

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

Faculté des Mathématiques et de  
l'Informatique

Département d'Informatique

N° : .....



**DOMAINE : Mathématiques et  
Informatique**

**FILIERE : Informatique**

**Option : réseaux et technologie de  
l'information et de communications**

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique**

**Par : HERAIZ Aboubakr**

**MAATOUG Wassim**

**Intitulé**

**Simulation d'une approche adaptative de  
diffusion à un saut dans les réseaux ad-hoc  
véhiculaires**

**Soutenu devant le jury composé de :**

Lakehal Ayat Raouf

Université de M'sila

Président

Guesmia Salah

Université de M'sila

Rapporteur

Ould mohamedi Najib

Université de M'sila

Examineur

**Année universitaire : 2021 / 2022**

## **REMERCIEMENTS**

*Tout d'abord, nous voudrions remercier Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la grâce, la faveur et la volonté de mener à bien notre programme.*

*Notre superviseur M. Guesmia Salah, pour le soutien, les conseils et la supervision, nous vous remercions d'avoir été compréhensifs et patients avec nous pendant toute la durée de notre programme, et pour toutes les précieuses connaissances partagées.*

*Nous tenons également à remercier nos amis et nos familles pour toute l'aide, la motivation et le soutien qui nous ont été apportés.*

## ***DÉDICAS***

*Nous dédions cette thèse à nos Parents pour leurs prières et leurs paroles motivantes qui nous ont toujours fait avancer. On nous a dit de toujours faire de notre mieux malgré tous les obstacles et de rendre grâce à Dieu Tout-Puissant. Merci pour tout ce que vous avez fait dans notre Vie.*

# LISTE DES MATIERES

Remerciement .....	i
Dédicaces .....	ii
Liste des matières .....	iii
Liste des figures .....	v
Liste des tableaux .....	vi
Introduction générale .....	1

## Chapitre 1- Vue générale sur les réseaux véhiculaire

1.1. Introduction .....	3
1.2. Les réseaux véhiculaires (VANETs).....	4
1.2.1. Entités communicantes.....	5
1.2.2. Types de message dans les réseaux véhiculaires.....	6
1.2.3. Les différents types de communication dans VANETs.....	7
1.2.4. Caractéristiques des réseaux VANETs.....	10
1.2.5. Applications des réseaux VANETs.....	12
1.3. Normes et standards de communication.....	12
1.3.1. DSRC.....	12
1.3.2. IEEE 802.11p.....	13
1.3.3. IEEE 1609.1.....	14
1.3.4. IEEE 1609.2.....	14
1.3.5. IEEE 1609.3.....	14
1.3.6. IEEE 1609.4.....	15
1.4. Conclusion.....	16

## Chapitre 2- Quelques approches de beaconing adaptatif dans les VANETs

2.1. Introduction.....	18
2.2. Notions de base .....	19
2.3. Classification des Approches de Beaconing .....	19
2.3.1. Le beaconing fixe .....	19
2.3.2. Le beaconing Adaptatif.....	20
2.4. Exploration des Approches de contrôle de la puissance de transmission .....	21
2.4.1. Les objectifs de l'adaptation de la portée de transmission.....	21
2.4.2. Algorithme pour contrôler la puissance de transmission des beacons....	21

2.4.3. Un schéma basé sur l'analyse numérique pour contrôler la puissance ...	23
2.4.4. Algorithme de contrôle de puissance basé sur la densité des véhicules..	24
2.5. Exploration des Approches base sur le contrôle de taux de beacon.....	28
2.5.1. Approche base sue l'estimateur de Kalman.....	28
2.5.2. L'approche basée sur la logique floue ABR .....	29
2.5.3. L'effet de la Fenêtre de contention (CW) sur l'efficacité de beaconing..	34
2.5.4. La régression linéaire.....	34
2.6. Exploration des Approches de Beaconing hybride.....	35
2.7 Conclusion.....	36
<b>Chapitre 3- Simulation d'une approche basée sur la densité des véhicules</b>	
3.1. Introduction.....	38
3.2. L'environnement de simulation.....	38
3.2.1. Simulateur de trafic routier.....	38
3.2.2. Simulateur de réseaux.....	39
3.2.3. Environnement matériel.....	40
3.2.4. Environnement logiciel.....	41
3.3. Les étapes de simulation.....	43
3.3.1. Paramètre des simulations .....	43
3.3.2. Préparation Omnet ++ .....	43
3.3.3. Lancement de simulation .....	44
3.3.4. Simulation de l'approche de beaconing fixe .....	45
3.3.5. Simulation de l'approche de beaconing adaptatif.....	45
3.3.6. Les métriques de performance.....	47
3.4. Résultats de la simulation et discussion :.....	48
3.5. Conclusion.....	52
Conclusion générale.....	53
Bibliographie .....	54
Résumé .....	56

<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 1.1</b> : Exemple de VANET	4
<b>Figure 1.2</b> : Véhicule intelligent	5
<b>Figure 1.3</b> : Les différentes entités de communication VANETs	5
<b>Figure 1.4</b> : Communication véhicule à véhicule	8
<b>Figure 1.5</b> : Communication véhicule à station de base	9
<b>Figure 1.6</b> : Communication hybride	9
<b>Figure 1.7</b> : Les modes de communications dans les VANETs	10
<b>Figure 1.8</b> : La norme DSRC	13
<b>Figure 1.9</b> : Architecture IEEE 1609 et couches MAC et PHY IEEE 802.11p	15
<b>Figure 2.1</b> : Classification des approches de <i>beaconing</i>	19
<b>Figure 2.2</b> : Illustration de propagation de <i>beacon</i> à un saut	20
<b>Figure 2.3</b> : Format de <i>beacon</i>	21
<b>Figure 2.4</b> : La portée effective et la portée cible	22
<b>Figure 2.5</b> : Le véhicule S reçoit des <i>beacons</i> des véhicules voisins	23
<b>Figure 2.6</b> : Un état des véhicules dense	26
<b>Figure 2.7</b> : Un état de densité moyenne	26
<b>Figure 2.8</b> : État de densité clairsemé	26
<b>Figure 2.9</b> : Organigramme pour l'attribution de la puissance d'émission	27
<b>Figure 2.10</b> : Schéma fonctionnel de conception des estimateurs	28
<b>Figure 2.11</b> : Composants de logique floue pour générer la fréquence de <i>beacon</i>	30
<b>Figure 2.12</b> : Pourcentage des véhicules directionnels	31
<b>Figure 2.13</b> : Corrélation entre les entrées (PDN.VS) et la sortie (BRr)	33
<b>Figure 2.14</b> : Systèmes de détection de congestion et d'adaptation de <i>beacon</i>	36
<b>Figure 3.1</b> : La zone d'étude « ville de Msila » - Open Street Map	39
<b>Figure 3.2</b> : SUMO	39
<b>Figure 3.3</b> : Architecture <i>générale de Veins</i>	40
<b>Figure 3.4</b> : Vile de Msila 4*4 km	42
<b>Figure 3.5</b> : Vile de Msila 2*2 km	42
<b>Figure 3.6</b> : Flux de travail Sumo	42
<b>Figure 3.7</b> : OMNET++ scenario	44
<b>Figure 3.8</b> : Flot de travail OMNET++	44
<b>Figure 3.9</b> : Ouverture et écoute sur le port TCP 999	44
<b>Figure 3.10</b> : Simulation dans OMNET++	45

<b>Figure 3.11</b> : Modification du fichier DemoBaseAppLayer	45
<b>Figure 3.12</b> : Implémentation de l'algorithme BIT	47
<b>Figure 3.13</b> : Synchronisation de voisinage	47
<b>Figure 3.14</b> : Adaptation de l'intervalle de <i>beacon</i> selon la densité locale	49
<b>Figure 3.15</b> : Le taux de livraison de <i>beacon</i> (Beacon Delivery Ratio) BDR	49
<b>Figure 3.16.17</b> : Les performances des approches de <i>beaconning</i> –scenario 1et2-	50
<b>Figure 3.18.19</b> : Les performances des approches de <i>beaconning</i> - scenario 3et4-	51
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 2.1</b> : Structure de la connaissance basée sur des règles floues	33
<b>Tableaux 3.1</b> : Scenarios a défèrent densité	42
<b>Tableaux 3.2</b> : Paramètres des simulations	43
<b>Tableau 3.3</b> : Résultats de simulation	48

# INTRODUCTION GENERALE

Les efforts des chercheurs, de l'industrie et du milieu universitaire pour exploiter, adapter et développer les technologies de communication dans l'environnement véhiculaire, permettront dans un proche avenir d'améliorer la sécurité lors des différentes manœuvres de véhicules, contrôler et atténuer la congestion routière grâce à une gestion plus efficace des infrastructures routières et fournir de nombreux services de confort aux usagers.

