salim

Mr HACHEMI Abdelhamid

Devant le jury composé de:

Présidente : Mme Belkhiri louiza

Encadreur : Mme Zidani Faroudja

Examinatrice 1: Mme Ouyahia Samira

Examineur 2: Mr Khadjou N

Promotion : 2016 / 2017

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu le bon dieu qui nous a donné le courage la volonté et la patience pour mener à bien ce modeste travail.

Nos remerciements sont adressés également à toutes nos familles surtout nos parents pour leurs encouragement et leurs soutien.

A notre promotrice Mme Zidani qui nous a inculqué une grande confiance et nous a orienté dans le bon sens quant à l'élaboration de ce projet.

Aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en le jugeant.

Enfin, Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Ce modeste travail est dédié à :

*Nos chers parents qui nous ont soutenus et
encouragés durant toute notre scolarité.*

A toutes nos familles.

Nos enseignants.

Nos amis(e).

*Toutes les personnes qui nous ont
apportés leur
soutien.*

Dédicaces

Ce modeste travail est dédié à :

*Nos chers parents qui nous ont soutenus et
encouragés durant toute notre scolarité.*

A toutes nos familles.

Nos enseignants.

Nos amis(e).

*Toutes les personnes qui nous ont
apportés leur
soutien.*

Liste des matières

Remerciement	i
Dédicaces	ii
Liste des matières	iv
Liste des figures	viii
Liste des tableaux	ix
Liste des abréviations	x
Introduction générale	1

Chapitre 1 : Vue générale sur les Réseaux véhiculaires

1.1. Introduction	3
1.2. Les réseaux véhiculaires	3
1.3. Entités communicantes	4
1.4. Caractéristiques des réseaux VANET	5
1.4.1. Capacité de traitement, d'énergie et de communication	5
1.4.2. Forte mobilité et topologie du réseau	5
1.4.3. Connectivité et partitionnement de réseau	5
1.4.4. L'environnement de déplacement et modèle de mobilité	5
1.4.5. Diffusion de type d'informations	6
1.5. Les différents types de communications dans VANETs	6
1.5.1. Les communications Véhicule à Véhicule (V2V)	6
1.5.2. Les communications Véhicule à Infrastructure (V2I)	6
1.5.3. Les communications Hybrides (V2V-V2I-I2I)	7
1.6. Domaines d'applications et contraintes	7
1.6.1. Applications de sécurité routière	7
1.6.2. Applications de gestion du trafic routier	8
1.6.3. Applications d'information et de divertissement	8
1.7. Travaux de standardisation et de normalisation	10
1.7.1. DSRC (Dedicated Short Range Communication)	10
1.7.2. La norme IEEE 802.11p	11
1.7.2.1. La couche Physique IEEE 802.11p	12
1.7.2.2. La couche Mac d'IEEE 802.11p	12
1.7.3. WAVE (Wireless Access in vehicle environment)	12
1.8. Conclusion	13

Chapitre 2 : Quelques approches de beaconing adaptatif dans les VANETs

2.1. Introduction	15
2.2. Définition des notions de base	15
2.3. Classification des approches de beaconing	15

2.4. Quelques approches de contrôle de taux de beacons	16
2.4.1. Exploration du beaconing adaptatif pour une communication sur la sécurité des véhicules.....	16
2.4.1.1. Métrique pour l'exactitude de position	16
2.4.1.2. Adaptation selon le mouvement du véhicule	17
2.4.1.3. Adaptation selon le mouvement des véhicules environnants	17
2.4.1.4. Précision par rapport à la charge offerte	18
2.4.2. L'estimation de filtres de Kalman	18
2.4.3. L'approche ABRP (adaptative beaconing radiodiffusion protocole).....	19
2.4.4. L'approche basée sur la logique floue ABR	22
2.4.4.1. État d'urgence des véhicules	22
2.4.4.2. Pourcentage de véhicules directionnels	22
2.4.4.3. Conception du système de prise de décision en logique floue	24
2.4.4.3.1. Fuzzification des entrées et des sorties	25
2.4.4.3.2. Moteur d'inférence floue	26
2.4.4.3.3. Défuzzification	26
2.4.5. Un schéma de contrôle des fréquences de beacons basé sur la logique floue.....	27
2.4.5.1. Fuzzification	28
2.4.5.2. Base des règles	29
2.4.5.3. Défuzzification	30
2.4.5.4. Mécanisme de contrôle des taux	30
2.5. Conclusion	31

Chapitre 3 : Simulation d'une approche basée sur le protocole ABRP pour la distance d'arrêt dans les VANETs

3.1. Introduction	33
3.2. Simulation dans les VANET	33
3.3. Environnement de travail	33
3.3.1. OMNeT++	33
3.3.1.1. Architecture d'OMNeT++	33
3.3.2. VEINS Framework	34
3.3.3. Le simulateur de mobilité SUMO	34
3.3.4. La liaison OMNET++, VEINS et SUMO	35
3.4. Etapes de la simulation	35
3.4.1. Préparation de la carte pour l'utilisation dans SUMO	36

3.4.2. Préparation des fichiers avant la simulation	38
3.4.3. Implémentation de l'approche ABRP	41
3.5. Résultats de la simulation et discussion	41
3.6. Conclusion.....	43
Conclusion générale	44
Bibliographie	45

Liste des figures

Figure 1: hiérarchie des réseaux sans fil	3
Figure 2: Exemple de réseau véhiculaire	4
Figure 3: Exemple de véhicule intelligent	4
Figure 4: Les modes de communication dans les VANETs	7
Figure 5: Communication hybride	7
Figure 6: Les canaux disponibles sur la bande de fréquence DSRC	11
Figure 7: Le modèle DSRC/WAVE: IEEE 1609	11
Figure 8: Taxonomie de la littérature sur les approches de beaconing	15
Figure 9: Relation des paramètres de temps pertinents qui déterminent la précision	16
Figure 10: Vue d'ensemble des schémas essentiels pour le beaconing adapté à la situation	17
Figure 11: Schéma fonctionnel de la méthode	19
Figure 12: Distance d'arrêt	20
Figure 13: Distance d'arrêt typique	20
Figure 14: relation entre la distance d'arrêt et la vitesse du véhicule	21
Figure 15: la relation entre la distance d'arrêt et l'intervalle de radiodiffusion de beaconing	22
Figure 16: le scénario de véhicule montrant l'état des véhicules d'urgence (véhicule numéro 6) / normal (véhicules restants) et le pourcentage des mêmes véhicules directionnels	23
Figure 17: Composants de logique floue (fuzzification, moteur d'inférence et défuzzification) pour générer la fréquence de beacons (BRr)	24
Figure 18: Fonctions d'appartenance floues pour les variables d'entrée (VS) et Pourcentage de vecteurs directionnels (PDN) et de sortie (Beacon Rate (BRr))	25
Figure 19: Corrélation entre les entrées (PDN et VS) et la sortie (BRr)	26
Figure 20: Les différentes vitesses relatives dans une situation réelle	28
Figure 21: Fonction d'appartenance à la densité locale	29
Figure 22: fonction d'appartenance CBR	29
Figure 23: Fonction d'appartenance au facteur de mobilité	29
Figure 24: Fonction d'appartenance de sortie	31
Figure 25: Architecture modulaire du simulateur OMNeT++	34
Figure 26: Architecture de l'environnement de travail	35
Figure 27: Zone d'étude de la ville de Bejaia dans OpenStreetMap	35
Figure 28: Génération de map.net.xml	36
Figure 29: Copie du contenu de fichier web	36
Figure 30: Génération de map.poly.xml	37
Figure 31: Génération de map.rou.xml	37
Figure 32: Génération des routes aléatoires dans SUMO	38
Figure 33: Schéma récapitulatif de génération de SUMO.....	38
Figure 34: Modification du fichier erlangen.sumo.cfg	39
Figure 35: Modification du fichier erlangen.lauchd.xml	39
Figure 36: Ouverture et écoute sur le port TCP 9999	40
Figure 37: Modification du fichier omnetpp.ini	40
Figure 38: Implémentation de l'algorithme ABRP.....	41
Figure 39: Nombre de beacons en collision	42
Figure 40: Beacons totalement transmis	42

Liste des tableaux

Tableau 1: Exemple d'applications et leurs contraintes	9
Tableau 2: coefficient de fraction de la route	21
Tableau 3: Structure de la connaissance basée sur des règles floues	26
Tableau 4: les règles de bases	29

Liste des Abréviation :

AIMD: le diagramme de diminution multiplicative d'augmentation additive

ABR: Adaptatif Beaconing Rate

ABRP: Adaptatif Beaconing Radio diffusion Protocol

BRn: Beacon Rate New

BRr: Beacon Rate requite

BRc: Beacon Rate courant

BIT: Beacon Interval Time

CBR: le facteur d'occupation de canal

CCA: Clear Channel Assessment

COG: Center Of Gravity

CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance/ Channel Access

DSRC: Dedicated Short Range Communication

Emerg: Emergency

EDCA: Enhanced Distributed

FCC: Federal Communications Commission

GPS: Global Positioning System

ITS: Intelligent Transport System

ITSA: Institute for Telecommunications Sciences and Aeronomy

IP: Internet Protocol

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

LLC: Logical Link Control

MF: Mobilité Facteur

MAC: Media Access Control

MANET: Mobile Ad hoc Network

MDense: Moyen Dense

Nemerg: Non emergency

NND: Number Nœud in same Direction
OI: Observation Intervalle
OFDM: Orthogonal Frecancy Division Multiple Access
OBU: On-Board Unit
OMNET ++: Objective Modular Network Test-bed in C++
PDN: Pourcentage Directional Neoud
QoS: Qualité Of Service
RSU: Road Side Unit
RFC: Request For Comments
STI: System of Transport Intelligent
SUMO: Simulation of Urban Mobility
TI: Transports Intelligents
TIC: Technology of Information and Communication
TGP: Task Group p
TCP: Transmission Controle Protocole
TNN: Total Number Nœud
UDP: User Datagram Protocol
USA: unit stat America
VANET: Vehicul Ad-hoc Network
V2V: Vehicle to Vehicle
V2I: Vehicle to Infrastructure
VS: Vehicul Statu
VDense: Very Dense
WAVE: Wireless Access in Vehicle Environment
WiFi: Wireless Fidelity
WSMP: Wave Short Message Protocol
3G: troisieme Generation

Introduction générale

Les gouvernements investissent massivement dans la prévention routière pour les véhicules et les routes de demain, leurs objectifs sont de réduire le nombre d'accidents sur la route et de sauver des vies.

De l'émergence des technologies sans fil sont nés les réseaux MANETs (Mobile Ad hoc Network) connectant les ordinateurs entre eux et par dérivations, les réseaux VANET (Vehicular Ad hoc Network) connectant les véhicules. Actuellement, nos véhicules sont électronisés avec des ordinateurs de bord et contiennent des informations telles que : la position, la vitesse...etc. Les VANETs ont été réalisés pour transmettre ces informations aux autres véhicules sous forme de beacons en utilisant les applications de sécurité routière.

Dans les applications de sécurité routière, les beacons sont envoyés périodiquement et à des intervalles fixe. Cependant, des études ont montré que le beaconing fixe cause des congestions de canal et ainsi la détérioration des performances du réseau. Pour résoudre ce problème, des approches de beaconing adaptatif, qui adaptent le temps d'envois des beacons aux différentes situations des véhicules, ont été proposées.

Dans notre projet, nous avons d'abord étudié quelques approches de beaconing adaptatif, puis nous avons simulé l'approche ABRP en utilisant OMNeT++, VEINS et SUMO pour évaluer sa performance en termes de paquets perdus par rapport au beaconing fixe.

Notre mémoire s'étale sur trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous commençons dans un premier temps par définir les réseaux véhiculaires, en décrivant les entités communicantes ainsi que leurs caractéristiques et leurs architectures puis nous allons citer quelques domaines d'applications, enfin nous parlons sur la standardisation et la normalisation de ces réseaux.

Dans le deuxième chapitre, nous étudions le beaconing dans les VANETs d'une manière générale, qui est divisé en deux types beaconing fixe et adaptatif. Ce dernier comporte trois types d'approches : les approches d'adaptation de la puissance de transmission des beacons, les approches d'ajustement de taux de beaconing et l'adaptation de beaconing hybride qui est une combinaison de ces deux approches. Puis nous allons étudier quelques travaux sur les approches d'adaptation de beaconing.

Dans le troisième et dernier chapitre nous commençons par la présentation de la simulation dans les VANET. Nous décrivons ainsi l'environnement de travail, les outils et les étapes suivies. Nous finissons par une simulation de l'approche ABRP basée sur la distance d'arrêt.

Chapitre 1

Vue générale sur les Réseaux véhiculaires

I.1. Introduction

De nos jours, de nombreuses initiatives ont été prises par les gouvernements, les communautés et les constructeurs automobiles pour améliorer la sécurité routière et résoudre les problèmes de trafic routier.

Le développement des technologies de l'information et de la communication sans fil «TIC» suivi par l'apparition de la télématique embarquée dans les transports ont donné lieu à la naissance de Transports Intelligents «TI». En effet, l'émergence des technologies de communication et de localisations sans fil (3G, GPS, le Wifi...), ainsi que les travaux d'étude avancés sur ces systèmes et leurs applications dans les réseaux dynamiques ont fait apparaître le concept de ce qu'on appelle les systèmes de transport intelligents «STI » qui contiennent plusieurs type de réseaux notamment les VANETs (Véhicule Ad-hoc Network).

Grâce aux VANETs, nos voitures et nos routes deviennent plus sûres, efficaces et conviviales dans différentes situations comme (les accidents, les dangers, les déviations possibles, les informations sur le trafic, les informations météorologiques, les embouteillages... etc).

Ce chapitre présente un aperçu sur les VANETs, nous nous intéressons à détailler le contexte, le principe de fonctionnement, les différents type d'applications, leurs caractéristiques, leurs architectures ainsi que les normes et les standards définis pour ces réseaux.

1.2. Les réseaux véhiculaires

Un réseau VANET est une particularité d'un réseau MANET ou les nœuds mobiles sont des véhicules (intelligents) équipés de calculateurs, de cartes réseau et de capteurs. Comme tout autre réseau ad hoc, les véhicules peuvent communiquer entre eux (pour échanger les informations sur le trafic par exemple) ou avec des stations de base placées tout au long des routes (pour demander des informations ou accéder à internet...). Les réseaux véhiculaires regroupent deux grandes classes d'applications, à savoir les applications qui permettent de bâtir un système de transport intelligent ITS (Intelligent Transport System)[1] et celles liées au confort du conducteur et des éventuels passagers.

La Figure1 représente la hiérarchie des réseaux sans fil ou elle schématise l'inclusion des réseaux véhiculaires ad-hoc VANET dans les réseaux mobiles ad-hoc ou MANET.

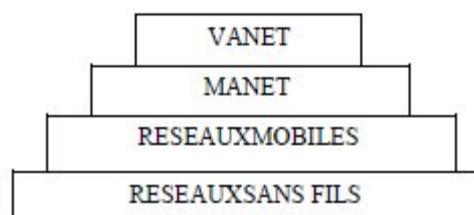


Figure 1: hiérarchie des réseaux sans fil [1]

1.3. Entités communicantes

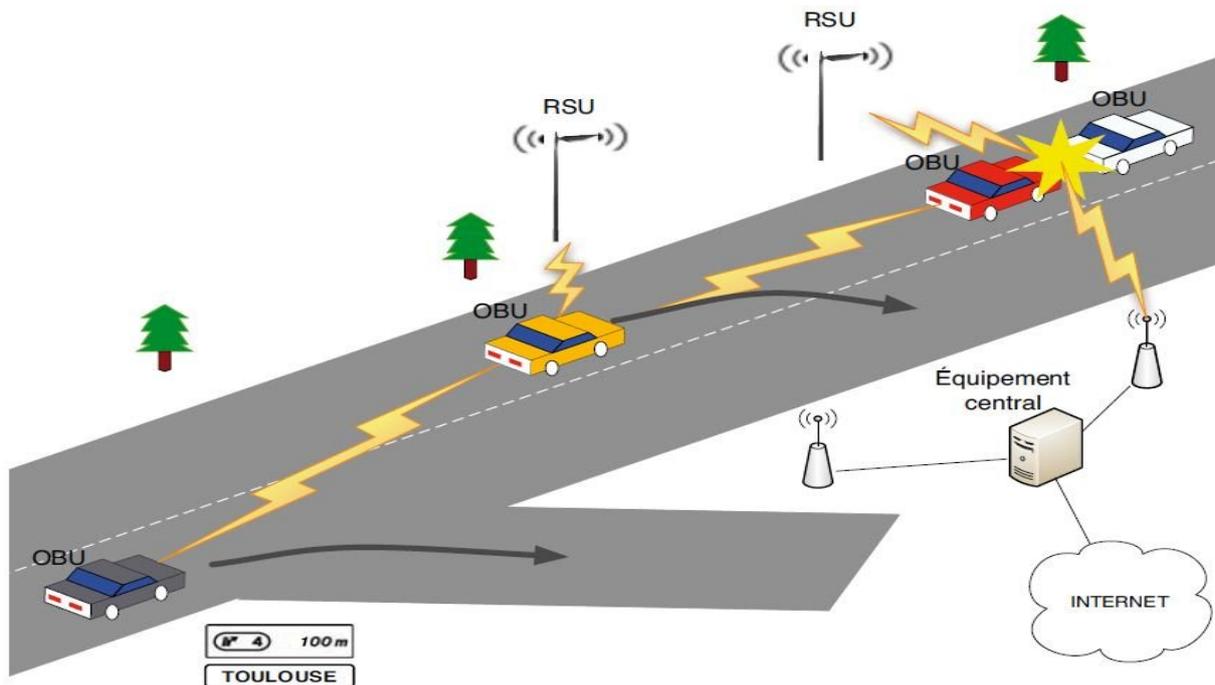


Figure 2: Exemple de réseau véhiculaire [2]

Dans un réseau sans fil véhiculaire, il existe quatre entités communicantes : l'équipement personnel, le véhicule, l'équipement de bord de route et l'équipement central. La Figure 2 illustre un exemple de réseau véhiculaire faisant intervenir les différentes entités lors d'un accident de la route.

- Les équipements personnels sont les équipements qui peuvent être apportés par l'utilisateur, Cela peut être un téléphone portable, un ordinateur portable ou encore un GPS autonome. Ces équipements peuvent interagir avec le véhicule.
- 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, comme le montre la figure suivante.

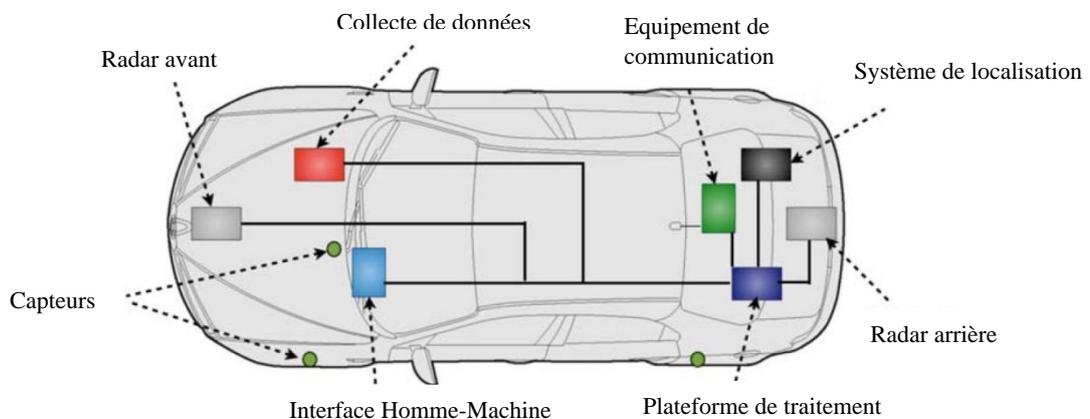


Figure 3: Exemple de véhicule intelligent [3]

- 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).
- L'équipement central se situe du côté « serveur ». Cet équipement central pourra être un serveur de stockage, un point d'entrée à un réseau filaire (Internet) ou un serveur de transaction [3].