Avec le développement des technologies sans fil, les réseaux MANET (Mobile ad hoc NETwork) ont vu le jour. L'adaptation de ces technologies à l'environnement des véhicules et le développement de nouvelles technologies ont permis l'émergence de réseaux véhiculaires généralement appelés VANETs (Vehicular Ad hoc NETworks). Les véhicules qui participent au VANET sont des véhicules intelligents. Ils sont équipés de capteurs et de moyens de traitement et de communication pour pouvoir collecter, traiter et partager avec les autres nœuds des informations telles que la position, la vitesse, la direction, etc.

Les applications liées à la sûreté et sécurité routière reposent généralement sur des protocoles de diffusion à saut unique. Dans ces protocoles, chaque véhicule diffuse périodiquement des messages contenant des informations à partager avec les nœuds voisins (positions, vitesses, densité locale, etc.). Ces messages sont souvent appelés *beacons*, et le processus d'envoi de ces messages est donc appelé *beaconing*.

L'intervalle fixe de *beaconing* peut provoquer une congestion du réseau qui dégrade ses performances. Pour prendre en compte ce problème, des approches adaptatives de *beaconing* ont été proposées dans la littérature. Ces approches reposent principalement sur l'adaptation de la fréquence des *beacons*, ou l'ajustement de leur puissance d'émission.

Dans notre projet, nous avons d'abord considéré plusieurs approches adaptatives de *beaconing*. Ensuite, nous avons simulé une approche basé sur la densité locale des véhicules (c.-à-d., le nombre de véhicules voisins à un saut) en utilisant OMNeT ++, VEINS et SUMO.

Le reste de ce mémoire est organisé comme suit :

Le premier chapitre présente les réseaux VANETs en décrivant leurs entités communicantes, leur architecture, leurs caractéristiques et leurs domaines d'application, et enfin nous avons parlé de la standardisation de ces réseaux.

Dans le deuxième chapitre, nous étudions quelques approches de *beaconing* dans les VANETs. On peut différencier deux types : le *beaconing* fixe et le *beaconing* adaptatif. Parmi les approches de *beaconing* adaptatif, on peut distinguer les approches d'adaptation de la puissance de transmission des *beacons*, les approches d'ajustement du taux de *beaconing* et les approches hybride.

Dans le troisième et dernier chapitre nous commençons par la présentation de la simulation dans les VANETs. Nous décrivons ainsi l'environnement de travail, les outils et les étapes suivies. Ensuite, Nous présentons les résultats de simulation d'une approche basée sur la densité locale des véhicules.

Enfin, nous terminons ce document par une conclusion générale.

# **CHAPITRE 1**

## **VUE GENERALE SUR LES RESEAUX VEHICULAIRE**

### **1.1 Introduction**

Les communications sans fil ont un rôle crucial à jouer au sein des réseaux informatiques. Elles offrent des solutions ouvertes pour fournir de la mobilité ainsi que des services essentiels là où l'installation d'infrastructure n'est pas possible. Les réseaux mobiles sans fil peuvent être classés en deux catégories : les réseaux avec infrastructure ou cellulaires qui nécessitent généralement l'installation des stations de base et les réseaux sans infrastructure ou Ad Hoc. Cette deuxième classe de réseaux sans fil (Les réseaux ad hoc) constituent un groupe d'ensembles d'appareils (ou nœuds) mobiles qui peuvent dynamiquement échanger des informations entre eux sans avoir besoin d'une infrastructure réseau préexistante et fixe ou d'une administration centralisée. Les nœuds communiquent directement entre eux, et chaque nœud envoie et reçoit des messages dans son rayon de communication (sa portée radio). Par conséquent, les nœuds qui forment ce groupe peuvent acheminer des messages à l'aide de protocoles de routage ou envoyer des messages à un saut. Parmi les différents réseaux ad hoc existants : Wireless Vehicular Ad Hoc Network (VANET), VANETS est un réseau dont le nœud de communication est un véhicule. Ces réseaux permettent la communication entre les véhicules et entre les dispositifs de communication situés le long de la route. Ce chapitre présente le réseau de véhicules ad hoc et ses propriétés, applications et architectures de communication clés.

### 1.2 Les réseaux véhiculaires (VANETs)

Le VANET ou *Vehicular ad hoc networks* est une forme de mise en application du MANET. Très inspiré de celui-ci, il permet aux véhicules de communiquer entre eux via des messages de contrôle, d'alerte ou autres. Chaque nœud est capable de gérer et d'exploiter les informations reçues du réseau véhiculaire.

VANET est un moyen très efficace de garder le trafic sûr en faisant de chaque véhicule un système informatique indépendant permettant de se relier à d'autres équipements ou véhicules [2]. La figure 1.1 représente un Exemple de VANET



**Figure 1.1** Exemple de VANET

#### Le nœud du réseau VANET

Un nœud d'un réseau VANET est un véhicule équipé de terminaux tels que les calculateurs, les interfaces réseaux ainsi que des capteurs capables de collecter les informations et de les traiter. On parle de la notion de « véhicule intelligent » [17]. La figure 1.2 modélise un véhicule intelligent.

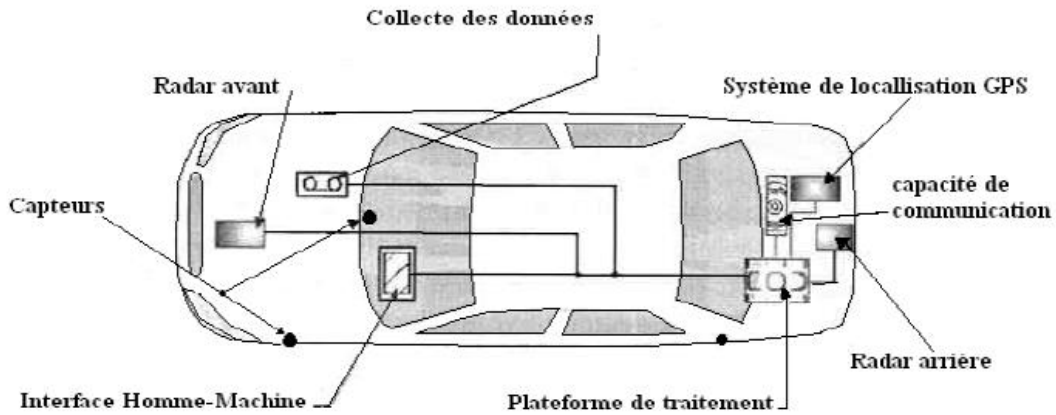


Figure 1.2 Véhicule intelligent

### 1.2.1 Entités communicantes

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 1.3 illustre un exemple de réseau véhiculaire faisant intervenir les différentes entités lors d'un accident de la route [9] [13] [6].

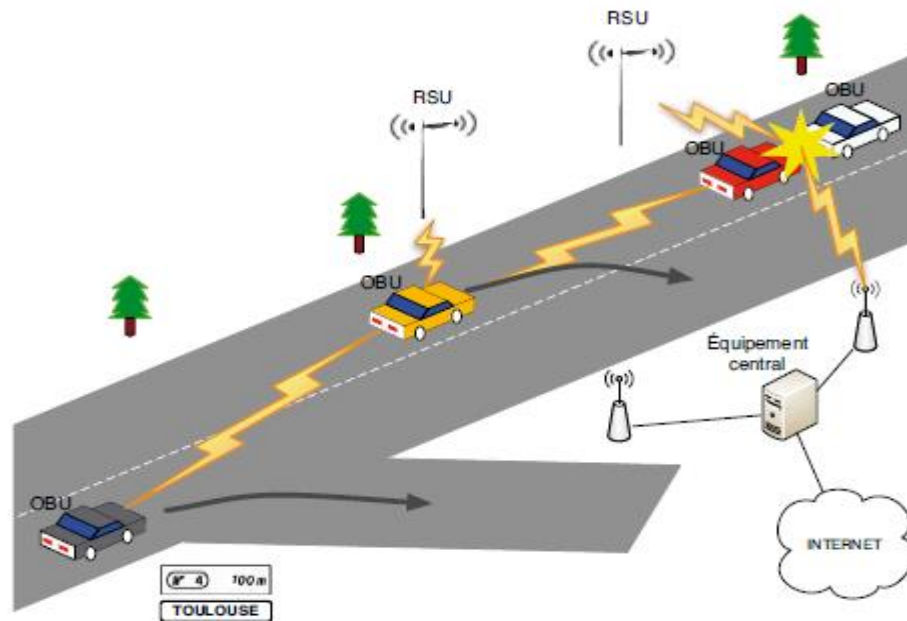


Figure 1.3 Exemple de réseau véhiculaire

### 1.2.1.1 Les équipements personnels

Les équipements personnels sont les équipements qui peuvent être apportés par l'utilisateur à l'intérieur de son véhicule. Cela peut être un téléphone portable, un ordinateur portable ou encore un GPS autonome. Ces équipements peuvent interagir avec le véhicule. De nos jours, en activant l'interface Bluetooth du téléphone portable, on peut utiliser son téléphone portable par commande vocale (en utilisant les microphones intégrés au véhicule) ou par le biais de l'interface Homme-Machine (IHM) du véhicule [30].