1.4. Caractéristiques des réseaux VANET

Il est important de signaler que les réseaux VANET ont quelques spécificités qui les distinguent des réseaux MANET. Les travaux et les études de recherche réalisés dans le contexte des réseaux MANET ne peuvent pas être directement appliqués dans le domaine des réseaux de véhicules vu ses différences qui rendent l'application des protocoles et les architectures des réseaux ad hoc inadaptées. Dans ce qui suit nous présenterons quelques caractéristiques et contraintes liées à l'environnement des réseaux de véhicules qui les distinguent des réseaux ad Hoc mobiles [3, 4, 5] :

1.4.1. Capacité de traitement, d'énergie et de communication

Parmi les contraintes les plus importantes lors d'un traitement dans les réseaux ad hoc mobiles est la contrainte d'énergie, par contre dans un réseau VANET, les véhicules ne souffrent pas de cette contrainte vu qu'ils n'ont pas de limite en terme d'énergie et ils disposent d'une grande capacité de traitement (peuvent avoir plusieurs interfaces de communication : Wifi, Bluetooth...)

1.4.2. Forte mobilité et topologie du réseau

Le nœud mobile dans un VANET qui est la voiture est caractérisé par une vitesse élevée, en un temps très court, la voiture peut rapidement rejoindre ou quitter le réseau. Par conséquent, cette forte mobilité des nœuds cause des changements rapides de la topologie du réseau.

1.4.3. Connectivité et partitionnement de réseau

La forte mobilité des véhicules et le changement rapide de la topologie de réseau donne comme conséquence la disparition de certains chemins i.e. le partitionnement du réseau peut fréquemment apparaître.

1.4.4. L'environnement de déplacement et modèle de mobilité

Dans un réseau MANET, les nœuds se déplacent aléatoirement, contrairement au réseau VANET où les véhicules suivent un modèle de mobilité spécifique, les véhicules dans les VANETs ne peuvent se déplacer que sur les routes ou les chemins définis dans la topologie, et doivent obéir aux règles de circulation, et d'autre part, par la prise en compte de l'interaction entre véhicules. Alors, ils ont moins de liberté dans leurs mouvements et ils sont limités par les signalisations routières telles que des panneaux d'arrêt, feux de circulation et interdépendants obstacles tels que les bâtiments...etc.

1.4.5. Diffusion de type d'informations

Généralement les types d'informations communiquées dans un réseau VANET s'orientent sur la diffusion des messages de prévention ou d'alerte d'une source à une ou plusieurs destinations. Néanmoins, la diffusion est faite en fonction de la position géographique et le degré d'implication de véhicule dans l'évènement déclenché. Dans de telles situations, les communications sont principalement unidirectionnelles.

1.5. Les différents types de communication dans VANETs

Les architectures dans un réseau véhiculaire peuvent être déployées suivant trois catégories.

1.5.1. Les communications Véhicule à Véhicule (V2V)

Ce mode de communication fonctionne suivant une architecture décentralisée, et représente un cas particulier des réseaux ad hoc mobiles, Il est basé sur la simple communication inter-véhicules ne nécessitant pas une infrastructure. En effet, un véhicule peut 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 voisins qui les séparent comme des relais. Dans ce mode, les supports de communication utilisés sont caractérisés par une petite latence et un grand débit de transmission. 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 [6,7].

1.5.2. Les communications Véhicule à Infrastructure (V2I)

Ce mode de communication fonctionne suivant une architecture centralisée, fonctionne sous l'hypothèse que les utilisateurs doivent continuellement accéder à un serveur centralisé qui gère leurs interactions avec d'autres utilisateurs, même lorsque les véhicules sont physiquement proches.

Les véhicules communiquent indirectement par l'intermédiaire des infrastructures existantes telles que les réseaux cellulaires situés dans certaine sections critiques de la route comme les feux de circulation dans une intersection, ou le stop. Jusqu'à ce jour, les RSUs sont peu déployés en raison de leur coût élevé [8].

Les deux catégories citées ci-dessus sont illustrées dans la figure 4.

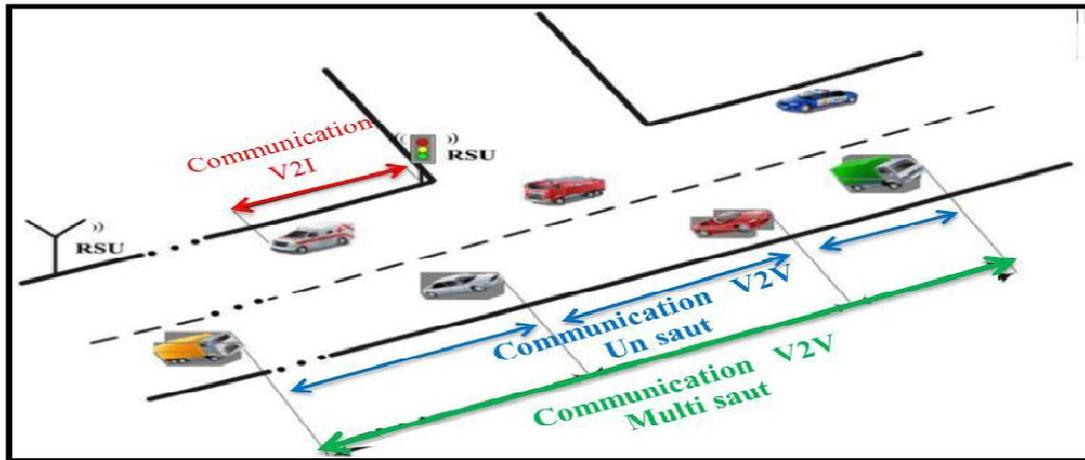


Figure 4: Les modes de communication dans les VANETs [9]

1.5.3. Les communications Hybrides (V2V-V2I-I2I)

La combinaison de ces deux types de communications permet d'obtenir une communication hybride [8] i.e. l'infrastructure peut être utilisée d'une manière optionnelle ou quand elle est présente. Dans les zones où l'infrastructure est inexistante, cette architecture opte pour des communications directes entre les véhicules, comme illustrée dans la figure suivante.

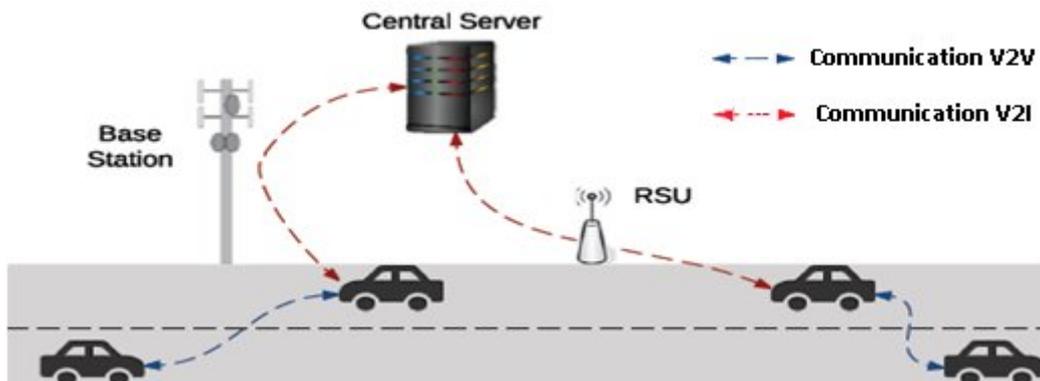


Figure 5: Communication hybride [8]

1.6. Domaines d'applications et contraintes

Les applications conçues pour les réseaux véhiculaires peuvent être principalement classifiées en trois catégories: (i) les applications de sécurité routière, (ii) les applications de gestion du trafic routier et (iii) les applications d'information et de divertissement. Nous allons détailler chacun de ces types en précisant leurs objectifs et leurs contraintes [8, 10, 11,12].

1.6.1. Applications de sécurité routière

Ces applications visent à réduire le nombre d'accidents et à améliorer la sécurité routière en fournissant aux usagers routiers des informations pertinentes et utiles telles que

l'avertissement de collision, la présence d'obstacles sur la route et l'avertissement d'un véhicule d'urgence qui approche.

Cette catégorie d'applications est très critique en termes de délai. Ce contexte temps réel a des impacts sur les techniques de communication proposées. Détecter le danger qui menace la vie des conducteurs, informer les usagers routiers dans les plus brefs délais afin qu'ils puissent réagir rapidement constituent des défis liés à ces applications.

Comme exemple de ce type d'applications, nous pouvons citer l'application qui consiste à faciliter le passage des véhicules d'urgence. Actuellement, les ambulances utilisent les sirènes pour avertir les véhicules rencontrés. Cette méthode peut être accompagnée d'une information diffusée par l'ambulance qui peut être propagée au travers des autres véhicules qui seront alors avertis beaucoup plus tôt, ce qui peut aider à faciliter le passage des ambulances.

Un autre exemple est l'avertissement des dangers de la route tels que les obstacles, le brouillard, des travaux...etc. En présence d'un danger sur la route, une information peut alors être partagée entre les véhicules afin de les avertir. Cela permet aux conducteurs de réagir plus tôt et réduit les risques d'accidents.

1.6.2. Applications de gestion du trafic routier

Les applications de cette catégorie utilisent les communications entre véhicules afin de partager des informations de trafic et ainsi d'améliorer le trafic routier en considérant des informations telles que des travaux, des obstacles ou des embouteillages potentiels. Cela permet la réduction du temps de trajet et une répartition efficace du trafic routier. Informer préalablement et rapidement les usagers routiers d'incidents possibles sur la route leur permet de changer leurs trajets et de les éviter. Ces applications sont moins exigeantes en termes de délai de délivrance que les applications de sécurité.

Comme exemple d'application, nous pouvons citer l'application qui aide les conducteurs à choisir les meilleurs itinéraires. Par exemple, les travaux de construction ou des incidents survenus causent généralement des embouteillages et des encombrements de la circulation. Informer préalablement (avant que les véhicules empruntent la route où l'incident a eu lieu) les usagers routiers de ces incidents leur permet de changer de trajet et d'éviter les embouteillages.

1.6.3. Applications d'information et de divertissement

L'objectif principal de cette catégorie d'applications est de fournir aux usagers routiers des informations, des publicités et du divertissement au cours de leurs trajets. Ces applications ont pour objectif d'améliorer le confort des conducteurs et des passagers. À titre d'exemple, on peut citer des applications qui fournissent des informations sur les stations-service à proximité ou l'offre d'un restaurant au bord de l'autoroute. Les utilisateurs n'ont alors plus besoin de s'arrêter. Ils peuvent profiter de ces offres quand elles les intéressent. De plus, ces applications peuvent fournir un accès Internet, des messages instantanés, des jeux et d'autres services. Elles sont plus tolérantes aux délais que les précédentes.

Quelques exemples d'applications et leurs contraintes sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Application		Information sur l'application				
		Communication	Type de message	Fréquence d'émission (ms)	Latence (ms)	Autre pré-requis
1	Feux de freinage d'urgence électronique	Ad-hoc V2V	Événementiel, diffusion limitée dans le temps	100	100	Portée : 300m Priorité haute
2	Alerte de véhicule lent	Ad-hoc V2V	Diffusion périodique permanente	500	100	Priorité haute
3	Alerte de collision (intersection)	Ad-hoc, infrastructure V2V, V2I	Diffusion périodique permanente	100	100	Positionnement précis Priorité haute
4	Alerte de zone dangereuse	Ad-hoc, infrastructure I2V, V2V	Événementiel, diffusion localisée limitée dans le temps	100	100	Priorité haute
5	Alerte de violation de feux tricolores	Ad-hoc, infrastructure I2V	Événementiel, diffusion limitée dans le temps	100	100	Portée : 250m Priorité haute
6	Détection pré-accident	Ad-hoc V2V	Diffusion périodique, unicast	100	50	Portée : 50m Priorité haute/moyenne
7	Alerte de changement de voie	Ad-hoc V2V	Diffusion périodique	100	100	Précision de positionnement <2m Portée : 150m
8	Alerte coopérative de collision	Ad-hoc V2V	Périodique, diffusion événementielle, unicast	100	100	Précision de positionnement <1m Portée : 150m
9	Gestion d'intersection	Ad-hoc, infrastructure V2I, V2V	Diffusion périodique, unicast	1000	500	Précision de positionnement <5m
10	Alerte d'accès limité et de déviation	Infrastructure I2V, autre réseau de diffusion	Diffusion périodique	100	500	Priorité moyenne/basse
11	Contrôle de la vitesse de croisière	Ad-hoc V2V	Diffusion unicast	500	100	Priorité moyenne
12	Télépéage	Ad-hoc, Infrastructure V2I, cellulaire	Diffusion périodique, unicast	1000	200	DSRC
13	Diagnostic distant	Ad-hoc, Infrastructure V2I, V2V, cellulaire	Unicast, diffusion, événementielle	N/A	500	Accès Internet Service disponible

14	Téléchargement de média	Infrastructure cellulaire, autre réseau de diffusion	Unicast, diffusion, a la demande	N/A	500	Accès Internet Gestion des droits numériques
15	Téléchargement des cartes routières	Ad-hoc, infrastructure cellulaire, autre réseau de diffusion, V2I, V2V	Unicast, diffusion, a la demande	1000	500	Accès Internet Gestion des droits numériques Service disponible
16	Assistance de conduite économique	Ad-hoc, infrastructure diffusion, V2I, V2V, cellulaire	Unicast, diffusion, a la demande	1000	500	Accès Internet Service disponible

Tableau 1: Exemple d'applications et leurs contraintes [13]

1.7. Travaux de standardisation et de normalisation

Les premiers standards définis pour les communications sans fil dans les VANETs utilisent la bande de fréquence de 915MHz essentiellement pour assurer des services tels que, le péage électronique et la surveillance des opérations des véhicules commerciaux. Cette bande de fréquence étant trop étroite et polluée pour supporter l'évolution envisagée pour les applications dans les réseaux véhiculaires, l'ITSA a sollicité la FCC (Federal Communications Commission) pour l'allocation d'une bande passante de 75MHz dans la gamme de fréquences 5,850-5,925 GHz pour les communications à courte portée dédiées aux VANETs aux USA. Cette demande a été accordée par la FCC en 1999 et a donné naissance à la technologie DSRC [14].

1.7.1. DSRC (Dedicated Short Range Communication)

Le DSRC est un standard de diffusion d'informations par l'intermédiaire des ondes radar, il représente que la partie «air» de la communication, c'est à dire la transmission radio établie entre des équipements fixes jalonnant l'infrastructure routière RSU (Road Side Unit) et des équipements embarqués à bord des véhicules connu sous le nom OBU (On bord Unit).

DSRC s'œuvre dans une bande de fréquence des 5.9 GHz (Europe et Etats-Unis) ou 5.8GHz (Japon) et sur une largeur de bande de 75 MHz.

Elle est généralement segmentée en 7 canaux de 10 MHz chacun comme illustrée dans la figure 6, l'ensemble des canaux se répartissent fonctionnellement en 1 canal de contrôle et 6 canaux de service. Le canal de contrôle est réservé à la transmission des messages de gestion du réseau et des messages de très haute priorité à l'instar de certains messages critiques liés à la sécurité routière. Quant aux 06 autres canaux, ils sont dédiés à la transmission des données des différents services annoncés sur le canal de contrôle [4, 15].

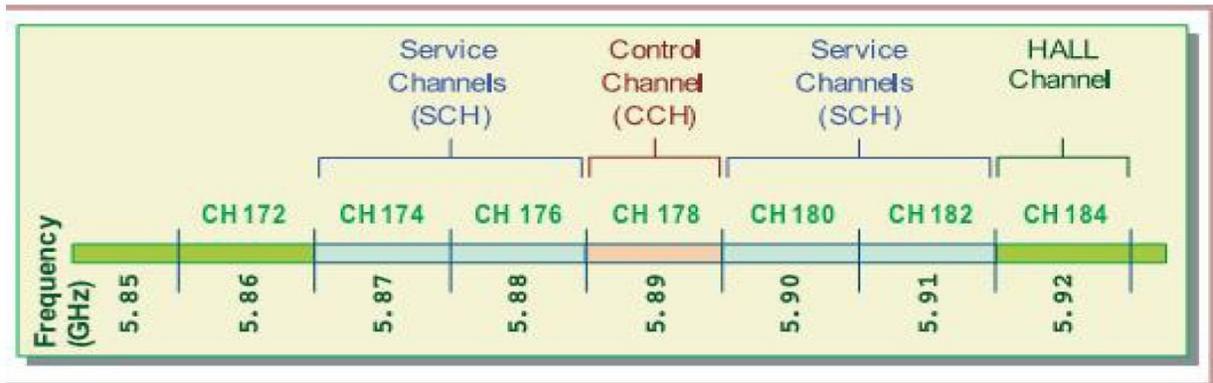


Figure 6 : Les canaux disponibles sur la bande de fréquence DSRC [16]

1.7.2. La norme IEEE 802.11p

L'IEEE a étendu sa famille de protocoles 802.11 en ajoutant le 802.11p [17], s'inspirant pour cela du standard ASTM E2213-03 [18], lui-même basé sur le 802.11a [19]. Ce protocole modifie la couche physique et la couche MAC pour s'adapter aux réseaux de véhicules, en conformité avec la bande DSRC. En complément, l'IEEE a défini la famille de protocoles 1609, dite WAVE, pour l'accès sans fil dans les réseaux de véhicules. Ce standard est structuré en quatre composantes (1609.1 à 1609.4), définit l'architecture, le modèle de communication, la structure de gestion, la sûreté et l'accès physique. Comme l'illustre la figure 7, 802.11p et WAVE spécifient une pile protocolaire complète. Le modèle DSRC/WAVE utilise deux piles, une pile pour les applications de sécurité routière et une plus classique pour les deux autres catégories d'applications.