### 1.2.1.2 Les véhicules

Les véhicules modernes sont équipés d'un ensemble de processeurs connectés à une plateforme centrale de calcul qui dispose d'interfaces filaires et sans fil. Les véhicules intelligents sont des véhicules équipés d'une unité nommée *On-Board Unit* (OBU). Cette unité peut enregistrer, calculer, localiser et envoyer des messages sur une interface réseau [29]. La Figure 1.2 illustre un exemple de véhicule intelligent et les équipements le constituant. Ces équipements forment un système nommé DSRC (*Dedicated Short Range Communication*).

### 1.2.1.3 Les entités de bord

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

### 1.2.1.4 L'équipement central

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

## 1.2.2 Types de message dans les réseaux véhiculaires

Les entités formant un réseau sans fil véhiculaire vont générer et s'échanger des messages. En fonction de l'application et du contexte environnemental, un véhicule peut envoyer (ou recevoir) un message de contrôle, d'alerte ou « autre » [8].

### 1.2.2.1 Message de contrôle

Le message de contrôle est généré à intervalle régulier. Conventionnellement, chaque véhicule émet un message de contrôle toutes les 100 ms. Ce message, appelé aussi « *beacon* », contient la position, la vitesse, la direction et l'itinéraire du véhicule émetteur. Grace aux

messages de contrôle, chaque véhicule se crée une vue locale de son voisinage. Le véhicule peut aussi prédire et anticiper des situations accident gênées ou de congestion. Le message de contrôle est l'équivalent du message HELLO des protocoles de routage. Chaque véhicule se fait donc connaître de son voisinage direct. Bien entendu, les messages de contrôle ne sont pas transférés et utilisent une diffusion à un saut [18] [22].

### **1.2.2.2 Message d'alerte**

Le message d'alerte est généré lorsqu'un événement est détecté. Cela peut être la détection d'un accident, d'un obstacle ou la réception d'un autre message d'alerte. Le message d'alerte doit être émis à intervalle régulier afin d'assurer la pérennité de l'alerte. Ainsi le ou les véhicules désignés pour la retransmission des messages émettront des alertes à instants réguliers. Les messages d'alerte doivent donc être de taille réduite pour être transmis le plus rapidement possible. Les messages contiennent en particulier les coordonnées du lieu de l'accident et les paramètres de la zone de retransmission. [8][10]

### **1.2.2.3 Autres messages**

Ce type de message contient tous les messages qui ne sont pas des messages d'alerte ou de contrôle. Ces messages ne sont généralement pas répétés à intervalle régulier. En effet, cela peut être par exemple un message de transaction financière ou l'envoi de courrier électronique [8].

Tous les messages reçus seront stockés dans un « cache des messages récemment reçus ». Chaque message se verra associer une durée de vie dans le cache. [7]

## **1.2.3 Les différents types de communication dans VANETs**

Dans les réseaux de véhicules, les services proposés permettent de distinguer plusieurs communications possibles.

Les réseaux véhiculaires peuvent donc être déployés par des opérateurs de réseaux et/ou de services suivant les configurations ou la combinaison des configurations suivantes : [1] [13] [17]

### **1.2.3.1 Communication de véhicule à véhicule (V2V)**

Dans cette catégorie, un réseau de véhicule est vu comme un cas particulier du réseau MANET (Mobile Ad Hoc Network) où les contraintes d'énergie, de mémoire et de capacité sont relaxées et où le modèle de mobilité n'est pas aléatoire mais prévisible avec une très grande mobilité. Cette architecture peut être utilisée dans le scénario de diffusion d'alertes (freinage d'urgence, collision, ralentissement...) ou pour la conduite coopérative. Aucune

infrastructure est utilisée, aucune installation est nécessaire sur les routes et tous les véhicules sont équipés pour communiquer directement entre eux n'importe où, que ce soit sur les autoroutes, des routes de montagnes ou des routes urbaines, ce qui donne une communication moins coûteuse et plus flexible [3].

Cette approche souffre de certains inconvénients dont nous citons [10] :

- Les délais de communication qui sont élevés, étant donné que la communication se fait en utilisant le multi sauts.
- Les déconnexions fréquentes dues au fait que les véhicules sont mobiles.
- La sécurité réseau est très limitée.

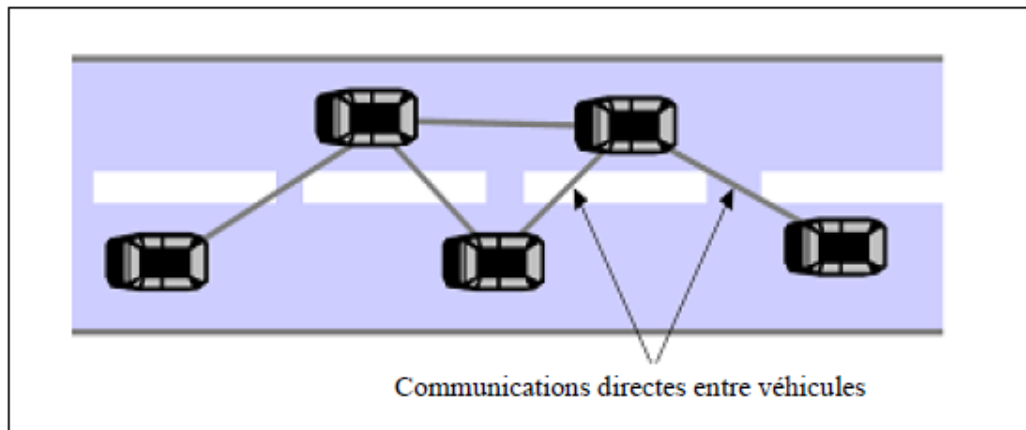


Figure 1.4 Communication véhicule à véhicule

### 1.2.3.2 Communication de véhicule avec utilisation d'infrastructures (V2I)

Dans cette catégorie on ne se concentre pas seulement sur des simples systèmes de communications inter véhicules mais aussi ceux qui utilisent des stations de bases ou points d'infrastructure RSU (Road Side Units, dénomination proposée par le consortium C2C-CC). Cette approche repose sur le modèle client/serveur où les véhicules sont les clients et les stations installées le long de la route sont les serveurs. Ces serveurs sont connectés entre eux via une interface filaire ou sans fil. Toute communication doit passer par eux. Ils peuvent aussi offrir aux utilisateurs plusieurs services concernant le trafic, accès à internet, échange de données de voiture-à-domicile et même la communication de voiture-à-garage pour le diagnostic distant.

L'inconvénient majeur de cette approche est que l'installation des stations le long des routes est une tâche coûteuse et prend beaucoup de temps, sans oublier les coûts relatifs à la maintenance des stations [10].

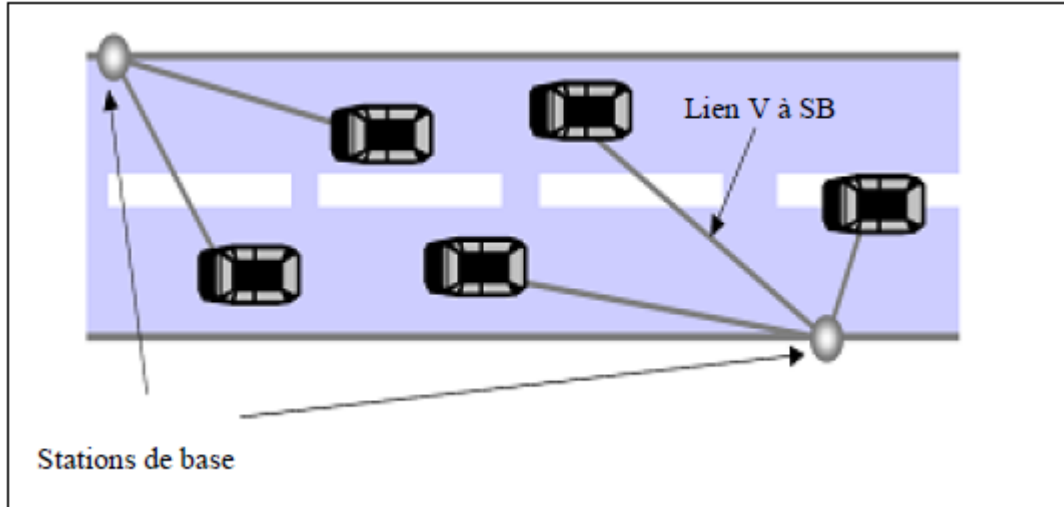


Figure 1.5 Communication véhicule à station de base.