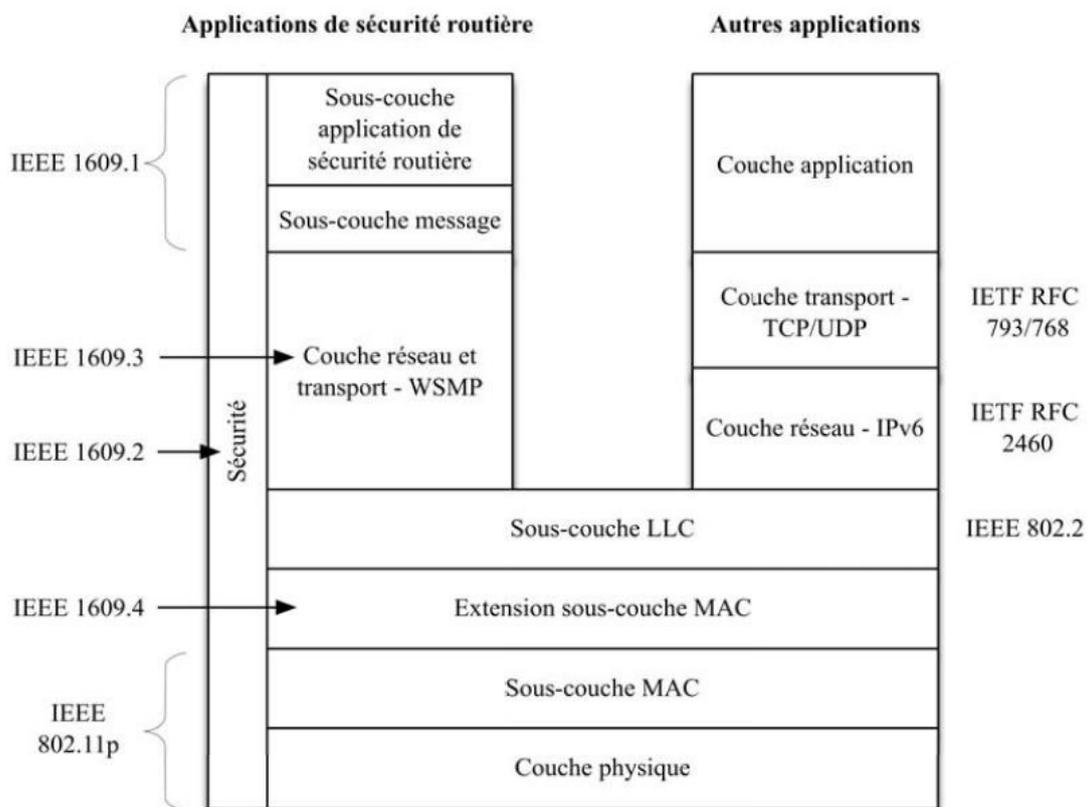


Figure 7 : Le modèle DSRC/WAVE : IEEE 1609 [20]

IEEE 1609.1 - WAVE Resource Manager : permet aux applications distantes une bonne gestion de ressources de OBU telle que : la mémoire et l'interface utilisateur en garantissant l'interopérabilité [21].

IEEE 1609.2 – WAVE Security Services for Applications and Management Messages : décrit le format des paquets et les fonctions de sécurité dans un système WAVE pour les messages de sécurité, données et gestion [22].

IEEE 1609.3 - WAVE Networking Services : définit les services de niveau réseau et transport incluant l'adressage, le routage et la transmission, l'envoi est basé sur le protocole WSMP (*WAVE Short Messages Protocol*) qui permet un échange efficace des messages WSM (*WAVE Short Messages*)[23].

IEEE 1609.4 - WAVE Multi-Channel Operation : définit les mécanismes d'accès en priorité, la coordination et la gestion des 7 canaux DSRC lors du routage et transmission de données [24].

1.7.2.1. La couche Physique IEEE 802.11p

Cette couche utilise le même mécanisme de traitement de signal et les mêmes spécifications dérivées de l'IEEE 802.11a. Cependant quelques modifications pourraient être apportées pour l'adapter aux environnements véhiculaires. Elle est capable d'offrir un débit entre 6 et 27 Mbps (pour une portée qui peut atteindre les 1000 mètres et supporter des vitesses allant jusqu'à 200Km/h) avec un codage et modulation de type OFDM (Orthogonal Frequency division multiple Access) [25].

1.7.2.2. La couche Mac d'IEEE 802.11p

La couche Mac de protocole 802.11p est basée sur le mécanisme du CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) dans la gestion de la qualité de service. Dans le marquage de priorité est basée sur la technique EDCA (Enhanced Distributed Channel Access Quality of Service extension), cette technique est la même utilisée dans la norme IEEE 802.11g [4].

1.7.3. WAVE (Wireless Access in vehicle environment)

L'IEEE a développé une architecture connue sous le nom de WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments), pour fournir l'accès sans fil dans les environnements véhiculaires. Deux modes de communication sont possibles dans l'architecture WAVE, véhicule-à-véhicule et véhicule-à-infrastructure. Les véhicules communiquent via un dispositif installé à leur bord dit, OBU (On Board Unit) [14,17].

1.8. Conclusion

L'objectif principal de ce chapitre était de présenter les réseaux véhiculaires comme un nouveau paradigme de réseau. Nous avons présenté leurs caractéristiques ainsi que les différentes architectures de communication possibles.

Les réseaux véhiculaires offrent une multitude d'applications allant de la sécurité de la route au confort et au divertissement des usagers routiers. Nous avons classifié ces applications des réseaux véhiculaires en fonction de leur impact sur le trafic routier et des exigences en termes de délais et de services.

Le chapitre suivant sera consacré à la description de quelques approches et protocoles de beaconing adaptatif dédiés aux réseaux VANETs.

Chapitre 2

Quelques approches de beaconing adaptatif dans les VANETs

2.1. Introduction

Les applications de sécurité routière exigent un échange d'informations à jour et à faible retard. Ces informations comprennent la position, le mouvement et l'accélération des véhicules à proximité, cela peut être réalisé en diffusant périodiquement, à un taux fixe, des beacons à une fréquence allant de [1Hz-10Hz].

Des études [26] ont montré que l'envoi des beacons à des taux fixes détériore les performances de réseau parce que les paramètres de mobilité changent selon les situations.

Afin d'assurer un envoi optimal des informations, plusieurs approches d'adaptation de beaconing ont été proposées.

Nous allons étudier dans ce qui va suivre quelques approches de contrôle de taux de beaconing, mais avant cela nous allons donner d'abord une classification des approches de Beaconing.

2.2. Définition des notions de base

Beacons : Est un message envoyer par un véhicule pour préciser ces information aux autres vehicules, comme (la position, la direction, la vitesse, l'accélération....etc).

Beaconing : représente l'action d'envoi de beacons aux autres véhicules périodiquement à un taux fixe ou adaptatif.

2.3. Classification des approches de beaconing

Comme la montre la figure ci-dessous, les approches de beaconing sont divisées en deux types : beaconing fixe et adaptatif.

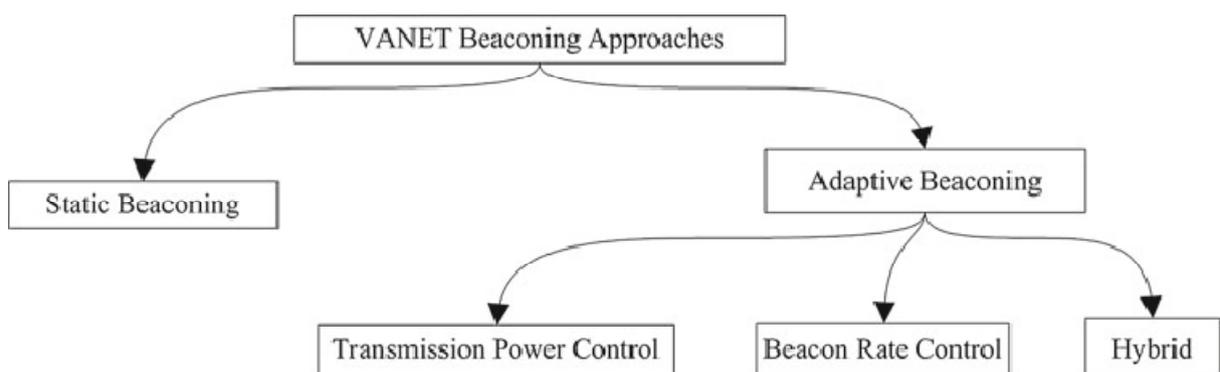


Figure 8: Taxonomie de la littérature sur les approches de beaconing [27]

Le beaconing fixe consiste à établir la connaissance de chaque véhicule sur les autres véhicules à proximité en transmettant l'information véhiculaire à un taux de beaconing fixe dans tous les scenarios de vehicules.

La performance de réseau pourrait être détériorée en termes de paquets excessif et de manque de fiabilité de la diffusion de message de beacons. Pour atténuer ce problème trois types de beaconing adaptatifs ont été proposés.

Le contrôle de la puissance de transmission est utilisé pour réduire la puissance de transmission dans des scénarios de véhicules denses, et donc améliorer l'équité de canal, en outre l'adaptation de beaconing peut être effectué aussi en contrôlant le taux de beacons avec une distribution hétérogène de véhicules, enfin ces deux types cités ci-dessus peuvent être assemblés en un seul type qui s'appelle le beaconing hybride.

Le taux de beacons élevé conduit à la congestion du réseau tandis qu'un faible taux de beacons provoque des informations de position partagées inexactes. Pour remédier à ce problème, le contrôle de taux de beacons a été utilisé.

Nous étudions dans ce qui suit, les différentes approches de contrôle de taux de beacons.

2.4. Quelques approches de contrôle de taux de beacons

2.4.1. Exploration du beaconing adaptatif pour une communication efficace sur la sécurité des véhicules

2.4.1.1. Métrique pour l'exactitude de position

Dans [28], la métrique de précision de position a été proposée pour l'évaluation de différents taux de beacons.

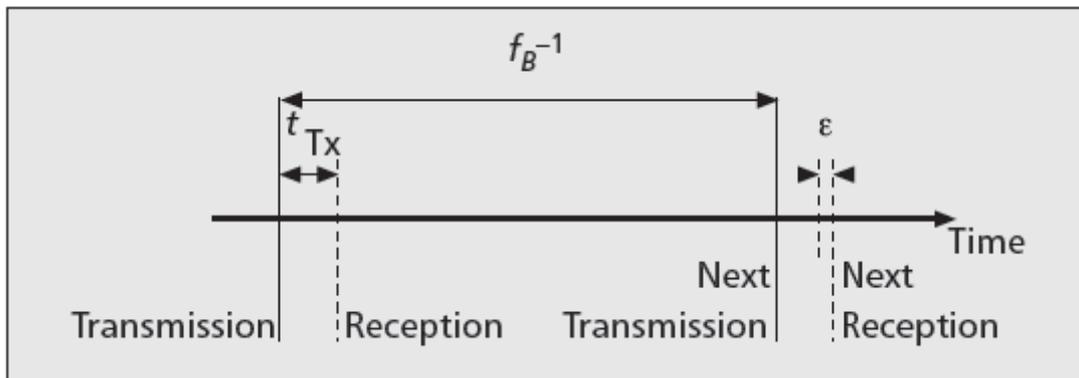


Figure 9: Relation des paramètres de temps pertinents qui déterminent la précision [28]

Comme le montre la figure 9, l'erreur représente la dernière information de position reçue par rapport à la position physique actuelle d'un véhicule. Ses paramètres d'entrée sont la vitesse v du véhicule, la fréquence de beacons f_B et le retard de transmission t_{Tx} .

La métrique est définie en fonction de trois critères:

- Erreur de position minimale $[E]$: indique la limite d'erreur inférieure résultant du retard de transmission t_{Tx} .

- Erreur de position maximale $\lfloor E \rfloor$: est la limite supérieure qui se produit lorsque la position d'un véhicule est recherchée (ε) juste avant de recevoir le prochain beacons de ce véhicule.
- Erreur de position moyenne \bar{E} : exprime l'erreur moyenne en supposant que l'événement de recherche de la position est uniformément réparti entre la différence de temps minimum et maximum à l'événement de transmission de beacons.

L'équation de la métrique est la suivante :

$$\bar{E} = \frac{\lfloor E \rfloor + \lceil E \rceil}{2} = vt_{Tx} + \frac{v(f_B^{-1} - \varepsilon)}{2}. \quad (1)$$

Les deux critères qui déterminent le beaconing adaptatif sont : la précision et la charge offerte [29, 30].

La métrique pour l'exactitude de position est réalisée selon différentes situations :

La figure 10 donne un aperçu de ces situations. Pour chacun d'entre eux, nous discutons l'impact sur la précision et la charge offerte.

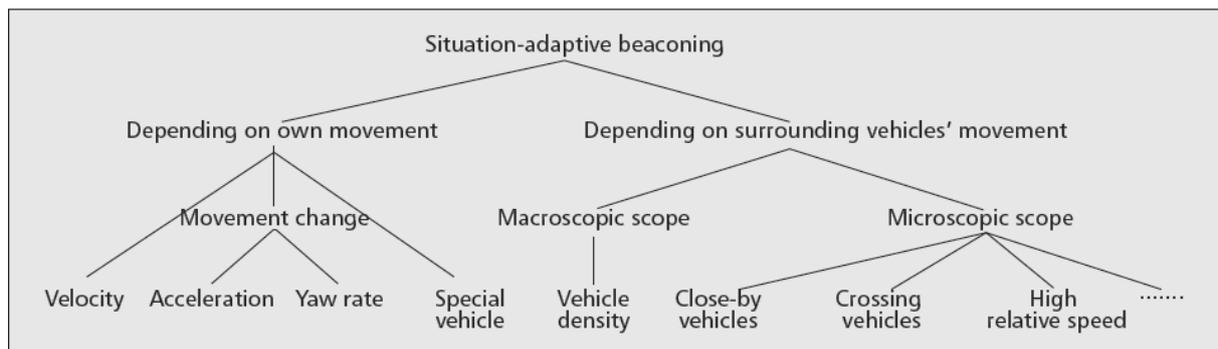


Figure 10: Vue d'ensemble des schémas essentiels pour le beaconing adapté à la situation [31]

2.4.1.2. Adaptation selon le mouvement du véhicule

Cette adaptation considère uniquement l'état actuel du véhicule émetteur. Selon la Figure 10, trois critères principaux peuvent être pris en compte. Le premier critère est la vitesse d'un véhicule.

Le deuxième critère repose sur les situations dangereuses où un véhicule change son mouvement. Par exemple, freiner lourdement, tourner ou changer de voie, qui peuvent déclencher un taux de beaconing plus élevé.

Le dernier critère concerne les véhicules avec des mouvements spéciaux, comme les véhicules d'urgence, qui peuvent avoir un taux de beaconing plus élevé, en informant les autres véhicules pour dégager le chemin [32].

2.4.1.3. Adaptation selon le mouvement des véhicules environnants

Les systèmes décrits dans cette section sont basés sur la connaissance des véhicules environnants.

- Situation du trafic macroscopique :
 - Des situations avec des densités élevées de véhicule peuvent constituer un problème pour une communication fiable puisque la capacité du canal peut être dépassée. Pour réduire de manière proactive la charge offerte, le taux de beacons doit être abaissé au cas où la densité du véhicule serait élevée.
 - Une autre approche consisterait à réduire le taux de beacons en fonction du nombre de messages reçus par seconde au lieu du nombre de véhicules communicants. Le problème est la répartition inégale des taux de beacons à différents véhicules. En supposant que le véhicule A augmente la vitesse, le véhicule B réagit à ceci avec une réduction de la vitesse des beacons, conduisant potentiellement à une augmentation encore plus importante de la vitesse des beacons par le véhicule A.
- Situation du trafic microscopique :

L'impact sur la charge offerte est faible par rapport aux situations macroscopiques où tous les véhicules réagissent en parallèle. Les réactions microscopiques déclenchent une augmentation du débit des beacons dans des situations particulières [33].

2.4.1.4. Précision par rapport à la charge offerte

Imaginez un embouteillage avec un certain taux de beacons, ce dernier doit être augmenté au cas où la situation du trafic change pour avoir une précision plus élevée.

2.4.2. L'estimateur du filtre de Kalman

Dans [34], ils proposent une méthode d'estimation basée sur le filtre de Kalman [35] afin de diminuer le nombre de messages émis pour réduire le nombre de collisions.

Le filtre de Kalman est un ensemble d'équations mathématiques qui fournit une méthode qui permet l'estimation de l'état d'un processus, de façon à minimiser l'erreur.

Un algorithme de filtre de Kalman est implémenté dans chaque véhicule pour estimer l'emplacement longitudinal et latéral du véhicule.

La figure 11 montre le schéma fonctionnel de la méthode, Le bloc Scheduler détermine si une transmission est nécessaire ou pas. À chaque 100 ms, le Scheduler permet la transmission si l'erreur de l'emplacement transmis précédent est supérieure à un seuil, bien sûr à partir de l'emplacement réel. Une transmission fraîche est effectuée si aucune estimation n'est disponible. En d'autres termes, lorsque les voisins sont informés de l'emplacement du véhicule, aucune transmission n'est effectuée.

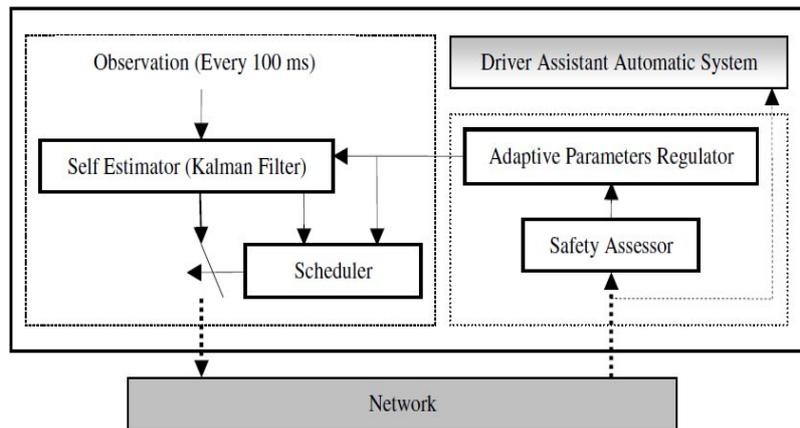


Figure 11: Schéma fonctionnel de la méthode [35]

Lorsqu'un paquet est reçu par un véhicule, la distance et la vitesse relative entre l'émetteur et le récepteur sont calculées. Ces deux facteurs nous permettent de reconnaître l'état de sécurité de la situation. L'objectif principal des paramètres adaptatifs (distance, vitesse) est de fournir une situation sûre pour le véhicule et ses voisins.

Si la distance entre deux véhicules est inférieure à la valeur absolue de la vitesse relative, le véhicule récepteur reconnaît un état dangereux. Par conséquent, les paramètres adaptatifs de ce véhicule sont ajustés de la manière suivante: le seuil d'erreur d'estimation longitudinale et latérale diminue respectivement à 1 m et 0,5 m, et le nombre d'étapes d'estimation se réduit à 2. Sinon, si l'état est considéré comme sûr, le seuil d'erreur d'estimation longitudinale augmente à 2 m et le seuil d'erreur d'estimation latérale augmente à 1 m et le nombre d'étapes d'estimation passe à 9.

Pour plus d'attention en comparaison avec la distance (notée d) et la vitesse relative (notée v), le seuil d'erreur d'estimation longitudinale égale à 2 m et le seuil d'estimation latérale égal a 1m et le nombre d'étape d'estimation est égale a 9, qui est ajoutée à la valeur absolue de la vitesse relative. Pour augmenter la sécurité, une autre quantité constante peut être ajoutée (noté s). En d'autres termes, lorsque la relation (1) est établie, la situation de sécurité sera acquise.

$$(|v| + 2 + s) < d$$

2.4.3. L'approche ABRP (adaptive beaconing radiodiffusion protocole)

Pour résoudre le problème de taux de beaconing, le protocole ABRP [36] a été proposé. Ou il adapte le rythme de radiodiffusion au changement de distance de freinage.

Pour obtenir des informations de conduite quasi instantanées on doit avoir un taux de diffusion de beacons plus élevé. Dans les situations dangereuses l'augmentation du taux de beaconing pour tout les véhicules est nécessaire pour freiner, cette opération à besoin d'une distance d'arrêt, cela conduit à augmenter la congestion de canal qui peut élever le taux de collision de beacons.

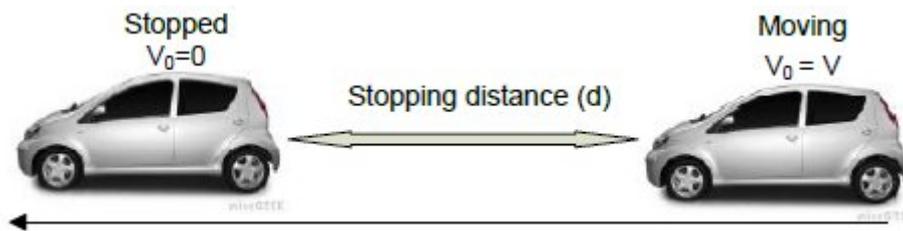


Figure 12: Distance d'arrêt [36]

Le taux de beacons adaptatif peut permettre aux véhicules de paramètres de conduite supérieurs de changer le taux de diffusion à une fréquence plus élevée. Cela peut aider à obtenir des informations de conduite proches du temps réel du véhicule en mouvement. Comme le montre la figure 12, la distance d'arrêt d comprend deux parties: distance de réflexion (t_d) et distance de rupture (b_d) exprimée en :

$$d = t_a + b_a$$

La distance de réflexion t_d est la distance parcourue par un véhicule entre le moment où le besoin de freiner est perçu par le conducteur et le moment où le conducteur pousse la pédale de frein. Alors que la distance de rupture b_d est la distance entre le moment où la pédale de frein est appliquée et le moment où le véhicule vient à l'arrêt complet.

La distance de réflexion est estimée à partir des tables et des courbes qui montrent la vitesse du véhicule et sa distance de réflexion correspondante. La distance de freinage dépend de nombreux facteurs: la masse du véhicule, la vitesse, le type de système de freinage, le coefficient de frottement entre la surface de la route et les pneus, la gravité de la Terre, la pente de la route... Etc.

Typical Stopping Distances

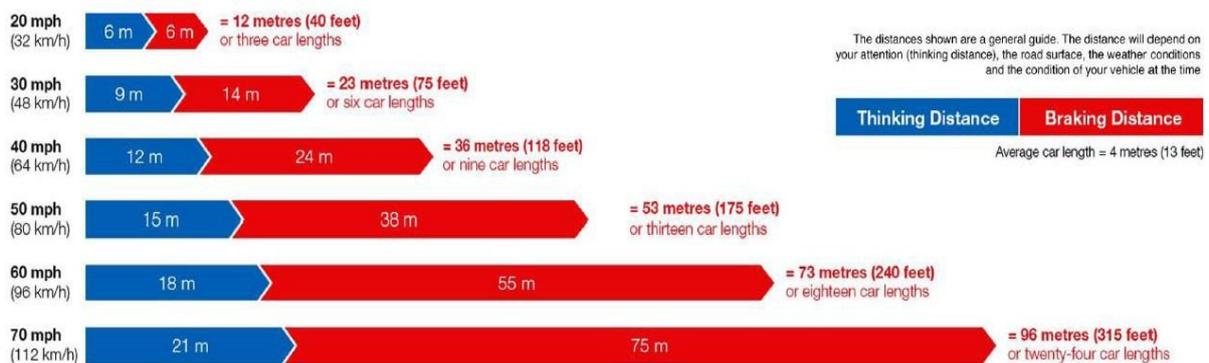


Figure 13: Distance d'arrêt typique [36]

Dans la figure ci-dessus, on remarque que plus la distance de réflexion augmente plus on obtient une distance d'arrêt plus élevée.

- L'intervalle de beaconing (I) est calculé comme suit :

$$I = \frac{1}{d \alpha}$$

Chapitre II Quelques approches de beaconing adaptatif dans les VANETs

Où d est la distance d'arrêt et α est le coefficient de beaconing.

Dans [37], les équations qui permettent de calculer la distance d'arrêt sont comme suit:

- L'énergie cinétique E est donnée par :

$$E = \frac{1}{2} m v_0^2$$

Où m est la masse du véhicule, et v_0 la vitesse initiale lors du freinage.

- Le travail W effectué par freinage est donné par :

$$W = \mu m g d$$

Où μ est le coefficient de frottement entre la surface de la route et les pneus. Le tableau 2 montre différentes valeurs pour différentes conditions routières, ou g est la gravité de la Terre.

Parameter	Value
Dry asphalt	0.8-1.2
Wet asphalt	0.5-0.8
Snow	0.1-0.3
Ice	0.03-0.15

Tableau 2: coefficient de friction de la route

- La distance de freinage est donnée en mettant $W = E$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \mu m g d$$

Pour confirmer la validité de cette équation, ils ont montré par simulation que la distance d'arrêt augmente rapidement avec l'augmentation de la vitesse du véhicule comme illustré dans la figure 14.

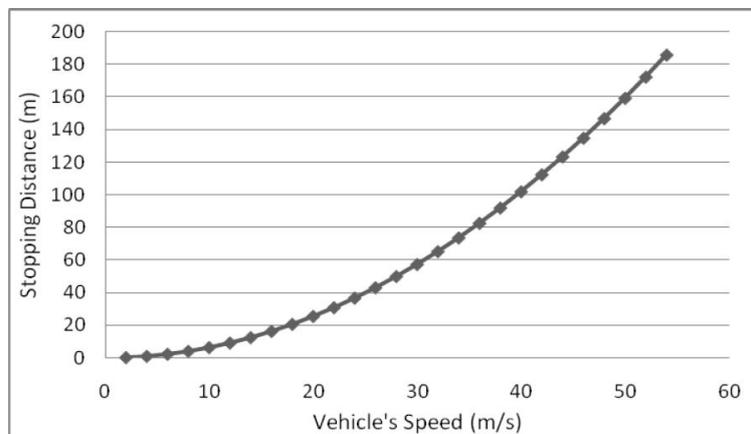


Figure 14: relation entre la distance d'arrêt et la vitesse du véhicule

La figure 15 représente la relation entre la distance d'arrêt et l'intervalle de radiodiffusion de beacons. L'intervalle de beaconing augmente rapidement lorsque la distance d'arrêt augmente.

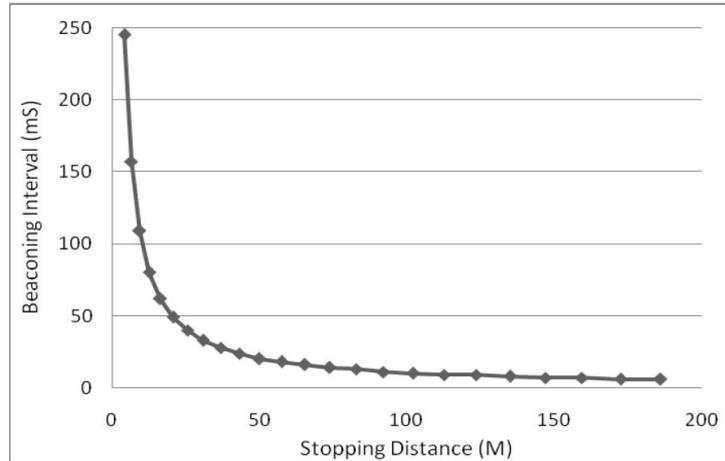


Figure 15: la relation entre la distance d'arrêt et l'intervalle de radiodiffusion de beaconing

2.4.4. L'approche basée sur la logique floue ABR

Dans [38], pour résoudre le problème de répartition inégale des véhicules, allant du trafic dense d'heure de pointe à des volumes épars de fin de nuit. L'approche basée sur la logique floue (ABR) a été proposée.

L'approche ABR intelligente utilise un système de logique floue [39,40]. Cette dernière est un processus de prise de décision basé sur des fonctions d'appartenance d'entrée et un groupe de règles floues. Il est appliqué pour contrôler le taux de beacons basé sur des mesures intelligemment combinées (pourcentage des mêmes véhicules directionnels et leur statut d'urgence ou non-urgence).

2.4.4.1. État d'urgence des véhicules (VS)

Dans un environnement réel hétérogène, différents types de véhicules, avec différents types de statut, communiquent entre eux. Certains véhicules peuvent se déplacer sur la route avec un état d'urgence, ces véhicules doivent augmenter le taux de beacons pour être en mesure d'informer les véhicules voisins pour nettoyer la route.

2.4.4.2. Pourcentage de véhicules directionnels

Le taux de beacons est contrôlé en fonction du pourcentage des véhicules directionnels, ce taux de beacons varie selon l'augmentation ou la diminution des véhicules voisins directionnels, ce pourcentage de véhicules circulant dans la même direction est considéré comme une entrée puisque il combine implicitement la direction des véhicules, la densité du trafic et la vitesse des véhicules.

Dans la Figure 16, les véhicules 1, 2, 3, 4 et 5 se déplacent dans le même sens tandis que 6, 7 et 8 se déplacent dans la direction opposée. Si le véhicule 1 veut trouver le pourcentage de véhicules voisins dans la même direction, il peut effectuer le calcul suivant:

$$PDN = NND/TNN$$

Où PDN est le pourcentage des nœuds voisins de la même direction, et NND détermine le nombre de nœuds voisins de la même direction et TNN est le nombre total de nœuds voisins. De plus, un véhicule peut calculer sa direction relative avec d'autres véhicules lorsque sa direction propre et celle de ses voisins sont connues.

Par exemple: si le véhicule a est en mouvement dans une direction (dx_a, dy_a) et le véhicule b est en mouvement dans une direction (dx_b, dy_b). L'angle d'appui (σ) entre un véhicule et son voisin est calculé comme suit [38]:

$$\cos \sigma = \frac{dx_a \cdot dx_b + dy_a \cdot dy_b}{\sqrt{dx_a^2 + dy_a^2} \cdot \sqrt{dx_b^2 + dy_b^2}}$$

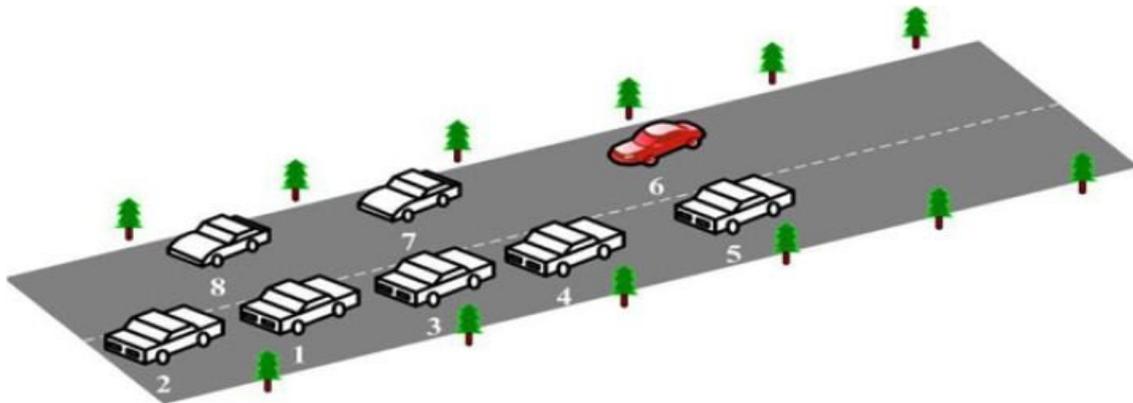


Figure 16: le scénario de véhicule montrant l'état des véhicules d'urgence (véhicule numéro 6) / normal (véhicules restants) et le pourcentage des mêmes véhicules directionnels [39]

L'algorithme 1 décrit le principe de l'ABR [38] :

Algorithme 1 :

Initialiser BRc

Si le message Beacon est reçu

Alors Trouver un pourcentage de véhicules voisins de même direction

 Trouver sa propre situation d'urgence

 Déclenchement de système d'inférence floue

Obtenir la valeur de BRr

$$BRn = BRc + \gamma (BRr - BRc)$$

$$BRc = BRn$$

$$BIT = 1/ BRc$$

Sortie de la valeur de BIT

Fin si

Chaque fois qu'un véhicule reçoit un beacons de ses voisins, le véhicule vérifie le pourcentage de véhicules voisins directionnels et son état d'urgence. Après avoir collecté ces informations, il déclenche le système d'inférence floue pour calculer la valeur de taux de beacons requis (BRr). La nouvelle valeur de Beacon Rate (BRn) est alors calculée sur la base de l'équation suivante:

$$BRn = BRc + \gamma (BRr - BRc)$$

Lorsque BRn est la nouvelle valeur du taux de beacons, BRc est la valeur courante du taux de beacons, BRr est le débit de beacons requis qui est la sortie du système d'inférence floue. De plus, γ est le facteur de pondération qui est utilisé pour maintenir la valeur de BRn.

Si la valeur de $\gamma = 0$, $BRn = BRc$, c'est-à-dire qu'elle annule l'effet de l'adaptation du débit de beacons. D'autre part, $\gamma = 1$ conduit à une augmentation ou diminution abrupte du débit de beacons. Cela entraînerait une réduction de la congestion ou la précision des canaux transitoires. Après l'obtention de la nouvelle valeur de la fréquence de beacons, ils ont déterminé la valeur de Beacon Interval Time (BIT), ce qui permet de programmer la prochaine beacons en secondes BIT. De plus, la valeur du débit de beacons requis dépend du système d'inférence floue conçu.

2.4.4.3. Conception du système de prise de décision en logique floue

Comme le montre la Figure 17, le système d'inférence floue consiste en fuzzification, moteur d'inférence et défuzzification. La première étape dans la conception d'un système d'inférence floue est de déterminer les variables d'entrée et de sortie et leur ensemble flou des fonctions d'appartenance. Ceci est suivi par la conception de règles floues pour le système. De plus, un groupe de règles est utilisé pour représenter le moteur d'inférence pour articuler l'action de contrôle [39,40].

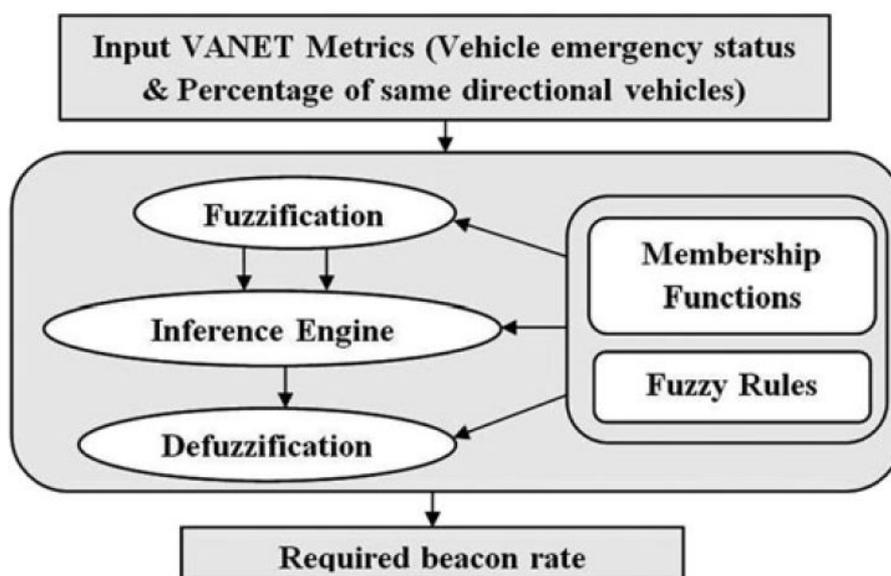


Figure 17 : Composants de logique floue (fuzzification, moteur d'inférence et défuzzification) pour générer la fréquence de beacons (BRr) [39]

2.4.4.3.1. Fuzzification des entrées et des sorties

Les deux paramètres d'entrée à fuzzifier sont le pourcentage de véhicules voisins directionnels (PDN) et l'état du véhicule (VS) [38], comme illustré à la Figure 18.

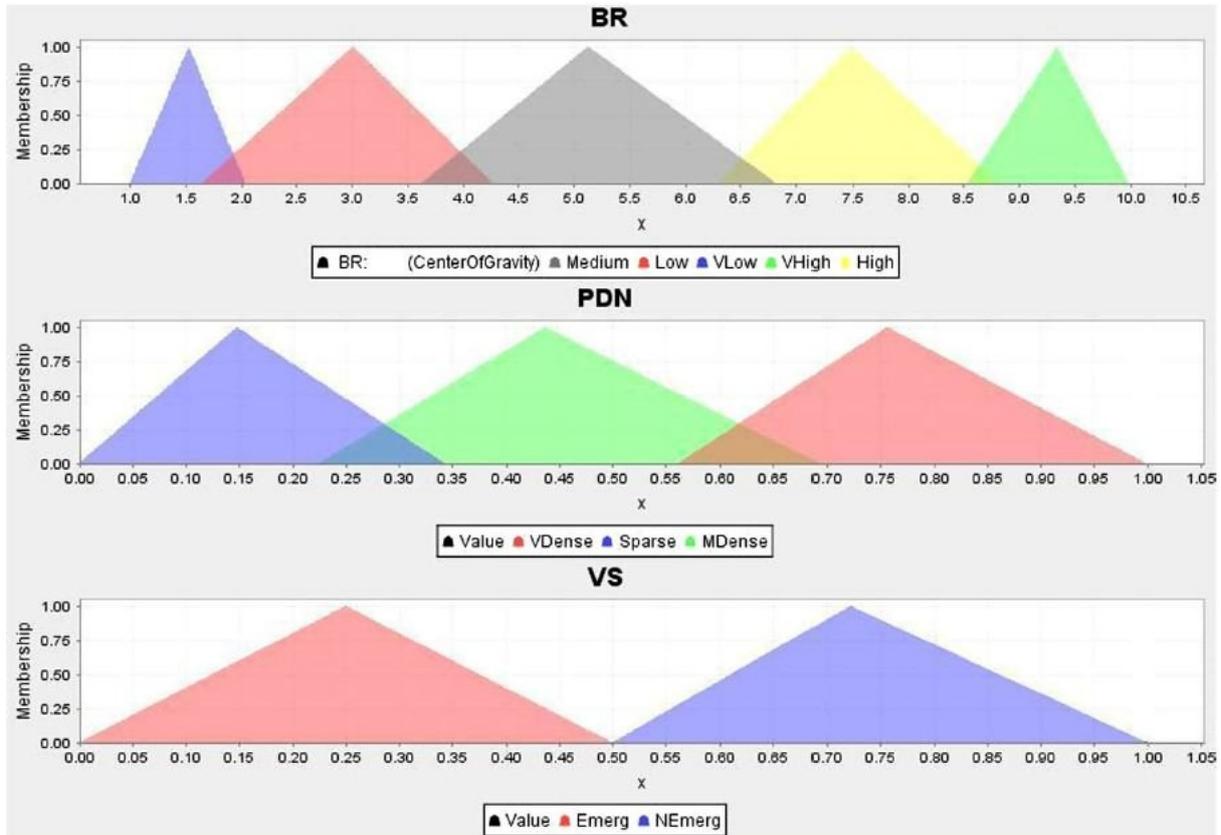


Figure 18 : Fonctions d'appartenance floues pour les variables d'entrée (VS) et Pourcentage de vecteurs directionnels (PDN) et de sortie (Beacon Rate (BRr)) [38]

Les fonctions d'appartenance nommées Sparse, MDense et VDense sont utilisées pour représenter le PDN. La sélection des fonctions d'appartenance au PDN peut être dérivée en fonction de l'expérience ainsi que de l'essai et de l'erreur de l'application requise, ainsi la plage commence à (0) et se termine en (1). Le raisonnement derrière cette gamme est qu'un nœud peut ne pas avoir un même nœud directionnel voisin (0) ou tous les véhicules se déplacent dans la même direction (1). Lorsque des véhicules sont en mouvement, la valeur de PDN peut varier entre sa valeur minimale et sa valeur maximale. Ainsi, la valeur du débit de beacons est adaptée en réponse à cette variation de pourcentage combinée intelligemment avec l'état des véhicules (VS).