### 1.2.3.3 Communication Hybride

La combinaison des communications véhicule à véhicules avec les communications de véhicules avec utilisation d'infrastructures, permet d'obtenir une communication hybride très intéressante. En effet, les portées des infrastructures (stations de bases) étant limitées, l'utilisation des véhicules comme relais permet d'étendre cette distance. Dans un but économique et afin d'éviter la multiplication des stations de bases à chaque coin de rue, l'utilisation des sauts par véhicules intermédiaires prend tout son importance [3].

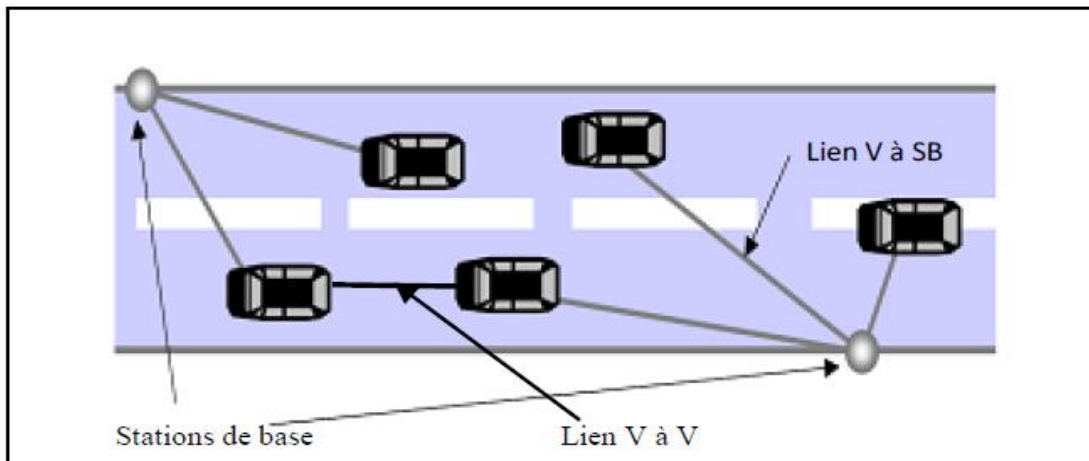
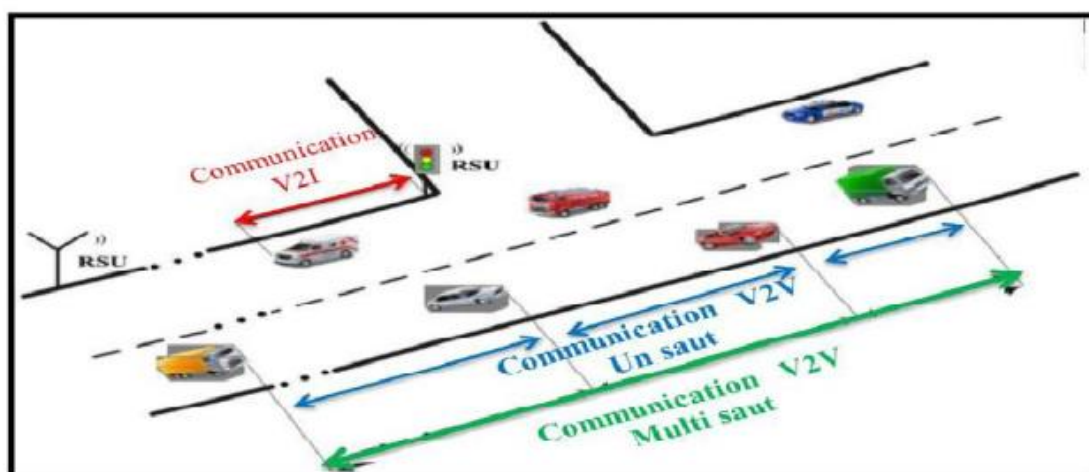


Figure 1.6 Communication hybride

Un cas particulier de l'architecture hybride est les réseaux VSN (*Vehicular Sensor Networks*). En effet, les VSN émergent en tant que nouvelle architecture de réseaux de véhicules, qui a pour objectif la collecte et la diffusion proactive et en temps réel des données relatives à l'environnement dans lequel évoluent les véhicules, plus particulièrement en zones urbaines. En effet, les voitures sont munies de plus en plus de capteurs de toutes catégories (caméras, capteurs de pollution, capteurs de pluies, capteurs de l'état des pneumatiques, GPS, etc....). Ceux-ci peuvent être utiles pour l'obtention d'informations sur le trafic routier (embouteillages, ralentissements, vitesse moyenne du trafic, etc....), ou sur les places de parking disponibles ou même pour des informations plus générales telles que la consommation moyenne de carburant et le taux de pollution ou encore pour des applications de surveillance, via les caméras embarquées sur des voitures [11].



**Figure 1.7** Les modes de communications dans les vanets

### 1.2.4 Caractéristiques des réseaux VANET

Les réseaux véhiculaires ont des caractéristiques spécifiques qui les distinguent des réseaux Ad Hoc, à savoir [1] [14] [17] :

#### 1.2.4.1 La collecte d'informations et la perception de l'environnement proche

La collecte d'informations se fait en utilisant différents capteurs de toutes catégories (caméras, capteurs de pollution, capteurs de pluies, capteurs de l'état de la route et de voiture, etc....) qui permettent au conducteur à bord de son véhicule de disposer d'un certain nombre d'informations et d'une meilleure visibilité pour pouvoir réagir d'une manière adéquate aux changements de son environnement proche.

### **1.2.4.2 Capacité de traitement, d'énergie et de communication**

Contrairement au contexte des réseaux Ad Hoc où la contrainte d'énergie à titre d'exemple représente une des problématiques traitées, les éléments du réseau VANET n'ont pas de limite en terme d'énergie et disposent d'une grande capacité de traitement et peuvent avoir plusieurs interfaces de communication (WIFI, Bluetooth et autres). Grâce aux Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) le conducteur peut prendre une décision à l'aide des traitements et des interprétations des informations collectées [11].

### **1.2.4.3 Environnement de déplacement et modèle de mobilité**

Les environnements pris en compte par les réseaux Ad Hoc sont souvent limités à des espaces ouverts ou indoor (comme le cas d'une conférence ou à l'intérieur d'un bâtiment). Les déplacements des véhicules quant à eux sont liés aux structures des routes (intersections, panneaux de signalisation, etc....) et aux stations de base routières (Infrastructures) que ce soit dans les autoroutes ou au sein d'une zone métropolitaine.

Les contraintes imposées par ce type d'environnement, à savoir les obstacles radio et les effets de la propagation à trajets multiples (multipath) ou d'évanouissement (fading), affectent considérablement le modèle de mobilité et la qualité des transmissions radio à prendre en compte dans les protocoles de routage. En outre la mobilité est un facteur lié directement au conducteur du véhicule [4].

### **1.2.4.4 Forte mobilité, topologie du réseau et connectivité**

A la différence des réseaux Ad Hoc, les réseaux VANET sont caractérisés par la forte mobilité des nœuds (véhicules), liée à la vitesse des voitures qui est très importante dans les autoroutes. Par conséquent, un nœud peut rejoindre ou quitter le réseau en un temps très court, ce qui rend les changements de topologie très fréquent. De plus, des problèmes peuvent apparaître quand le système IVC (Inter Vehicle Communication) n'est pas équipé dans la majorité des véhicules.

### **1.2.4.5 Type de l'information transportée et diffusée**

Un des objectifs des réseaux VANET étant la sécurité routière. Les types de communications s'axeront sur les diffusions de messages d'une source vers plusieurs destinataires. Néanmoins, les véhicules sont concernés par la diffusion d'informations en fonction de leurs positions géographiques et leurs degrés d'implication dans l'évènement déclenché. Dans de telles situations, les communications sont principalement unidirectionnelles [1] [5].

### **1.2.5 Applications des réseaux VANET**

Les principales applications des réseaux VANET peuvent être classées en trois catégories [1] [12] [17].

#### **1.2.5.1 Application dans la prévention et la sécurité routière**

La sécurité routière est devenue une priorité dans la plupart des pays développés, cette priorité est motivée par le nombre croissant d'accidents sur ses routes associé à un parc de véhicules de plus en plus important. Les VANETs permettent de prévenir les collisions et les travaux sur les routes, de détecter les obstacles (fixes ou mobiles) et de distribuer les informations météorologiques par envoi de messages d'alerte.

A titre d'exemple, alerter un conducteur en cas d'accidents permet d'avertir les véhicules qui se dirigent vers le lieu de l'accident que les conditions de circulations se trouvent modifiées et qu'il est nécessaire de redoubler de vigilance.

Les messages d'alertes et de sécurité doivent être de taille réduite pour être transmis le plus rapidement possible et doivent être émis à des périodes régulières.

#### **1.2.5.2 Application pour l'optimisation du trafic et aide dans la conduite**

Le trafic automobile peut être grandement amélioré grâce à la collecte et au partage de données collectées par les véhicules, ce qui devient un support technique pour les conducteurs. Une voiture peut, par exemple, être avertie en cas d'un ralentissement anormal (bouchon, embouteillage, éboulement de rochers ou travaux).

#### **1.2.5.3 Applications au confort du conducteur et des passagers**

Les réseaux véhiculaires peuvent aussi améliorer le confort des conducteurs et des passagers. Ce confort est illustré par l'accès à internet, la messagerie, le chat inter –véhicule, etc. Les passagers dans la voiture peuvent jouer en réseaux, télécharger des fichiers MP3, envoyer des cartes à des amis, etc.

### **1.3 Normes et standards de communication**

Les normes de communication sont essentielles pour mettre en œuvre la communication entre diverses entités dans un réseau de véhicule sans fil. Inspiré de la norme ASTM E221303 [AST 07], qui est basée sur 802.11a [IEE99], l'IEEE étend la famille de protocoles 802.11 en ajoutant 802.11p [IEE10]. Ce protocole modifie la couche physique et MAC pour s'adapter au réseau du véhicule dans le respect de la bande passante DSRC2. De plus, l'IEEE définit une famille de 1609 protocoles appelés WAVE pour l'accès sans fil dans les réseaux de véhicules [IEE10]. La norme est divisée en quatre composants (1609.1 à 1609.4) qui définissent

l'architecture, le modèle de communication, la structure de gestion, la sécurité et l'accès physique [45].

### 1.3.1 DSRC

DSRC (Dedicated Short Range Communications) est une communication sans fil dédiée à courte ou moyenne portée, unidirectionnelle ou bidirectionnelle. Ce type de communication est spécifiquement conçu pour les systèmes de transport intelligents (ITS), c'est-à-dire la communication de véhicule à véhicule (V2V) ou de véhicule à infrastructure (V2I). L'acronyme DSRC désigne également un ensemble de protocoles et de standards impliqués dans ce type de communication. Des études montrent que DSRC assure le bon fonctionnement des applications de sécurité routière. DSRC fonctionne dans la bande de fréquence 5,9 GHz. Cette bande de fréquence est divisée en 7 canaux de 10MHz chacun. Tous ces canaux sont fonctionnellement divisés en canaux de contrôle et six canaux de service. Les canaux de contrôle servent à envoyer des messages de gestion du réseau et des messages très importants tels que : B. Messages relatifs à la sécurité routière réservée. Les six autres canaux sont dédiés à l'envoi des données de service annoncées sur le canal de contrôle [41].

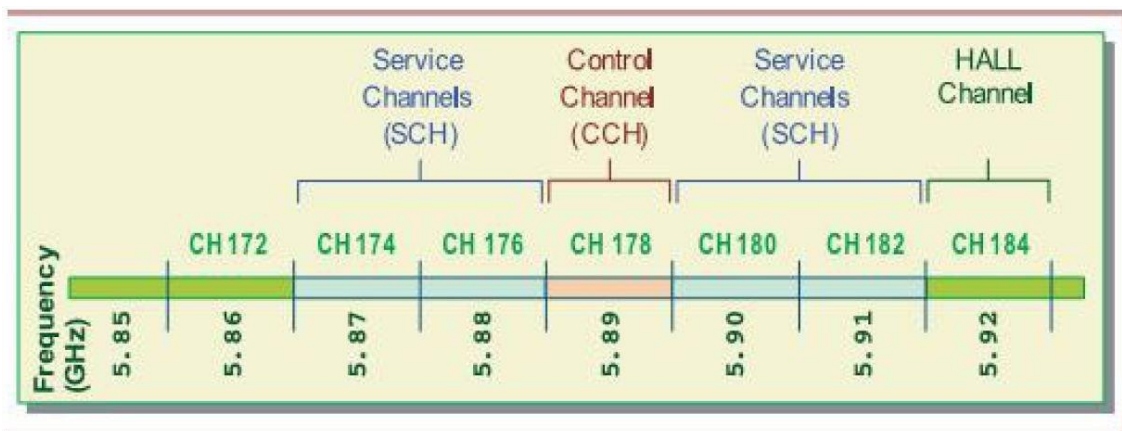


Figure 1.8 La norme DSRC

### 1.3.2 IEEE 802.11p

IEEE802.11p est une modification approuvée de la norme IEEE802.11 pour ajouter un accès sans fil (WAVE) à l'environnement du véhicule. Définit les extensions 802.11 (la base des produits vendus comme Wi-Fi) nécessaires pour prendre en charge les systèmes de transport intelligents (ITS). Cela comprend l'échange de données sur la communication à haut débit de véhicule à véhicule (V2V) et la communication d'infrastructure de véhicule à

véhicule (V2I) dans la bande de fréquences de 5,9 GHz (5,85 à 5,925 GHz). IEEE1609 est une norme de couche supérieure basée sur la norme IEEE802.11p.

### **1.3.3 IEEE 1609.1**

La norme IEEE 1609.1 existe au niveau de la couche application et définit les différents formats de messages et modes de stockage des données utilisés par l'application. IEEE1609.1 décrit RM Resource Manager, un service qui permet à RMA de contrôler les interfaces qui résident dans l'OBU. C'est l'environnement WAVE. Cela permet au RSU de communiquer avec l'OBU. De plus, RMA (Resource Manager application : une entité distante qui communique avec RCP à l'aide de RM) se connecte à RPC (Resource Command Processor : qui exécute la commande spécifiée par RMA et fournit une réponse à RMA via RM) ... Chez OBU. Lorsqu'une application (existant dans un OBU ou RSU) envoie une commande à l'OBU, le composant RMA envoie un message au RM. RM envoie une commande au RCP qui contrôle l'OBU connecté. RCP envoie un message de réponse à RM pour fournir le résultat. Par conséquent, RM est le lien entre l'application RSU (ou OBU) et l'OBU des autres véhicules [45].

### **1.3.4 IEEE 1609.2**

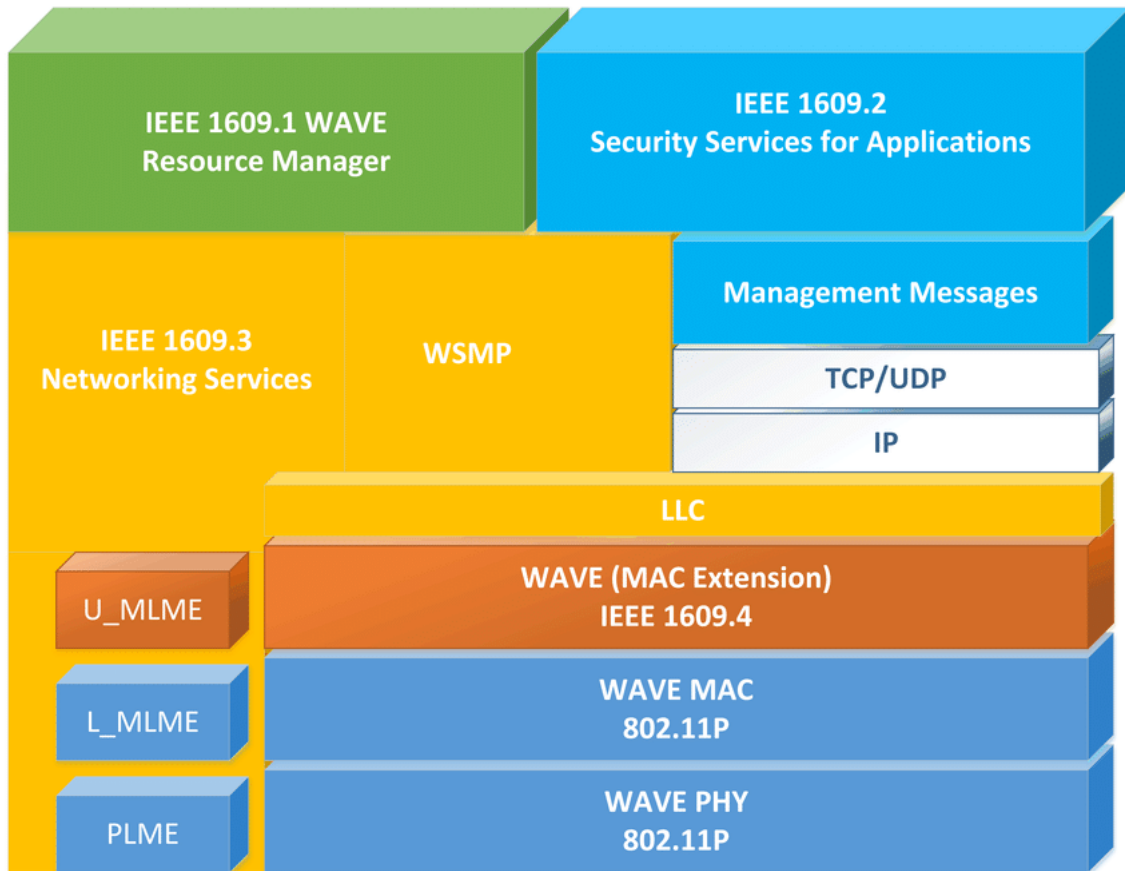
La norme 1609.2 définit un format de message sécurisé pour les systèmes DRSC/WAVE. Spécifie un algorithme pour protéger les messages administratifs et d'application. Il fournit également des étapes pour assurer chaque service de véhicule, y compris la fiabilité, la confidentialité, l'intégrité et la non-répudiation des données. Toutes les applications ne nécessitent pas ces services. Cependant, vous devez être présent si nécessaire. La norme 1609.2 protège les entités du réseau contre les attaques de l'homme du milieu, l'usurpation d'identité, la lecture de messages et d'autres attaques [43].