En outre, la variable floue VS est représentée par des valeurs nettes ou discrètes, car l'état des véhicules est soit d'urgence, soit non d'urgence. La représentation de valeurs discrètes de variables floues dans le système d'inférence floue sert pour ajuster le débit de données. Les fonctions d'appartenance Emerg et NEmerg sont utilisées pour représenter le statut d'urgence ou non d'urgence des véhicules, il n'y a pas d'intersection entre Emerg et NEmerg aux axes x. La vitesse de beacons de sortie est configurée dans une plage comprise entre (1 à 10 beacons / seconde), Plus cette valeur est élevée, plus le temps de cycle de service pour la génération de beacons est faible.

2.4.4.3.2. Moteur d'inférence floue

Le moteur d'inférence flou est un groupe de règles développées à l'aide de connaissances spécialisées, qui relient les entrées et les sorties. Le système d'inférence floue est conçu sur la base de 6 règles qui sont présentées dans le tableau 3 et la figure 19.

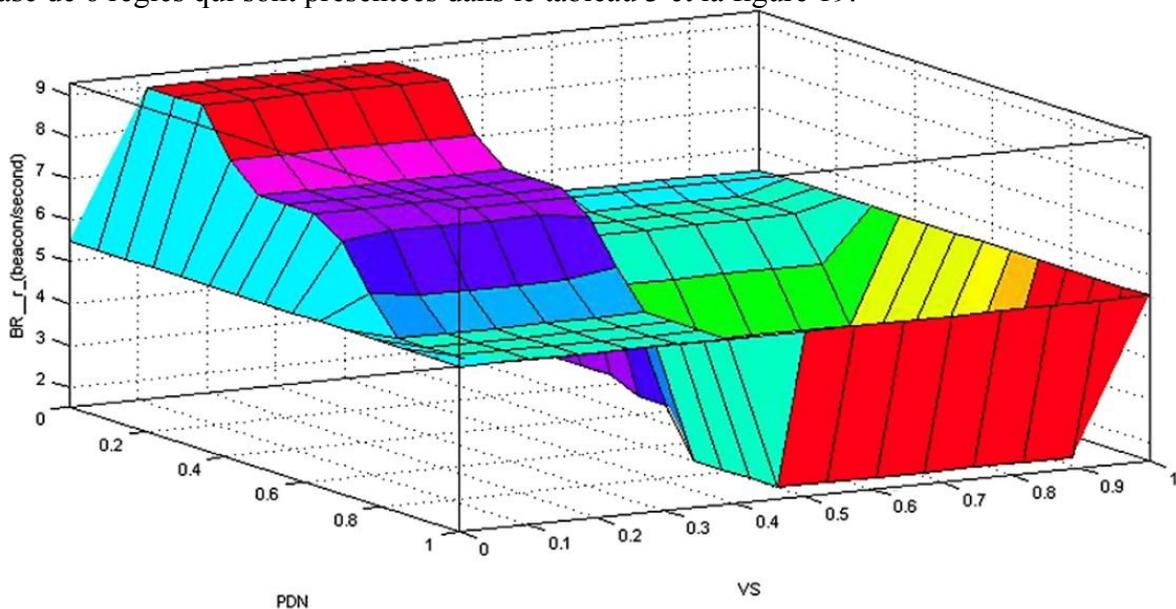


Figure 19 : Corrélation entre les entrées (PDN et VS) et la sortie (BRr) [38]

Rule	IF		THEN BRr
	Percentage of Direc	Vehicle Status	
1	Sparse	Emerg	VHigh
2	MDense	Emerg	High
3	VDense	Emerg	Medium
4	Sparse	NEmerg	Medium
5	MDense	NEmerg	Low
6	VDense	NEmerg	VLow

Tableau 3: Structure de la connaissance basée sur des règles floues

Une règle est utilisée pour montrer comment le moteur d'inférence fonctionne et les sorties de chaque règle sont combinées pour générer la décision floue. Considérons une règle If (PDN est Sparse) et (VS est NEmerg) alors (BR (beacon / second) est Medium) comme un exemple de calcul de sortie de la règle spécifiées

2.4.4.3.3. Défuzzification

La défuzzification fait référence à la façon dont une valeur nette est extraite d'une valeur de consigne floue. Dans notre prise de décision floue, nous prenons le centre de gravité de la stratégie de zone pour défuzzifier. Cette méthode défuzzifier est basée sur l'équation suivante:

$$R = \frac{\sum_{AllRules} x_i \times \beta(x_i)}{\sum_{AllRules} \beta(x_i)}$$

Où R est utilisé pour spécifier le degré de prise de décision, xi est la variable floue et β (xi) est sa fonction d'appartenance. Sur la base de cette méthode de défuzzification, la sortie du taux de beacons est changée en valeur nette.

2.4.5. Un schéma de contrôle des fréquences de beacons basé sur la logique floue

Dans [41], la logique floue est utilisée pour contrôler le taux de beacons des véhicules selon trois facteurs, le facteur d'occupation de canal CBR, le facteur de densité local qui détermine le nombre de beacons dans une certaine plage et en fin le facteur de mobilité.

Le contrôle de congestion de canal est divisé en deux approches, contrôle de puissance et contrôle de débit. la commande de puissance ajuste la puissance d'émission des messages ce qui réduit le nombre de véhicule occupant le canal, en d'autre part le contrôle de débit sert à réduire le taux d'occupation de canal en contrôlant le taux de génération de beacons.

Le protocole utilisé contrôle le taux de génération de beacons jusqu'à ce qu'un seuil CBR défini soit atteint. Un seuil fixe peut ne pas satisfaire à l'exigence d'un réseau dynamique élevé de véhicule.

Le nœud utilise la méthode Clear Channel Assessment (CCA) [42] pour détecter si le canal est occupé. Le canal est occupé lorsque l'intégration de la force de signal mesurée est supérieure au seuil de CCA pendant une fenêtre de temps donnée. Pour mesurer le rapport du temps occupé par le canal, l'intervalle d'observation OI est divisé en un ensemble de mini-slots et l'état du canal sera mesuré dans chaque mini-slot via CCA. Le CBR serait calculé par l'équation suivante (cb_k est 1 pour le mini-slot occupé et 0 autrement):

$$CBR = \frac{\sum_{k=1}^N cb_k}{N}, N = T_{OI} / T_{minislot}.$$

Pour un véhicule donné, la densité locale K résultante peut être approchée par :

$$K = \left(\frac{(1 - f_s)^{\eta+1}}{\lambda} + 1 \right)^{-1}, \quad (2)$$

Où η est un paramètre qui indique la qualité de service QoS dans le réseau de transport et λ est une mesure normalisée pour la sensibilité de l'interaction du véhicule. Le paramètre f_s qui appartient à $[0,1]$ concerne la vitesse du véhicule et le flux de trafic. f_s augmente lorsque le trafic passe du flux libre au flux congestionné.

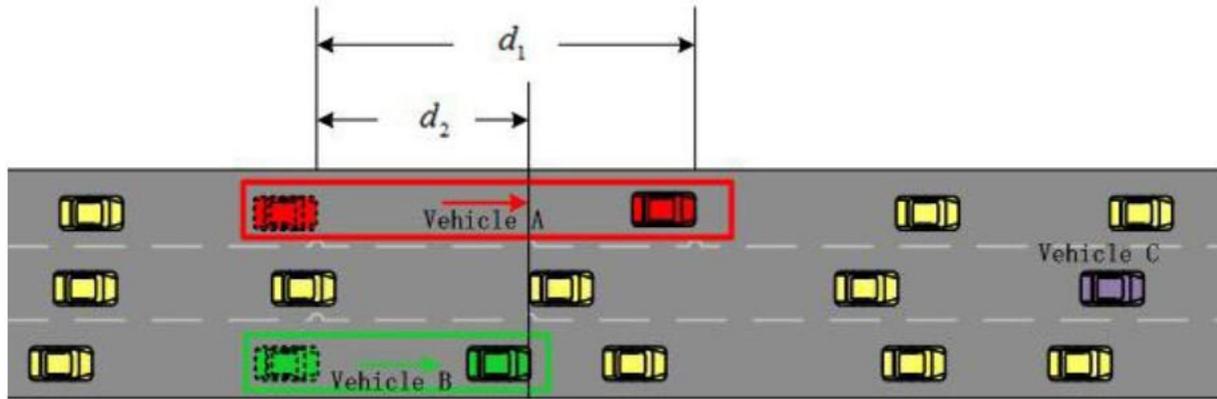


Figure 20: Les différentes vitesses relatives dans une situation réelle [43]

Voyons une situation illustrée à la Figure 20, qui est un instantané de flux de trafic supposant à l'instant t_2 , le véhicule rouge A tracé en pointillé est affiché à des fins de comparaison. Il représente la position du rouge en pleine ligne à une heure antérieure t_1 . Il en va de même pour la paire verte. d_1 et d_2 désignant respectivement la distance parcourue par le véhicule A et le véhicule B sur la même période t_1-t_2 .

La vitesse moyenne de A est plus élevée que celle de B. Le véhicule A a donc voyagé plus loin. En admettant que le véhicule A et B aient le même taux de beacons, A peut souffrir d'une précision inférieure car A n'est pas en mesure d'informer ses connaissances à temps pour des véhicules tels que C.

Le nœud calcule un facteur de mobilité (MF) dans les équations (3) et (4). MF indique le niveau moyen de mobilité de tous les nœuds voisins. $d_i(x)$ est la distance entre le nœud courant et le nœud X au temps i . R est la plage de communication maximale et NB est le nombre de voisins [43].

$$M(X) = 1 - \frac{|d_i(X) - d_{i-1}(X)|}{R}, \quad (3)$$

$$MF = \frac{1}{NB} \sum_{NB} M(X). \quad (4)$$

2.4.5.1. Fuzzification

Processus de conversion d'une valeur numérique en une valeur floue à l'aide d'une fonction d'appartenance floue appelée fuzzification [44]. Les fonctions d'appartenance floue du facteur CBR, du facteur de densité local et du facteur de mobilité sont définies à la Figure 21, 22 et 23.

Un nœud utilise la fonction d'appartenance CBR pour calculer dans quelle mesure le facteur CBR appartient à High, Medium, Low. De même, le nœud émetteur calcule également dans quelle mesure le facteur de densité local appartient à Large, Medium, Small et dans quelle mesure le facteur de mobilité appartient à Fast, Medium, Slow.

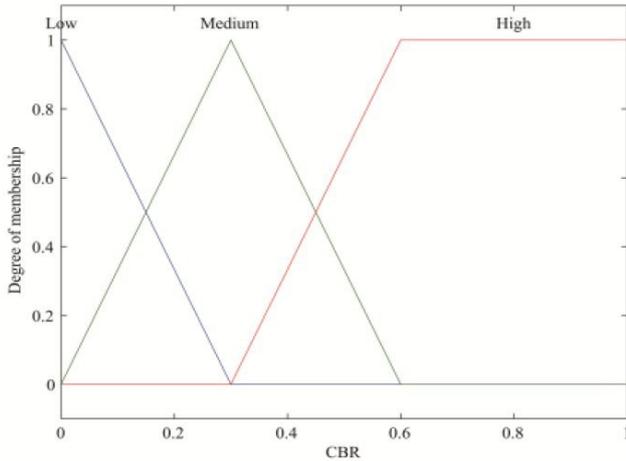


Figure 21: fonction d'appartenance CBR

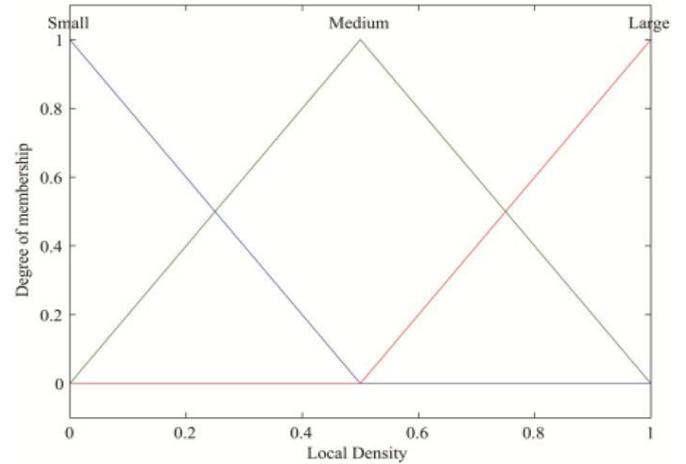


Figure 22: Fonction d'appartenance
à la densité locale

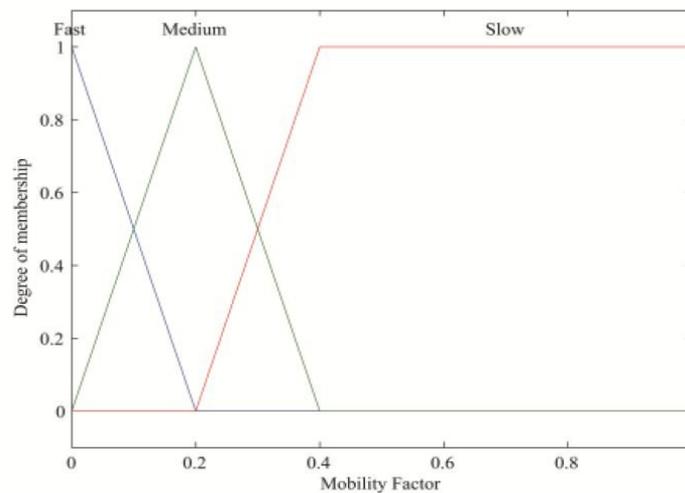


Figure 23: Fonction d'appartenance au
facteur de mobilité

2.4.5.2. Base des règles

En se basant sur les valeurs floues du facteur CBR, du facteur de mobilité et du facteur de densité locale, un nœud utilise les règles IF / THEN comme défini dans le tableau 4, pour calculer le rang de l'état de congestion des canaux. Les variables linguistiques du rang sont définies comme très faible, faible, moyen, élevé, très élevé. Nous utilisons la méthode Min-Max pour combiner leurs résultats d'évaluation.

	CBR	Local Density	Mobility	Rank
Rule 1	Low	Small	Fast	Very High
Rule 2	Low	Small	Medium	Very High
Rule 3	Low	Small	Slow	High

Rule 4	Low	Medium	Fast	Very High
Rule 5	Low	Medium	Medium	High
Rule 6	Low	Medium	Slow	High
Rule 7	Low	Large	Fast	High
Rule 8	Low	Large	Medium	Medium
Rule 9	Low	Large	Slow	Medium
Rule 10	Medium	Small	Fast	High
Rule 11	Medium	Small	Medium	Medium
Rule 12	Medium	Small	Slow	Medium
Rule 13	Medium	Medium	Fast	Medium
Rule 14	Medium	Medium	Medium	Medium
Rule 15	Medium	Medium	Slow	Low
Rule 16	Medium	Large	Fast	Medium
Rule 17	Medium	Large	Medium	Low
Rule 18	Medium	Large	Slow	Low
Rule 19	High	Small	Fast	Medium
Rule 20	High	Small	Medium	Low
Rule 21	High	Small	Slow	Low
Rule 22	High	Medium	Fast	Low
Rule 23	High	Medium	Medium	Very Low
Rule 24	High	Medium	Slow	Very Low
Rule 25	High	Large	Fast	Very Low
Rule 26	High	Large	Fast	Very Low
Rule 27	High	Large	Slow	Very Low

Tableau 4: les règles de bases

2.4.5.3. Défuzzification

Défuzzification est le processus de production d'un résultat numérique basé sur une fonction d'appartenance de sortie et des degrés d'appartenance correspondants. La fonction d'appartenance de sortie est définie à la Figure 24. Ici nous utilisons la méthode Center of Gravity (COG) pour défuzzify le résultat flou comme suit:

$$D = \frac{\sum_{AllR\grave{e}gles} x_i \times \beta(x_i)}{\sum_{AllR\grave{e}gles} \beta(x_i)}, \quad (5)$$

Où R est le degré de prise de décision, x_i est le facteur flou et $\beta(x_i)$ est sa fonction d'appartenance. Sur la base de cette méthode de défuzzification, la sortie du taux de beacons est changée en valeur nette.

2.4.5.4. Mécanisme de contrôle des taux

Après avoir estimé l'état de congestion par logique floue, nous utilisons le diagramme de diminution multiplicative d'augmentation additive (AIMD) pour contrôler le débit de délivrance de beacons. La fréquence de beacons (BR) est initialisée à 10 paquets par seconde, et à chaque intervalle d'observation OI, le taux de beacons est adapté comme suit:

$$BR = \begin{cases} BR/2 & 0 < R < \gamma \\ BR+1 & R \geq \gamma \end{cases}, \quad (6)$$

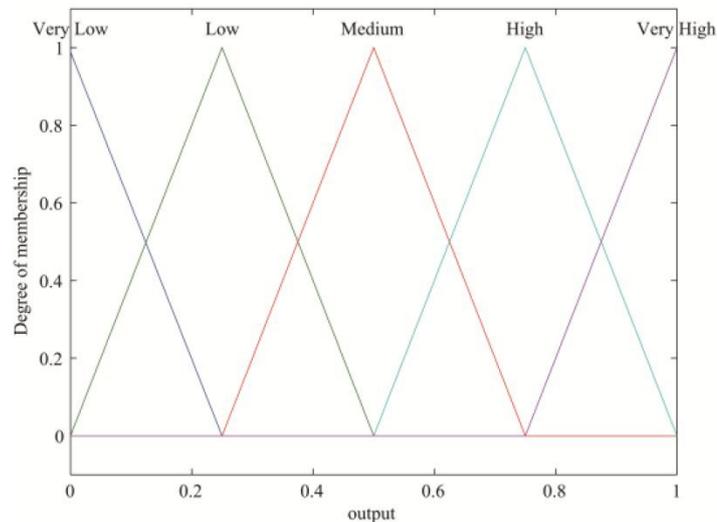


Figure 24 : Fonction d'appartenance de sortie

Où γ est le seuil de décision, lorsque γ est égal à 0,6, le système de contrôle fonctionne le mieux.

2.5. Conclusion

Tout au long de ce chapitre, nous avons cité quelques approches d'adaptative beaconing dans les réseaux véhiculaires, d'abord nous avons présenté la métrique de position selon différentes situation macroscopique et microscopique, ensuite l'estimateur de filtre de Kelman qui prévoit la position du véhicule, puis une approche basée sur le protocole ABRP pour adapter le rythme de beacons au changement de distance de freinage, enfin nous avons abordé les approches basées sur la logique flou avec deux manières différentes la première est basée sur ABR et tient compte du pourcentage de véhicules circulant dans la même direction et leur statu et la deuxième qui est basée sur trois facteurs qui sont l'occupation de canal (CBR), la densité et le facteur de mobilité.