### **1.3.5 IEEE 1609.3**

La norme 1609.3 définit le WAVE Short Message (WSM) et le protocole d'échange associé au WAVE Short Message Protocol (WSMP) pour garantir les capacités réseau et de couche transport des applications de sécurité du trafic. 1609.3 définit également les messages WAVE Service Advertisement (WSA) utilisés pour annoncer la disponibilité des services DSRC à des emplacements spécifiques. Par exemple, vous pouvez envoyer un WSA pour vous informer de l'existence d'un service d'information sur le trafic établi par un RSU [45].

**1.3.6 IEEE 1609.4**

La norme IEEE 1609.4 définit l'organisation, la programmation et l'utilisation des différents canaux DSRC [4, 10]. Le but de cette norme est d'établir un mécanisme par lequel plusieurs appareils peuvent se trouver (s'accorder sur le même canal en même temps pour permettre la communication). 1609.4 est étroitement lié au mécanisme EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) de la sous-couche MAC (Medium Access Control). EDCA est basé sur CSMA / CA et est utilisé pour prendre en charge les réseaux Wi-Fi de norme IEEE 802.11e. Le mécanisme EDCA permet d'attribuer une priorité à chaque type de message [41].



**Figure 1.9** Architecture IEEE 1609 (WAVE) et couches MAC et PHY IEEE 802.11p

### 1.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les réseaux véhiculaires Ad Hoc VANET. Nous avons décrit également leurs caractéristiques, leurs applications et leurs contraintes.

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.

Une des contraintes des réseaux VANET est le problème de fiabilité des données entre les nœuds (véhicules) du réseau. Les applications de sécurité routière exigent un échange d'informations à jour et à faible retard.

Dans le but d'assurer l'échange fiable, malgré l'absence d'infrastructure et le changement de la topologie, chaque nœud diffusant périodiquement, à un taux fixe ou adaptatif des messages de contrôle « *beacons* »

Dans le chapitre suivant, nous présenterons la description de quelques approches de *beaconing* adaptatif dédiées aux réseaux VANETs.

# **CHAPITRE 2**

## **QUELQUES APPROCHES DE BEACONING ADAPTATIF DANS LES VANETS**

### **2.1 Introduction**

L'objectif principal des réseaux mobiles ad hoc (MANET) est de maximiser la durée de vie et la capacité des réseaux sans fil. Contrairement à MANET, les VANETs sont développés pour améliorer les applications liées à la sécurité routière par le *beaconing* et les messages événementiels. Les *beacons* sont importants pour activer les applications de sécurité. Chaque véhicule diffuse périodiquement un *beacon* pour informer les nœuds voisins de son adresse, de son emplacement et d'autres informations. Ces messages d'état peuvent être utilisés pour détecter des situations inhabituelles dans des scénarios d'autoroute et de ville. D'autre part, dans des situations dangereuses telles que des accidents de voiture, des messages événementiels sont déclenchés et diffusés au véhicule le plus proche avec la plus haute priorité. Cette connaissance positive du voisinage nécessite que chaque véhicule maintienne une liste à jour des nœuds voisins. Sinon, un problème avec les anciennes informations dans la liste des voisins entraînera soit la perte du prochain nœud candidat, soit le déplacement du nœud sélectionné hors de portée. Cependant, les changements rapides de la densité de trafic clairsemée à forte et les *beacons* réguliers entre les véhicules peuvent entraîner une congestion rapide des canaux, réduisant les performances du réseau. La raison de la congestion sur ce canal est que chaque véhicule émet un beacon à vitesse constante de façon régulière. Cela conduit également à une congestion élevée des canaux et donc à une perte de paquets.

D'un autre côté, la solution à la congestion des canaux n'est pas seulement de réduire la fréquence de génération des *beacons*. La réduction de la fréquence de génération des *beacons* augmente l'erreur entre la position physique actuelle et la dernière position signalée. De plus, l'augmentation de la couverture radio des véhicules est considérée comme une méthode d'augmentation de la durée de vie de la liaison lorsque les véhicules sont légèrement déployés. Cependant, l'augmentation de la portée de transmission peut affecter négativement les performances du VANET lorsque les véhicules sont déployés de manière dense.

Dans ce chapitre, une brève description des méthodes de *beaconing* est d'abord présentée, suivie d'une explication détaillée des principaux types d'approches de *beaconing* adaptatif et de leurs différences. Ensuite, une classification de chaque type de méthode de *beaconing* sera présentée et leurs implémentations seront explorées. C'est-à-dire le contrôle de la puissance de transmission des *beacons*, le réglage du flux des *beacons* et les approches de *beaconing* adaptatif mixtes.

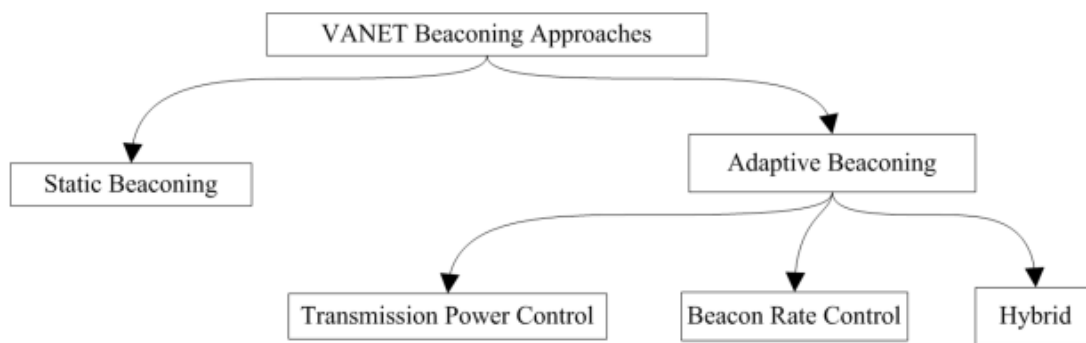
## 2.2 Notions de base :

*Beacon* : (balise) est un message envoyer par un véhicule pour préciser ces information aux autres véhicules, comme (la position, la direction, la vitesse, l'accélération....etc.).

*Beaconing* : (signalisation) 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 figure2.1 ci-dessous, les approches de *beaconing* sont divisées en deux types : *beaconing* fixe et adaptatif.



**Figure 2.1** : Classification des approches de *beaconing*

La reconnaissance collaborative nécessite un partage d'informations rapide et instantané entre les véhicules. Ces informations incluent la position, le mouvement et l'accélération des véhicules environnants. Peut être Réalisé en envoyant des *beacons*.

### 2.3.1 Le *beaconing* fixe :

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 fixe dans tous les scenarios de véhicules.

Un système de sécurité actif collaboratif « CASS » [16] prend en charge les conducteurs avec des informations échangées entre les véhicules adjacents. Le système CASS peut fournir avec succès la reconnaissance en envoyant des informations sur le véhicule pour tous les scénarios de véhicule à un débit fixe via un message *beacon* toutes les 100 millisecondes. Cette reconnaissance de véhicule prend en charge le routage géographique et la propagation des données. Cependant, la taille du *beacon* est d'environ 400 octets, donc l'augmentation de la densité du trafic nécessite une quantité importante de bande passante et réduit les performances

du réseau. La figure 2.1 montre un scénario dans lequel le véhicule source diffuse un *beacon* aux véhicules à proximité.

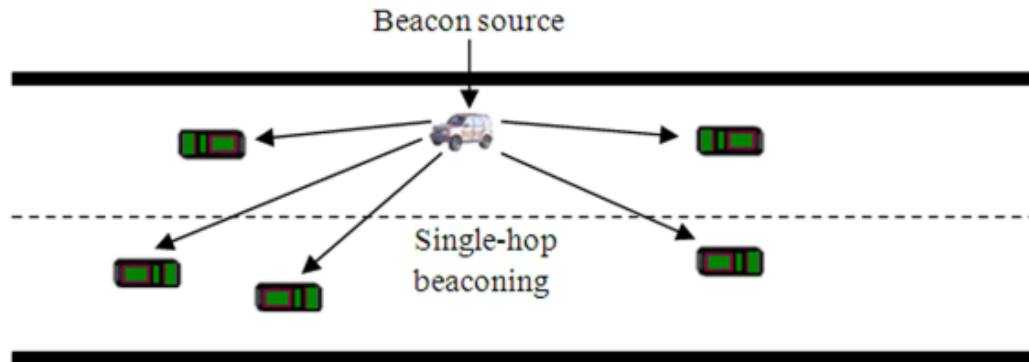


Figure 2.2: Illustration de propagation de *beacon* à un saut

### 2.3.2 Le *beaconing* adaptatif

Le contrôle de la puissance d'émission et le contrôle du débit de *beacon* sont deux principaux exemples d'approches adaptatives. En bref, l'objectif est de réduire la puissance d'émission dans les scénarios de véhicules bondés. De plus, nous pouvons ajuster le *beacon* en contrôlant le taux de *beaconing*.

Les recherches montrant la nécessité d'une approche de *beaconing* efficace pour améliorer la sensibilisation collaborative entre les véhicules. Cependant, le réseau de véhicules est dynamique, les heures de pointe sont denses et les conditions de circulation sont rares. Enfin ces deux types cités ci-dessus peuvent être assemblés en un seul type qui s'appelle le *beaconing* hybride.

#### 2.3.2.1 Contrôle de la puissance de transmission de *Beacon* :

Les notifications récurrentes et événementielles sont nécessaires pour les applications de sécurité. Des messages de signalisation périodiques sont nécessaires pour permettre la détection des véhicules à proximité en échangeant des informations d'état telles que la position, la vitesse, la direction et d'autres informations sur le véhicule. Ces messages de signalisation capturent des informations importantes sur les véhicules à proximité et ainsi chaque véhicule sera en mesure de détecter les situations d'urgence à proximité. La charge de signalisation sur le canal sans fil doit être correctement surveillée pour s'assurer l'exigence de bande passante des applications de sécurité.

### **2.3.2.2 Control de taux de Beacon**

Le principe de base de la communication de véhicule à véhicule est d'améliorer la perception du véhicule et de prédire les informations sur les autres véhicules qui l'entourent. Cette reconnaissance peut être réalisée via le *beaconing*. Dans les applications liées à la sécurité, le véhicule diffuse des *beacons* contenant l'emplacement, la direction, la vitesse et des informations liées au VANET aux véhicules adjacents. Un taux de *beacon* élevé entraîne une congestion du réseau, tandis qu'un faible taux de *beacon* conduit à des informations de localisation partagées de manière inexacte.

### **2.3.2.3 Approche de Beaconing hybride (mixte) :**

L'utilisation du service de diffusion naïve *Beacon* peut dégrader les performances de votre réseau en termes de retards de paquets excessifs et de propagation du *beacon* non fiable. Pour atténuer le problème des diffusions simples, trois paramètres clés peuvent être ajustés pour s'adapter au scénario du réseau du véhicule. Taux de génération de *beacon*, puissance de transmission de *beacon* et fenêtres de conflit MAC.

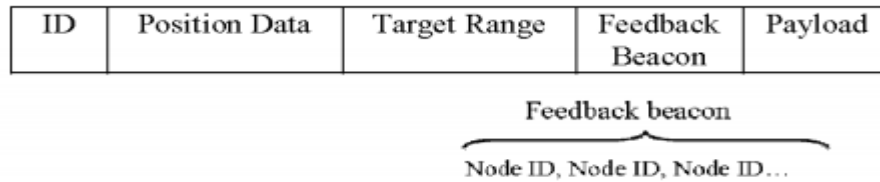
## **2.4 Exploration des approches basé sur le contrôle de la puissance de transmission :**

### **2.4.1 Les objectifs de l'adaptation de la portée de transmission dans les VANETs**

Les objectifs de l'adaptation de la portée de transmission dans les réseaux sans fil mobiles sont d'améliorer le débit, le temps de réseau et la liaison [27,24]. Ces objectifs classiques de contrôle de puissance ne sont pas applicables dans les réseaux véhiculaires car la topologie du réseau et la communication de véhicule à véhicule ont des caractéristiques distinctes des réseaux cellulaires traditionnels. De plus, la communication entre véhicules est apparue pour améliorer la sécurité routière sur la route. Par conséquent, le contrôle de puissance dans les réseaux véhiculaires doit garantir la fiabilité et retarder les applications de sécurité opérationnelle sensibles. Cette application intéressante a incité plusieurs chercheurs à développer un mécanisme de contrôle de puissance adapté.

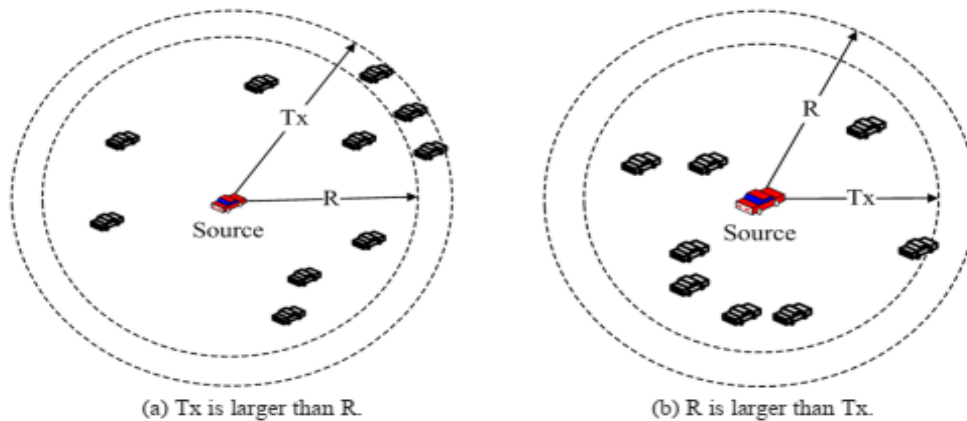
**2.4.2 Algorithme pour contrôler la puissance de transmission des beacons**

Les auteurs dans [27] ont proposé un algorithme pour contrôler la puissance de transmission des *beacons* échangés entre les véhicules à proximité. L'algorithme est basé sur le fait que chaque véhicule diffuse périodiquement ses informations d'état, et les informations nécessaires au contrôle de puissance sont superposées dans l'en-tête du *beacon*.



**Figure2.3 :** Format de *beacon*

Les informations superposées sont la plage cible et le *beacon* de retour. La plage cible est la plage spécifiée sur laquelle le message de sécurité transmis est valide. Les véhicules circulent sur une autoroute à trois voies comme le montre la figure 2.4.



**Figure2.4 :** La portée effective et la portée cible

La portée de communication effective du véhicule et la portée cible sont désignées respectivement par Tx et R. Tout d'abord, le nœud source diffuse un message sécurisé aux véhicules à proximité. Une fois que le véhicule à proximité a reçu le message, la distance relative est calculée entre l'expéditeur et le destinataire du message. Le nœud source se rend compte que la plage Tx est supérieure à la plage R sur la base de la rétroaction des nœuds voisins qui sont hors de la plage R. Dans ce cas, la puissance d'émission sera réduite (Figure 2.4a). Si ce n'est pas le cas, la puissance d'émission du message de sécurité sera augmentée par la source (figure 2.4b). En modifiant 802.11a pour modéliser la couche MAC 802.11p. Le modèle de

propagation radio log normal est utilisé pour la modélisation de l'évanouissement lorsque le canal sans fil n'est pas susceptible de variation rapide pendant la communication de véhicule à véhicule.