Dans le prochain chapitre nous allons simuler l'approche ABRP basée sur la distance d'arrêt.

Chapitre 1

Vue générale sur les Réseaux véhiculaires

Chapitre 2

Quelques approches de beaconing adaptatif dans les VANETs

Chapitre 3

Simulation d'une approche ABRP

3.1. Introduction

Le but de toute simulation est de tester les systèmes réalisés avant qu'ils soient mis en marche afin de déterminer les conditions exactes de leur fonctionnement, évaluer leurs performances et prévoir les différents états liés à ces systèmes et donc de bien réagir et prendre des décisions.

Dans ce chapitre, nous simulons l'approche ABRP afin de montrer que le beaconing adaptif améliore les performances de réseau en terme de paquet perdu pour cela on utilise OMNET ++, VEINS et SUMO.

Nous commençons par une présentation de la simulation dans les VANET. Nous décrivons ensuite, l'environnement de travail, les outils et les étapes suivies.

3.2. Simulation dans les VANET

La simulation dans les VANET implique deux différents aspects. Le premier réside aux problèmes liés à la communication entre les véhicules. Un simulateur de réseau, comme OMNeT++, fait face à ces problèmes, il se focalise sur les caractéristiques du protocole de réseau, le deuxième aspect très important est lié à la mobilité des noeuds « véhicules », c'est le simulateur SUMO qui gère la mobilité et le mouvement des véhicules.

3.3. Environnement de travail

3.3.1. OMNeT++

Objective Modular Network Test-bed in C++ est un espace de simulation modulaire à base de composants Open Source. Son domaine d'application principal est celui des réseaux de communication. OMNeT++ présente une architecture générique et flexible ce qui lui permet aussi d'être efficace dans d'autres domaines tels que les systèmes informatiques, les réseaux de files d'attente, des architectures matérielles, ou même des processus d'affaires [45].

3.3.1.1. Architecture d'OMNeT++

L'architecture du modèle OMNeT++ se compose de plusieurs modules hiérarchiquement imbriqués qui sont :

- Le module système
- Modules simples (les feuilles) : programmés en C++ encapsulant le comportement d'un réel d'un système. Pour chaque module simple correspond un fichier.cc et un fichier.h.
- Modules composés : constitués d'un ou de plusieurs modules simples ou des modules composés reliés entre eux. Les paramètres, les ports et les modules de chaque module sont spécifiés dans un fichier.ned. l'architecture d'OMNeT++ est visualisée dans la figure suivante :

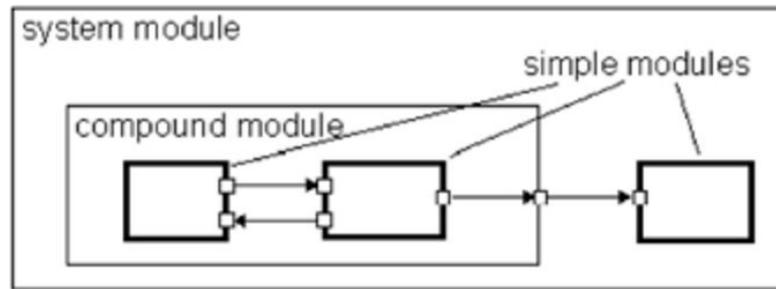


Figure 25: Architecture modulaire du simulateur OMNeT++ [45]

Dans la construction d'un nouveau programme de simulation, il y'aura à chaque fois des informations chargées dynamiquement telles que la topologie du réseau à partir des fichiers.ned et les configurations sont disponibles dans les fichiers « .ini ». Lors de la simulation, différents fichiers trace seront remplies. On a aussi le « Plove » qui est un outil pouvant visualiser les données enregistrées. Les deux fichiers omnet.vec et omnet.sca seront utiles lors du traçage de la courbe et du calcul des statistiques [45].

3.3.2. VEINS Framework

VEINS [44] est un Framework open source qui permet d'exécuter des simulations des réseaux ad-hoc véhiculaires VANET. Il est basé sur deux simulateurs qui sont OMNeT++ et SUMO . Sont architecture est illustrée dans la Figure 26.

Les deux simulateurs sont combinés pour offrir une plateforme complète de modèles pour la simulation des VANET.

La simulation du trafic routier est effectuée par SUMO, qui est désigné pour le domaine de l'ingénierie de trafic. La simulation des communications réseaux est effectuée par OMNeT++ avec la modélisation de la couche physique grâce au modelés MIXIM [46], ce qui permet d'employer des modèles précis pour les interférences radio, ainsi que l'observation par des obstacles fixes et mobiles.

Les deux simulateurs sont interconnectés et des simulations sont effectuées. De cette façon, l'influence des réseaux de véhicules sur la circulation routière peut être modélisée et des interactions complexes entre les deux simulateurs sont possibles grâce à une connexion via un socket TCP [47].

3.3.3. Le simulateur de mobilité SUMO

SUMO « Simulation of Urban MObility » est un logiciel open source disponible pour Windows et Linux, qui permet d'effectuer des simulations de trafic routier. Il est très portable et nécessite uniquement l'installation des bibliothèques C++. Il permet la simulation de trafic microscopique, multi-modal, et de simuler la manière dont une demande de trafic donnée qui se compose de véhicules individuels se déplace à travers un réseau routier donné.

La simulation permet d'aborder un large éventail de sujets de gestion du trafic. Elle est purement microscopique : chaque véhicule est modélisé de manière explicite, présente une voie propre, et se déplace individuellement à travers le réseau.

SUMO comprend toutes les applications nécessaires pour préparer et effectuer une simulation de trafic (réseau et itinéraires importation, DUA, simulation), une simulation mouvement du véhicule spatial continu et à temps discret. Il offre aussi différents types de

véhicules, rues à plusieurs voies avec changement de voie, signalisations différentes à droite de la voie, feux de circulation. Avec une interface utilisateur graphique rapide openGL, Il gère des réseaux avec plus de 10.000 bords (rues) avec une vitesse d'exécution rapide (jusqu'à 100.000 véhicules mises à jour/s sur une machine à 1GHz). L'interopérabilité avec d'autres applications lors de l'exécution nous a permis de l'inter-connecter avec OMNeT++ via une connexion TCP avec une seule ligne dans l'invité de commande (Mingwenv) [49] :

```
/"veins path"/sumo-launchd.py -vv -c /c/"sumo path"/bin/sumo-gui.exe
```

3.3.4. La liaison OMNET++, VEINS et SUMO

La figure suivante montre la relation entre les différentes parties de l'environnement de travail :

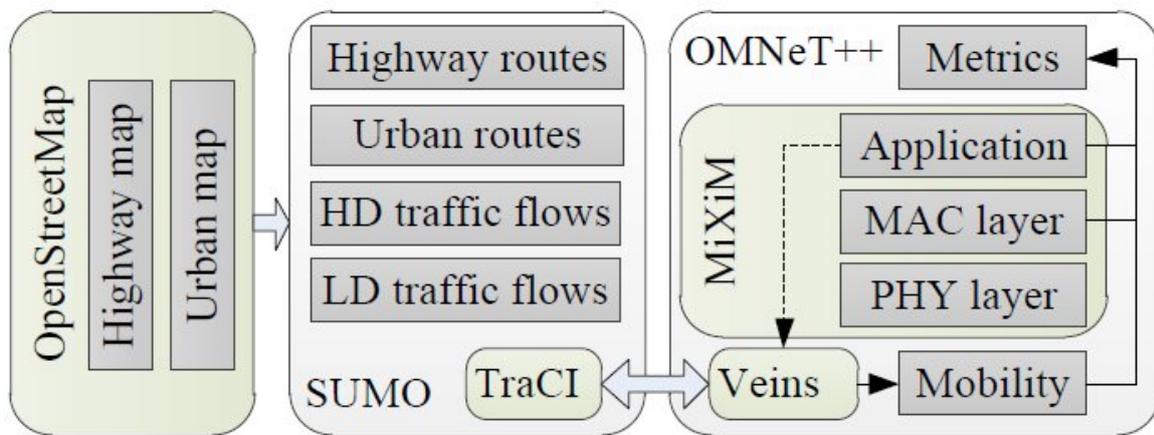


Figure 26: Architecture de l'environnement de travail [49]

3.4. Etapes de la simulation (hiérarchie)

Dans ce qui suit, on va décrire toutes les étapes à suivre pour réaliser notre simulation, la carte ci-dessous a été obtenue à partir du premier site open source des cartes routières qui est <http://www.openstreetmap.org>, comme il est montré dans la figure 27.

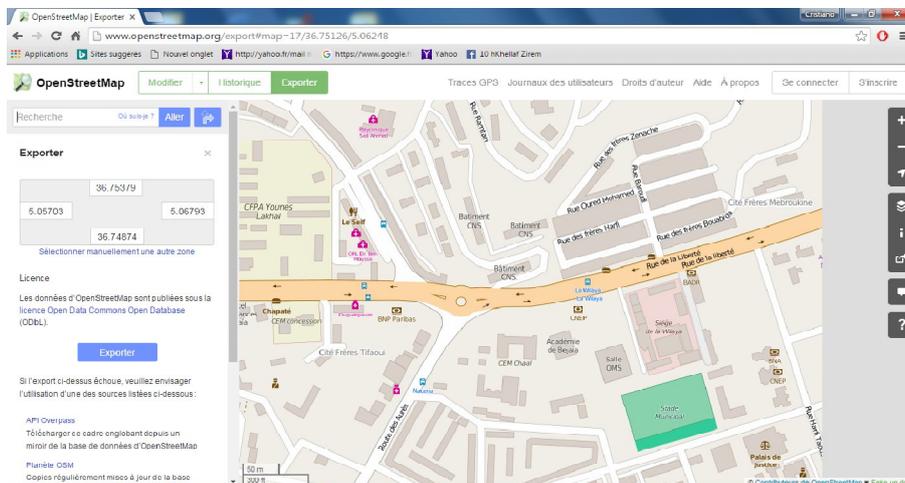


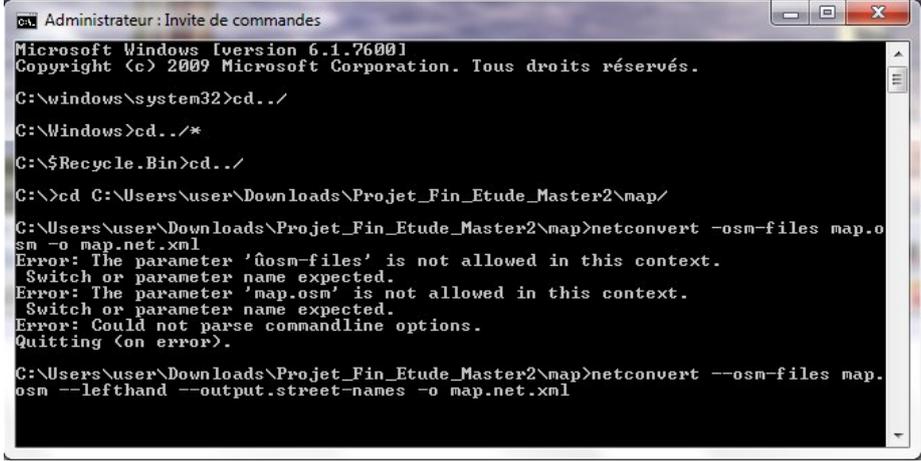
Figure 27: Zone d'étude de la ville de Bejaia dans OpenStreetMap

La carte est importée sous forme de fichier .osm enregistrée sous le nom map.osm

3.4.1. Préparation de la carte pour l'utilisation dans SUMO

On copie le fichier map.osm que nous avons téléchargé précédemment dans le répertoire bejaia dans sumo-0.25, puis on le convertit vers un autre format connu par le simulateur SUMO grâce à la commande comme illustré dans la figure 28.

netconvert - -osm-files map.osm - -lefthand - -output.street-names -o map.net.xml



```

Administrateur : Invite de commandes
Microsoft Windows [version 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

C:\windows\system32>cd ../
C:\Windows>cd ../
C:\$Recycle.Bin>cd ../
C:\>cd C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map/
C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>netconvert -osm-files map.o
sm -o map.net.xml
Error: The parameter 'osm-files' is not allowed in this context.
Switch or parameter name expected.
Error: The parameter 'map.osm' is not allowed in this context.
Switch or parameter name expected.
Error: Could not parse commandline options.
Quitting (on error).

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>netconvert --osm-files map.
osm --lefthand --output.street-names -o map.net.xml
  
```

Figure 28: Génération de map.net.xml

Maintenant, il est nécessaire de créer le fichier typemap.xml. Alors, on entre dans le répertoire bejaia et on crée un nouveau fichier nommé typemap.xml.

Ensuite, on ouvre un navigateur et on accède au site Web suivant :

<http://sumo.dlr.de/wiki/Networks/Import/OpenStreetMap> et on copie son contenu dans le fichier typemap.xml que nous avons créé comme illustré à la figure 29.

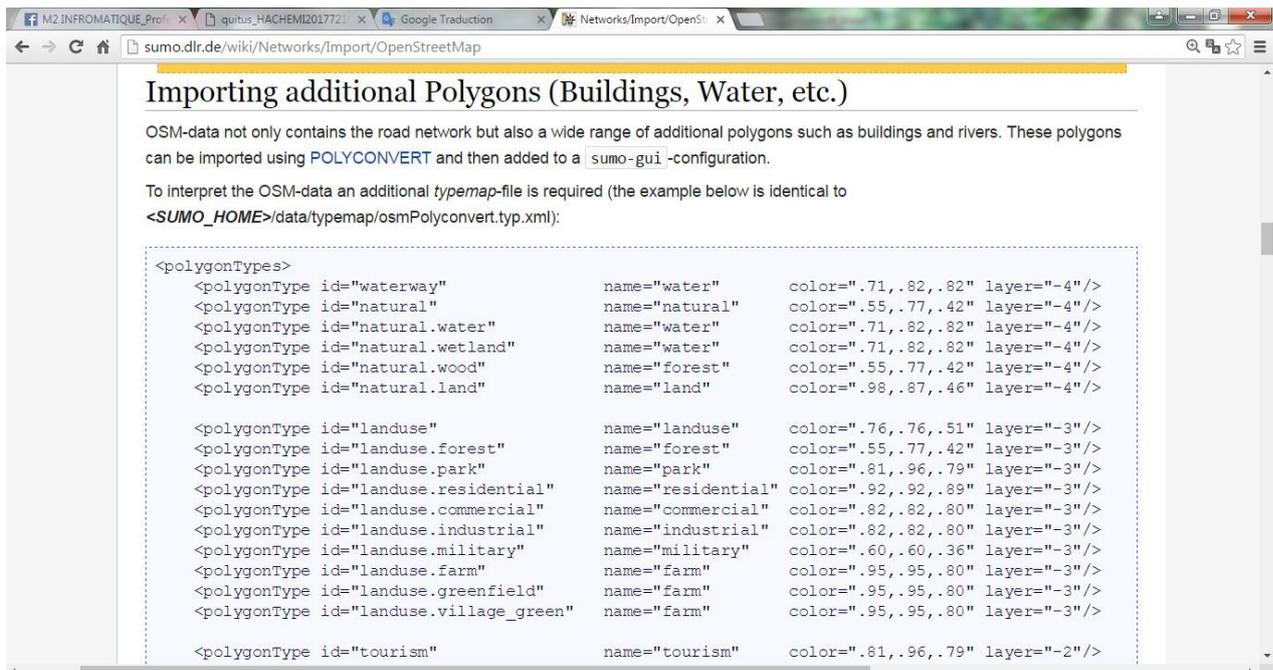


Figure 29: Copie du contenu de fichier web

Ensuite, nous revenons à l'invite de commande et on exécute la commande suivante : **polyconvert - -net-file map.net.xml - -osm-files map.osm --type-file typemap.xml -o map.poly.xml** afin de générer le fichier map.poly.xml comme illustré dans la figure 30.

```

Administrateur : Invite de commandes

Warning: Could not build program '0' for traffic light '13823678'
Warning: The traffic light '2541359992' does not control any links; it will not
be build.
Warning: Could not build program '0' for traffic light '2541359992'
Success.

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>polyconvert --xml-validation
--net-file map.net.xml --osm-files map.osm --type-file typemap.xml -o map.poly
.xml
Error: The parameter 'map.net.xml' is not allowed in this context.
Switch or parameter name expected.
Error: Could not parse commandline options.
Quitting (on error).

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>polyconvert --xml-validation
--net-file map.net.xml --osm-files map.osm --type-file typemap.xml -o map.poly
.xml
Error: The parameter 'map.net.xml' is not allowed in this context.
Switch or parameter name expected.
Error: Could not parse commandline options.
Quitting (on error).

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>polyconvert --xml-validation
--net-file map.net.xml --osm-files map.osm --type-file typemap.xml -o map.poly
.xml

```

Figure 30: Génération de map.poly.xml

Après avoir défini la topologie du réseau, il ne reste plus qu'à générer la demande de trafic, à savoir la description des itinéraires que les véhicules suivent. Il existe plusieurs méthodes pour générer la demande de trafic en SUMO :

- Utilisation de définitions Route.
- Utilisation de définitions de voyage.
- En utilisant les définitions de fleurs (semblables ci-dessus, mais unir les véhicules avec Voyage similaire dans les groupes).
- En utilisant les définitions des flux aux intersections et au taux de rotation (la cible du lien est pas spécifié, et au lieu de la probabilité de faire des virages aux intersections indiquées).
- Utilisation de routes aléatoires.

Dans ce cas, on utilisera les routes aléatoires. Il y a un script Python développé dans le but de produire des routes aléatoires, son nom est randomTrips.py. Actuellement c'est la méthode la plus recommandée pour obtenir cette fonctionnalité.

Alors, on ouvre l'invite de commande, et on tape la commande suivante, comme on peut le voir dans la figure 31.

python </Sumo PATH/>\tools/randomTrips.py -n map.net.xml -e 100 -l

```

Administrateur : Invite de commandes

Switch or parameter name expected.
Error: Could not parse commandline options.
Quitting (on error).

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>polyconvert --xml-validation
--net-file map.net.xml --osm-files map.osm --type-file typemap.xml -o map.poly
.xml
Error: The parameter 'map.net.xml' is not allowed in this context.
Switch or parameter name expected.
Error: Could not parse commandline options.
Quitting (on error).

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>polyconvert --net-file map.
net.xml --osm-files map.osm --type-file typemap.xml -o map.poly.xml
Success.

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>python randomTrips.py -n ma
p.net.xml -e 100 -l
python: can't open file 'randomTrips.py': [Errno 2] No such file or directory

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>python randomTrips.py -n ma
p.net.xml -e 100 -l

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>python C:\Program Files (x8
6)\DLR\Sumo\tools randomTrips.py -n map.net.xml -e 100 -l

```

Figure 31: Génération de map.rou.xml

Puis on termine avec cette dernière commande comme illustré dans la figure 32 :

```
python </Sumo PATH/>\tools\randomTrips.py -n map.net.xml -r map.rou.xml -e 100 -l
```

```

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>polyconvert --xml-validation
--net-file map.net.xml --osm-files map.osm --type-file typemap.xml -o map.poly
.xml
Error: The parameter 'map.net.xml' is not allowed in this context.
Switch or parameter name expected.
Error: Could not parse commandline options.
Quitting (on error).

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>polyconvert --net-file map.
net.xml --osm-files map.osm --type-file typemap.xml -o map.poly.xml
Success.

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>python randomTrips.py -n ma
p.net.xml -e 100 -l
python: can't open file 'randomTrips.py': [Errno 2] No such file or directory

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>python randomTrips.py -n ma
p.net.xml -e 100 -l

C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\map>python randomTrips.py -n ma
p.net.xml -r map.rou.xml -e 100 -l
  
```

Figure 32: Génération des routes aléatoires dans SUMO

Les étapes suivies précédemment sont résumées dans la figure 33.

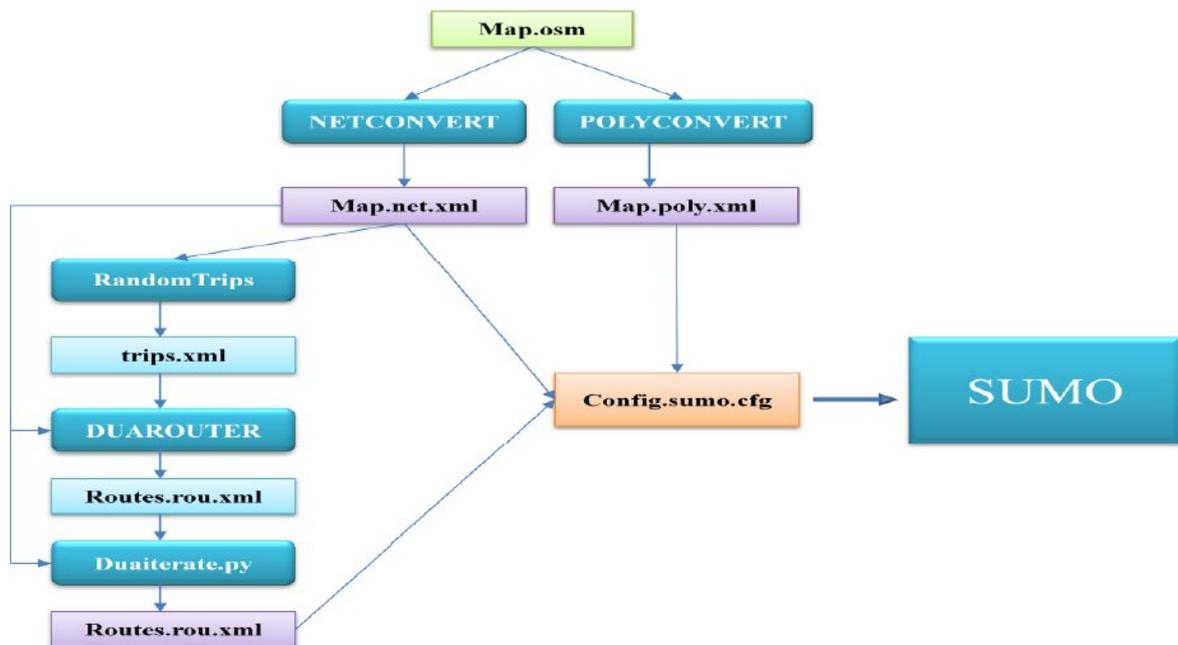
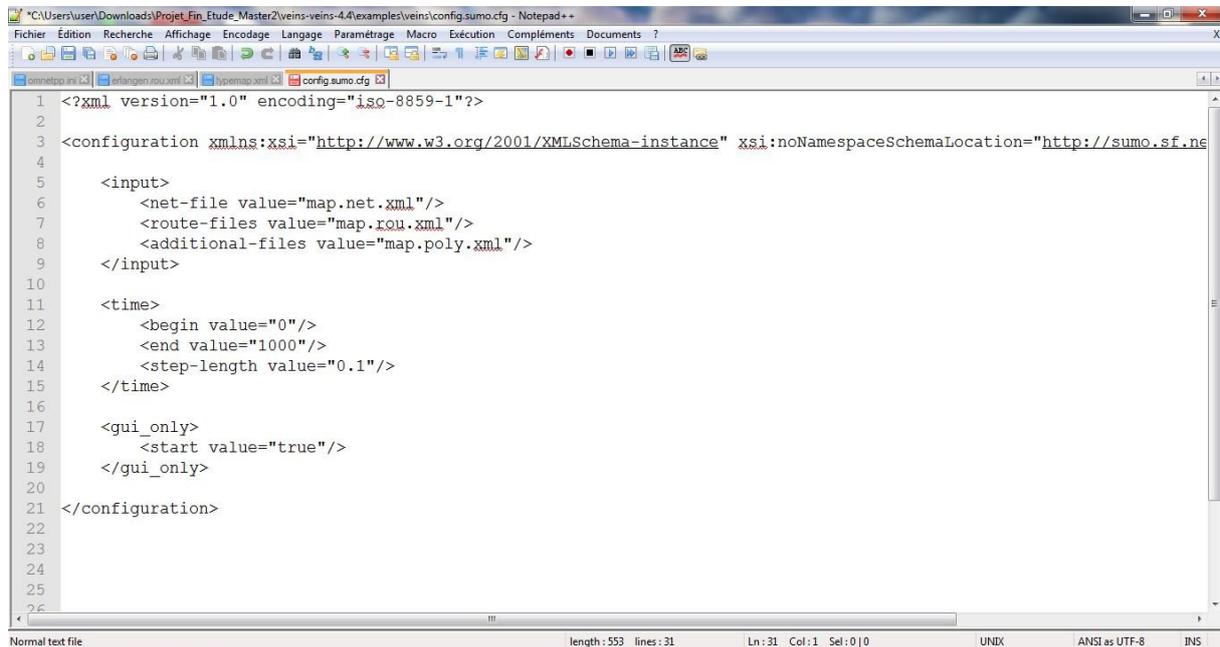


Figure 33: Schéma récapitulatif de génération de SUMO

3.4.2. Préparation des fichiers avant la simulation

Dans cette étape, on copie les fichiers que nous avons générés dans les sections précédentes vers le dossier `C:\Users\user\Downloads\Projet_Fin_Etude_Master2\veins-veins-4.4\examples\veins` qui est dans OMNeT++. Après cela, nous devons modifier les fichiers de configuration de cette dernière, alors on ouvre avec Notpad++ les fichiers

erlangen.launchd.xml et erlangen.sumo.cfg et on écrit le nom des fichiers que nous avons copiée avant : map.net.xml, map.rou.xml et map.poly.xml, comme il est illustré dans les figures 34,35.

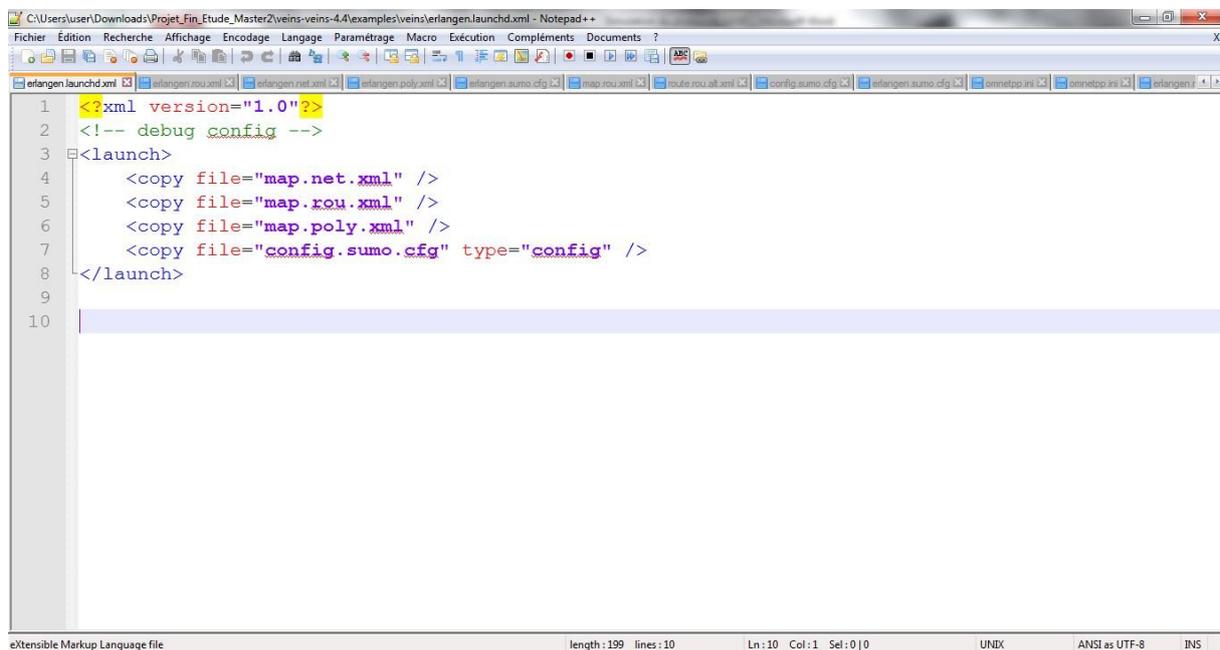


```

1 <?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
2
3 <configuration xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.sf.net
4
5 <input>
6 <net-file value="map.net.xml"/>
7 <route-files value="map.rou.xml"/>
8 <additional-files value="map.poly.xml"/>
9 </input>
10
11 <time>
12 <begin value="0"/>
13 <end value="1000"/>
14 <step-length value="0.1"/>
15 </time>
16
17 <gui_only>
18 <start value="true"/>
19 </gui_only>
20
21 </configuration>
22
23
24
25
26

```

Figure 34: Modification du fichier erlangen.sumo.cfg



```

1 <?xml version="1.0"?>
2 <!-- debug config -->
3 <launch>
4 <copy file="map.net.xml" />
5 <copy file="map.rou.xml" />
6 <copy file="map.poly.xml" />
7 <copy file="config.sumo.cfg" type="config" />
8 </launch>
9
10

```

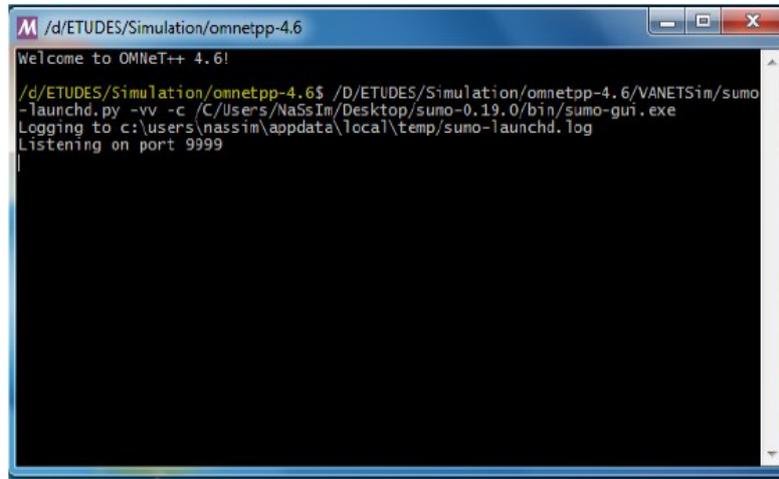
Figure 35: Modification du fichier erlangen.launchd.xml

Et enfin on renomme ces deux derniers fichiers par : map.sumo.cfg et map.launchd.xml. pour pouvoir procéder à la simulation on doit exécuter SUMO et OMNeT++ à la fois, c'est pour ça que VEINS est livré avec un petit script python qui fait une connexion TCP proxy entre OMNET ++ et SUMO.

Dans l'invité de commande on tape la commande suivante :

```
</Veins PATH/>\veins-veins-4.4/sumo-launchd.py -vv -c </Sumo PATH/>\sumo-0.25.0/bin/sumo-gui.exe
```

Le script va écouter sur le port 9999, comme il est illustré à la figure 36.



```

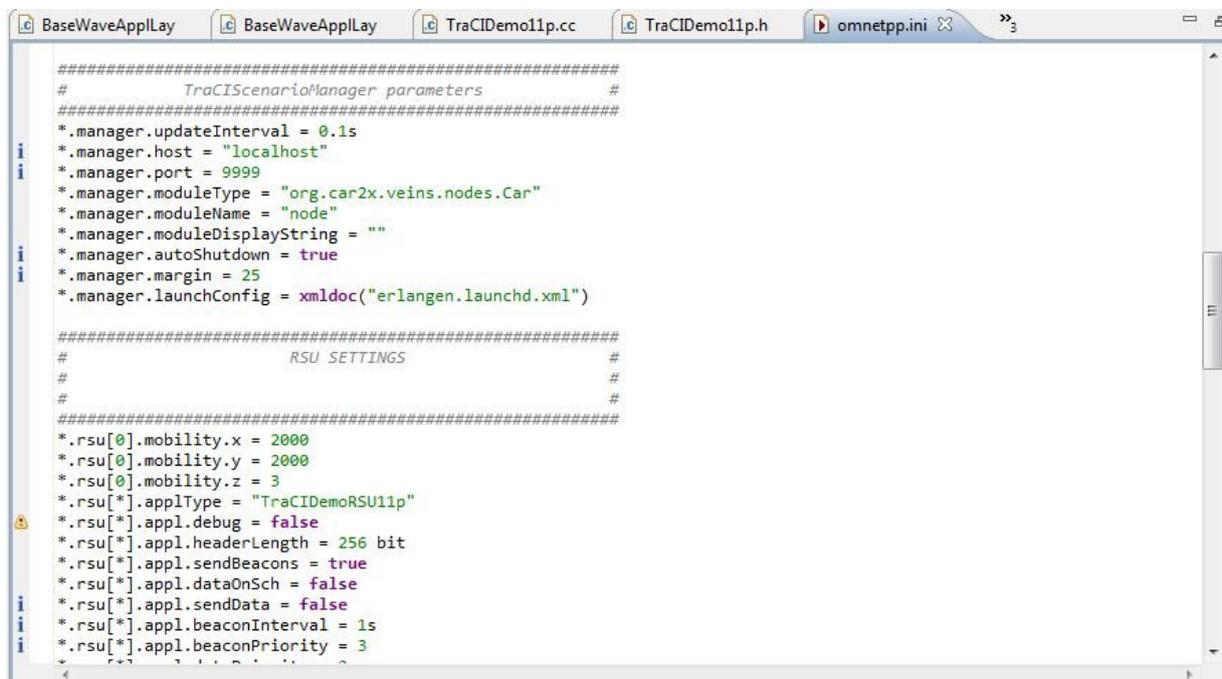
/d/ETUDES/Simulation/omnetpp-4.6
Welcome to OMNeT++ 4.6!

/d/ETUDES/Simulation/omnetpp-4.6$ /D/ETUDES/Simulation/omnetpp-4.6/VANETSIm/sumo
-launchd.py -vv -c /C:/Users/Nassim/Desktop/sumo-0.19.0/bin/sumo-gui.exe
Logging to c:\users\nassim\appdata\local\temp\sumo-launchd.log
Listening on port 9999

```

Figure 36: Ouverture et écoute sur le port TCP 9999

Dans OMNET++, on accède au projet veins et on modifie le fichier omnetpp.ini avec (`*.rsu[*].appl.sendBeacons = true` `*.rsu[*].appl.sendData = false` et `*.node[*].appl.sendBeacons = true` `*.node[*].appl.sendData = false`) comme le montre la figure 37.



```

BaseWaveApplLay BaseWaveApplLay TraCIDemo11p.cc TraCIDemo11p.h omnetpp.ini
#####
# TraCIScenarioManager parameters
#####
*.manager.updateInterval = 0.1s
*.manager.host = "localhost"
*.manager.port = 9999
*.manager.moduleType = "org.car2x.veins.nodes.Car"
*.manager.moduleName = "node"
*.manager.moduleDisplayString = ""
*.manager.autoShutdown = true
*.manager.margin = 25
*.manager.launchConfig = xmlDoc("erlangen.launchd.xml")

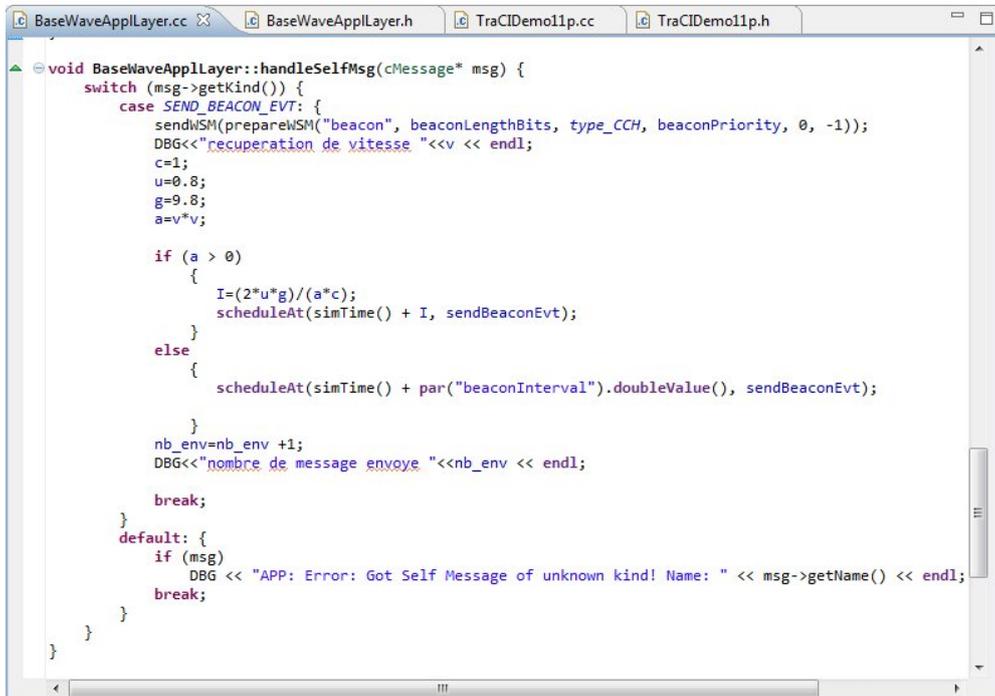
#####
# RSU SETTINGS
#
#
#####
*.rsu[0].mobility.x = 2000
*.rsu[0].mobility.y = 2000
*.rsu[0].mobility.z = 3
*.rsu[*].applType = "TraCIDemoRSU11p"
*.rsu[*].appl.debug = false
*.rsu[*].appl.headerLength = 256 bit
*.rsu[*].appl.sendBeacons = true
*.rsu[*].appl.dataOnSch = false
*.rsu[*].appl.sendData = false
*.rsu[*].appl.beaconInterval = 1s
*.rsu[*].appl.beaconPriority = 3

```

Figure 37: Modification du fichier omnetpp.ini

3.4.3. Implémentation de l'approche ABRP

On implémente notre algorithme dans les fichiers BaseWaveApplLayer.cc, BaseWaveApplLayer.h Et TraCIDemo11p.cc, TraCIDemo11p.h qui sont trouvés dans le chemin veins/src/veins/modules/application/ comme le montre la figure 38 :



```
void BaseWaveApplLayer::handleSelfMsg(cMessage* msg) {
    switch (msg->getKind()) {
        case SEND_BEACON_EVT: {
            sendWSM(prepareWSM("beacon", beaconLengthBits, type_CCH, beaconPriority, 0, -1));
            DBG<<"recuperation de vitesse "<<v<< endl;
            c=1;
            u=0.8;
            g=9.8;
            a=v*v;

            if (a > 0)
            {
                I=(2*u*g)/(a*c);
                scheduleAt(simTime() + I, sendBeaconEvt);
            }
            else
            {
                scheduleAt(simTime() + par("beaconInterval").doubleValue(), sendBeaconEvt);
            }

            nb_env=nb_env +1;
            DBG<<"nombre de message envoye "<<nb_env<< endl;

            break;
        }
        default: {
            if (msg)
                DBG << "APP: Error: Got Self Message of unknown kind! Name: " << msg->getName() << endl;
            break;
        }
    }
}
```

Figure 38: implémentation de l'algorithme ABRP

Un nouveau dossier qui porte le nom de « résultats » va apparaître.

3.5. Résultats de la simulation et discussion :

Dans notre cas d'étude, nous allons effectuer deux tests, l'un en utilisant le protocole ABRP et l'autre sans ce protocole .Nous comparons par la suite le nombre de beacons totalement transmis et le nombre de beacons en collision.

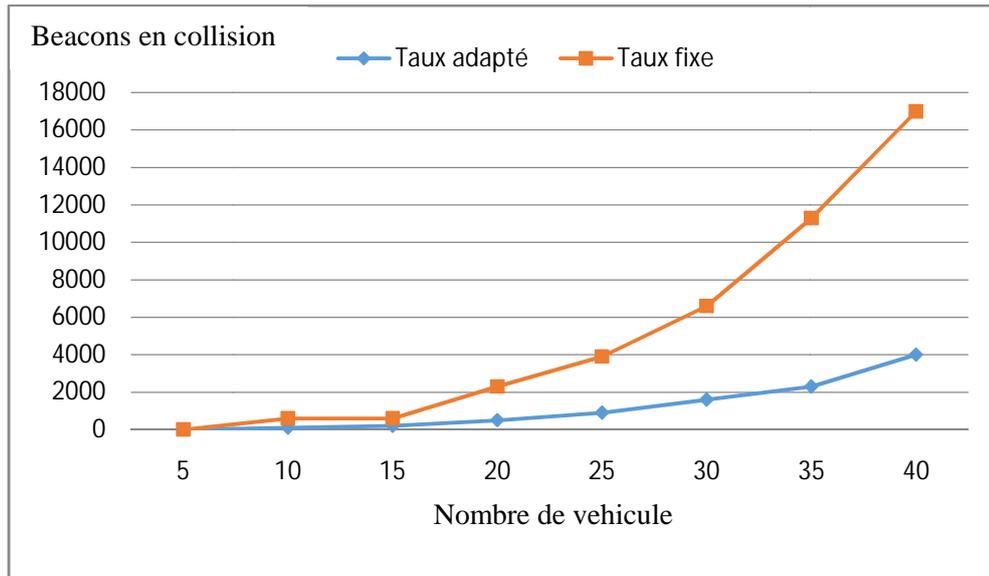


Figure 39: nombre de beacons en collision en fonction du nombre de véhicule

La figure 39 montre la comparaison des nombres de beacons en collision. Il apparaît que pour toutes les valeurs de densité de véhicule, le régime ABRP à moins de collisions par rapport à la technique de beaconing fixe. Cela est dû au fait que la technique de taux de beaconing fixe produit un nombre plus élevé de beacons émis, ce qui peut entraîner une contention plus élevée du moyen d'accès, ce dernier provoquant un taux de collision de beacons plus élevé pour toutes les densités de véhicules utilisées.

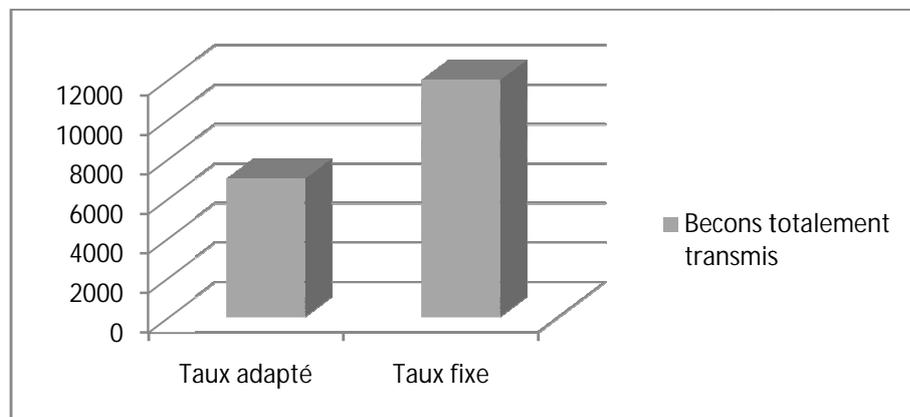


Figure 40: Beacons totalement transmis

Pour la même densité de véhicule par route, le système ABRP à moins de nombre de beacons totalement transmises, comme le montre la figure 40. Cela peut générer moins de congestion de canal dans le schéma ABRP qui peut alors aboutir à moins de probabilité de collision de beacons.

3.6. Conclusion

Nous avons comparé les performances de l'approche ABRP basée sur la distance d'arrêt par rapport au beaconing fixe.

Nous avons constaté que le Beaconing fixe dépasse le Beaconing adaptatif en termes de collision et de beacons totalement transmis, alors qu'en termes de nombre de beacons transmis avec succès, l'ABRP surpasse celui de beaconing fixe.

Par conséquent le protocole ABRP réduit au maximum la perte de paquet donc il est plus performant et plus efficace.

Conclusion générale

Le développement des nouvelles technologies a favorisé une formidable évolution des réseaux véhiculaires. Cette évolution vise à rendre les réseaux plus sûrs, plus efficaces, plus fiables et plus écologiques aussi bien du point de vue de l'industrie automobile que des opérateurs de réseaux et services. Les réseaux véhiculaires sont en effet une classe émergente des réseaux mobiles Ad Hoc, permettant des échanges de données entre véhicules ou encore véhicules et infrastructure. Ils suscitent un intérêt certain dans le but d'améliorer la sécurité et l'efficacité des transports routiers ainsi que l'amélioration du confort de l'utilisateur en lui fournissant une multitude de services d'information, d'aide à la décision, de guidage et d'accès à internet.

Notre domaine d'étude était concentré sur quelques approches de contrôle de taux de beacons, nous avons utilisé OMNeT++, veins et SUMO pour simuler l'une des approches de beaconing qui est ABRP.

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que l'adaptative beaconing permet d'adapter l'envoi du nombre de beacons aux situations. Par conséquent il minimise les collisions et le nombre de paquets perdus, ce qui permet d'avoir une meilleure précision d'information pour permettre de conserver la performance du réseau afin de garantir la sécurité et ainsi éviter les accidents.

Ce mémoire, nous a permis de comprendre et assimiler les différentes étapes par lesquelles un projet de recherche devrait progresser. Nous avons également acquis une expérience interne et un bon aperçu des méthodes de travail d'un chercheur, avec une connaissance approfondie dans ce domaine. Tout au long de ce travail, nous avons développé des techniques et des nouvelles idées prometteuses qui vont nous permettre dans l'avenir proche d'élargir ce sujet de recherche et s'attaquer aux problématiques plus pointues dans le domaine de réseau de VANET et potentiellement autres réseaux de nature proche avec des solutions plus génériques.

Bibliographie

- [1]: Y.Khaled, H.Menouar, Y.Challal, "Reactive and Adaptive Protocol for Inter Vehicle Communication (RAP-IVC)", UMR-CNRS France, Avril 2004
- [2]: X.Lin, R.Lu, C.Zhang, H.Zhu, P.H.Ho, X.Shen, "Security in vehicular ad hoc networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, no. 4, pp. 88–95, April 2008.
- [3]: R. Meraihi, S.M. Senouci, D. Meddour et M. Jerbi, Chapitre Livre: *Communications véhicule à véhicule: applications et perspectives*, Titre de Livre : "Réseaux mobiles ad hoc et réseaux de capteurs sans fil", Editeur : *Hermes Science Publications*, Février 2006.
- [4]: M. Jerbi, " *Protocoles pour les communications dans les réseaux de véhicules en environnement urbain : Routage et GeoCast basés sur les intersections*", Thèse de doctorat, Université d'Evry Val D'essonne, Novembre 2008.
- [5]: H. Moustafa, S.M. Senouci, M.Jerbi , "Introduction to Vehicular Networks", Book Chapter Title : Vehicular Networks: Techniques, Standards and Applications, *Publisher: Auerbach Publications – CRC Press (Taylor & Francis Group)*.
- [6]: J. Santa, A. F.Gómez-Skarmeta et M. Sánchez-Artigas, "Architecture and evaluation of a unified V2V and V2I communication system based on cellular networks", *Computer Communications*, vol. 31, no. 12. Jul 2008. Pp. 2850- 2861, 2008
- [7]: Q.Xu, D.Jiang, "Design and analysis of highway safety communication protocol in 5.9 GHz dedicated short range communication spectrum", *Vehicular Technology Conference. VTC 2003-Spring. The 57th IEEE Semiannual*, vol. 4. Pp 2451-2455, Apr. 2003.
- [8]: Farouk Mezghani, Riadh Dhaou, Michele Nogueira, and André-Luc Beylot, " Content dissemination in Vehicular Social Networks : Taxonomy and User satisfaction", *IEEE Communications Magazine*, 52(12) :34–40, 2014.
- [9]: X. Zhuo, J. Hao, D. Liu et Y. Dai, " Removal of mis be having in siders in anonymous VANETs", in *Proceedings of the 12th ACM international conference on Modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems, Tenerife*. Pp106-115, 2009
- [10]: Georgios Karagiannis, Onur Altintas, Eylem Ekici, Geert Heijenk, Boangoat Jarupan, Kenneth Lin, and Timothy Weil, "Vehicular networking : A survey and tutorial on requirements", architectures, challenges, standards and solutions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 13(4) :584–616, 2011.
- [11]: Yasser Toor, Paul Muhlethaler, and Anis Laouiti, "Vehicle ad hoc networks : applications and related technical issues", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 10(3) :74–88, 2008.
- [12]: Hannes Hartenstein and P.Laberteaux Kenneth, "A tutorial survey on vehicular ad hoc networks", *IEEE Communications Magazine*, 46(6) :164–171, 2008.
-

- [13]: P.Papadimitratos, A.La Fortelle, K.Evenssen, R.Brignolo, S.Cosenza, "Vehicular communication systems: Enabling technologies, applications, and future outlook on intelligent transportation", *IEEE Communications Magazine*, vol. 47, no. 11, pp. 84-95, November 2009.
- [14]: Ait Ali Kahin, "Modélisation Et Etude De Performances Dans Les Réseaux VANET", Thèse de doctorat de l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Mardi 16 Octobre 2012.
- [15]: P.Plainchault, "sécurisation de la conduite par communication véhicule infrastructure à base de transpondeurs", institut national polytechnique de toulouse, Février 2005.
- [16]: L.Y-Morgan, "Novel Issues in DSRC vehicular communication radios", University of Regina, Vehicular Technologies, IEEE Canadian review N°63, 2010
- [17]: IEEE Standard 802.11p, "IEEE Standard for Information technology-- Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments", 2010.
- [18]: ASTM International, "E2213-03 - Standard Specification for Telecommunications and Information Exchange Between Roadside and Vehicle Systems - 5 GHz Band Dedicated Short Range Communications (DSRC) Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", 2007.
- [19]: IEEE Standard 802.11a, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: High-speed Physical Layer in the 5 GHz Band", 1999.
- [20]: Jonathan Petit, "Surcoût de l'authentification et du consensus dans la sécurité des réseaux sans fil véhiculaires ", l'Université Toulouse III - Paul Sabatier, 13 Juillet 2011.
- [21]: IEEE P1609.1 SWG, "IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)", Resource Manager, IEEE Computer Society, 2006.
- [22]: IEEE P1609.2 SWG, "IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)", Security Services for Applications and Management Messages, IEEE Computer Society, 2006.
- [23]: IEEE 1609.3 SWG, "IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)", *Networking Services. IEEE Computer Society*, 2010.
- [24]: IEEE 1609.4 SWG, "IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)", *Multichannel Operation. IEEE Computer Society*, 2010
- [25]: L.Y-Morgan, "Novel Issues in DSRC vehicular communication radios", University of Regina, Vehicular Technologies, IEEE Canadian review N°63, 2010
- [27]: Kayhan Zrar Ghafoor , Jaime Lloret, Kamalrulnizam Abu Bakar, Ali Safa Sadiq, "Beaconing Approaches in Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey", © Springer Science+Business Media New York 2013, 26 May 2013
- [28]: K.Robert Schmidt and Tim Leinmüller, "Exploration of Adaptive Beaconing for Efficient Inter vehicle Safety Communication", IEEE Network, January/February 2010
-

- [29]: M.Torrent-Moreno et al, “Vehicle-to- Vehicle Communication: Fair Transmit Power Control for Safety-Critical Information”, *IEEE Trans. Vehic. Tech*, vol. 58, no. 7, pp. 3684–703, 2009
- [30]: D.Jiang, Q.Chen, L. Delgrossi, “Optimal Data Rate Selection for Vehicle Safety Communications”, *VANET '08: Proc. 5th ACM Int'l. Wksp. Vehic. Internetworking*, New York, NY, pp. 30–38, 2008
- [31]: B.S. Kerner, “The Physics of Traffic, Empirical Freeway Pattern Features, Engineering Applications, and Theory”, *Springer Complexity Series: Understanding Complex Systems*, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2004.
- [32]: S.Rezaei et al, “Adaptive Communication Scheme for Cooperative Active Safety System”, *WoCo*, 2008.
- [33]: “Reducing the Communication Required by DSRC-based Vehicle Safety Systems”, *VANET '07: Proc. 4th ACM Int'l. Wksp. Vehic Internet working*, ACM, Sept 2007.
- [34]: Mohammad reza Armaghan, Mahmood Fathy, and Saleh Yousefi, “Improving the Performance of Beacon Safety Message Dissemination in Vehicular Networks Using Kalman Filter Estimation”, Department of Computer Engineering, Islamic Azad University, Tehran-South Branch, Tehran, Iran, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009
- [35]: G.Welch, G.Bishop, “An Introduction to the Kalman Filter”, Technical Report. UMI Order Number: TR95-041, University of North Carolina at Chapel Hill, 1995
- [36]: Abduladhim Ashtaiwi, “Adaptive Beaconing Rate Based Stopping Distance”, College of Information Technology, University of Tripoli, July 16 2014, revised April 21 2015.
- [37]: P.Radu, R.Ilja, and A.R. Mihai, “*Vehicular-2-X Communication*”, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
- [38]: Kayhan Zrar Ghafoor, Kamal rulnizam Abu Bakar, Martijn van Eenennaam, Rashid Hafeez Khokhar, J.Alberto Gonzalez, “A fuzzy logic approach to beaconing for vehicular ad hoc networks”, © Springer Science + Business Media, LLC 2011, 15 june 2011.
- [39]: C.J.Huang, I.F.Chen, K.W.Hu, H.Y.Shen, Y. J.Chen & D. X.Yang, “A load balancing and congestion-avoidance routing mechanism for teal-time traffic over vehicular networks”, *Journal of Universal Computer Science*, 15(13), 2506–2527, 2009
- [40]: E.H.Mamdani, “Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis”, *IEEE Transactions on Computers* (pp. 1182–1191), 1977
- [41]: Ning Wang, Guofeng Lei, Xinhong Wang, Ping Wang et Fuqiang Liu, “A Beacon Rate Control Scheme Based on Fuzzy Logic for Vehicular Ad-hoc Networks”, 4th International Conference on Artificial Intelligence with Applications in Engineering and Technology, 2014
- [42]: M.Artimy, “Local density estimation and dynamic transmission range assignment in vehicular ad hoc networks”, *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol. 8, no. 3, pp.400–412, 2007.
-

[43]: L.Liu, X.Wang, C.Wang and F.Liu, “An efficient beacon rate adaptation scheme for vehicular networks”, in Wireless Communications Signal Processing (WCSP), 2013 International Conference on. IEEE, pp. 1–6, Oct 2013.

[44]: W.Celimuge and S.Ohzahata, “Vanet broadcast protocol based on fuzzy logic and lightweight retransmission mechanism”, IEICE transactions on communications, vol. 95, no. 2, pp. 415–425, 2012.

[45]: A.Varga, “Using the OMNET++ discrete event simulation system in education”, IEEE Transactions on Education, 42 (4), 1999

[46]: Kopke, A.Swigulski, M.Wessel, K.Willkomm, D.Haneveld, P.K.Parker, T.Visser, O.Lichte, and H.S.Valentin, “Simulating wireless and mobile networks in OMNeT++ - The MiXiM vision”, PhD thesis, ICST Brussels Belgium, 2008.

[47]: D.Eckhoff, and C.Sommer, ”A multi-channel IEEE 1609.4 and 802.11p EDCA model for the veins framework In 5th ACS/ICST International Conference on Simulation Tools and Techniques for Communications”, Networks and Systems (SIMU Tolls 2012): 5th ACM/ICST International Workshop on OMNET++ (OMNET++ 2012), Desenzano, Italy, 2012.

[49]: MJ.Thinus Booyesen, MJ.booyesen at sun dot ac dot za, “Simulating VANET and ITS (using OMNeT++ and SUMO)”, University STELLENBOSCH, In Seminar at UniRC – Jul 2012

Webographie

- Période de consultation des sites est entre (septembre 2016 à juin 2017) :

[26]: veins.car2x.org/

[48]: SUMO. Généralités.<http://sourceforge.net/apps/mediawiki/sumo/>.Connecté.

Résumé

Dans notre monde contemporain, les réseaux véhiculaires jouent un rôle significatif. C'est un domaine très intéressant pour toutes les entreprises de recherche et d'industrie. En effet, l'objectif de ces réseaux véhiculaires est d'améliorer la sécurité et la sûreté des passagers, et même fournir de nombreux services et facilités aux usagers routiers.

Pour atteindre cet objectif, les VANETs fournissent des applications de sécurité basées sur des approches de Beaconing adaptatifs qui assurent l'échange d'informations et la communication entre les véhicules puisqu'il est évident que l'amélioration de la communication revient à l'efficacité de ces approches.

Notre but dans ce mémoire était d'analyser ces approches de beaconing et ce pour pouvoir déterminer leur importances dans la précision d'information.

Tout d'abord, nous avons étudié quelques types d'approches de Beaconing adaptatif et leurs rôles dans la performance des réseaux VANETs. Ensuite, nous avons simulé l'approche ABRP, basé sur la distance d'arrêt, en utilisant OMNET++, VIENS et SUMO pour déterminer son efficacité en terme du nombre des paquets perdus.

Mots clés: VANETs, beaconing adaptatif, Simulation, OMNET++, SUMO

Abstract

In our contemporary world, vehicular networks play a significant role. This is a very interesting field for all research and industry companies. Indeed, the objective of these vehicular networks is to improve the safety and security of passengers, and even to provide many services and facilities to road users.

To achieve this objective, VANETs provide security applications based on adaptive beaconing approaches that ensure the exchange of information and communication between vehicles, since it is clear that improved communication is the effectiveness of these approaches.

Our aim in this memory was to analyze these beaconing approaches in order to determine their importance in the accuracy of information.

First, we studied some types of adaptive Beaconing approaches and their roles in the performance of VANET networks. Next, we simulated the ABRP approach, based on stopping distance, using OMNET ++, VIENS and SUMO to determine its effectiveness in terms of the number of lost packets.

Keywords: VANETs, adaptive beaconing, Simulation, OMNET ++, SUMO