### Pseudocode de l'algorithme de contrôle de puissance :

Pendant l'intervalle de temps de *beacon* :

Mettre à jour la liste des voisins

Rechercher dans les *beacons* reçus son propre ID\_

    Si l'ID est trouvé

        compteur++

A la fin de l'intervalle de temps de *beacon* :

    Si (compteur>N)

        Niveau de puissance=niveau de puissance-delta

    Sinon

        Niveau de puissance=niveau de puissance + delta

    Si (niveau de puissance>MAX)

        Niveau de puissance=MAX\_POWER

    Si (niveau de puissance < MIN)

        Niveau de puissance=MIN\_POWER

    Compteur=\_0

    Effacer la liste des voisins

### 2.4.3 Un schéma basé sur l'analyse numérique pour contrôler la puissance :

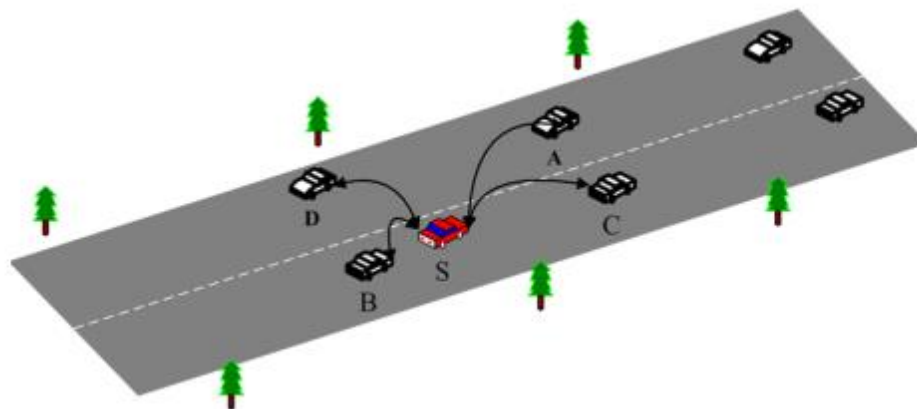


Figure2.5 : Le véhicule S reçoit des *beacons* des véhicules voisins

Dans [21] ont proposé un schéma basé sur l'analyse numérique pour contrôler la puissance d'émission des messages de signalisation. L'idée de base du schéma proposé est qu'un véhicule compte le nombre de *beacons* perdues ou reçues avec succès en 1 seconde par les véhicules voisins. Comme le montre la figure 2.5, si le taux de génération de *beacon* est de 10 ms, le véhicule S recevra 10 messages de signalisation de chaque véhicule voisin (A, B, C, D) toutes les 1 secondes. Plus précisément, le schéma proposé calcule la puissance d'émission programmée comme indiqué dans l'équation 1 :

$$TP = MinP + (PD \times PS) \quad (1)$$

Où TP est la nouvelle puissance d'émission, MinP est la puissance minimale des véhicules voisins (ce paramètre est inclus dans le *beacon*), PD est la différence de puissance entre la puissance maximale et minimale reçue des véhicules voisins et PS est le pourcentage de succès de la réception du message de signalisation. Lorsqu'un véhicule (tel que le S de la figure 2.5) reçoit un message de signalisation, il en extrait la puissance reçue minimale et maximale. De plus, le PD ainsi que le PS peuvent être déterminés sur la base du nombre de messages de signalisation reçus avec succès.

### 2.4.4 Algorithme de contrôle de puissance basé sur la densité des véhicules [28] :

La topologie VANET est très dynamiques car les véhicules entrent et sortent rapidement de la zone de transmission. La zone de transmission à une distance effective maximale de livraison de paquets de 1000 m. Le but de l'algorithme de contrôle de la congestion du réseau est de réduire la congestion du réseau en ajustant la puissance d'émission en fonction de la densité actuelle des nœuds sur la route. Le nombre de véhicules comprend à la fois les véhicules stationnés et mobiles dans la portée de transmission des véhicules ego.

#### 2.4.4.1 Les objectifs de l'algorithme proposé sont :

- Réduction du délai entre les paquets (IPD).
- Réduire le pourcentage de paquets perdus.
- Réduire le temps d'occupation des canaux.
- Réduire le taux d'erreur de *beacon*.

#### 2.4.4.2 Aperçu de l'algorithme :

L'approche proposée est basée sur comment un véhicule ajuster sa puissance d'émission en fonction des conditions actuelles de densité de véhicules sur la route. La couche d'accès au support (MAC) doit contrôler la puissance de transmission pour gérer les situations suivantes :

1. Une seule puissance de transmission élevée à des densités de véhicules élevées provoque une congestion des paquets, des collisions de paquets et une perte de paquets, et dégrade les performances du VANET.

2. Une seule faible puissance d'émission à de faibles densités de véhicules est plus susceptible de causer des problèmes de perception car les véhicules distants ne peuvent pas recevoir de paquets.

3. L'utilisation de la même puissance de transmission avec différentes densités de véhicules gaspille des ressources et dégrade les performances du réseau.

L'algorithme est divisé en deux parties. L'une consiste à détecter le nombre actuel de véhicules actuellement sur la route, qu'ils soient en stationnement ou en voiture. La seconde consiste à allouer la puissance d'émission à utiliser.

### **Pseudocode de l'algorithme proposé :**

1. Sélectionnez la plage de transmission maximale, calculez la puissance de transmission requise en fonction de la portée de transmission.

2. Pour chaque paquet envoyé par un véhicule, répétez les étapes 3-4

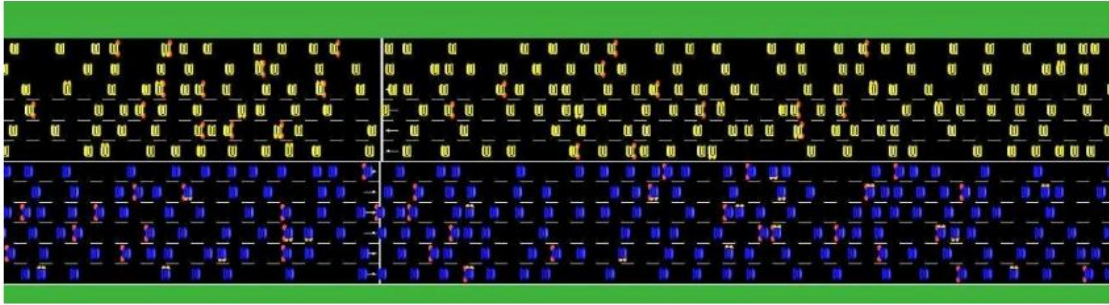
3. Procédure SetVehicleDensity

- a. VehicleCount = getVehicleCount ()
- b. si (VehicleCount  $\geq$  100) then VehicleDensity  $\leftarrow$  Dense
- c. sinon si (50 < VehicleCount && VehicleCount < 100) alors  
Densité de véhicules  $\leftarrow$  Moderate
- d. sinon si (VehicleCount  $\leq$  50) alors VehicleDensity  $\leftarrow$  Sparse
- e. fin si
- f. fin de procédure

4. Procédure AllouerTransmissionPowerLevel

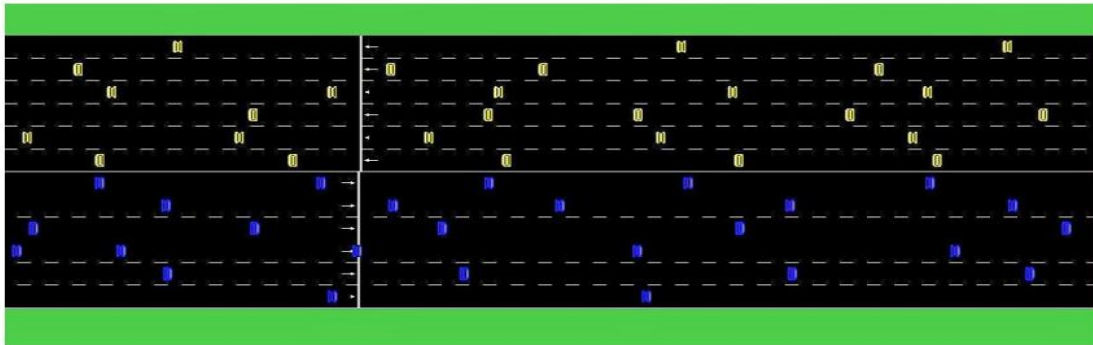
- a. si VehicleDensity = High alors setTxPower (LowTxPower)
- b. si VehicleDensity = Moderate alors setTxPower  
(MediumTxPower)
- c. si VehicleDensity = Sparse alors setTxPower  
(HighTxPower)
- d. fin si
- e. fin de procédure

### 2.4.4.3 Les États de la densité des véhicules :



**Figure2.6** : Un état des véhicules dense

\*Une condition de surpeuplement (**high**) est lorsqu'il y a plus de 100 véhicules sur la route. Les vitesses de circulation sont généralement lentes et les véhicules sont proches les uns des autres.



**Figure2.7** : Un état de densité moyenne

\*Une condition de densité moyenne (**Modrate**) est une condition dans laquelle 50 à 100 véhicules sont actuellement sur la route. Il s'agit généralement d'un trafic fluide.



**Figure2.8** : État de densité clairsemé

\*Une condition clairsemée (**Sparse**) est une condition dans laquelle il y a moins de 50 véhicules sur la route. Les véhicules sont minces, bien espacés, rapides et libres de se déplacer.

### 2.4.4.4 Allocation de la puissance d'émission :

Le deuxième procédé alloue la puissance d'émission aux diverses conditions de densité de véhicules.

- **Une faible puissance d'émission est allouée aux conditions de trafic élevé.** En raison de la proximité des véhicules, il est logique de permettre à de petits forfaits de services d'atteindre les véhicules adjacents. Une puissance de transmission élevée dans des environnements à haute densité peut provoquer des collisions et la congestion d'un grand nombre de paquets, ce qui peut réduire les performances de VANET.
- **La puissance moyenne est attribuée à la puissance moyenne.** Ce n'est pas trop bas pour empêcher les paquets d'être livrés à des véhicules distants, et il est suffisamment élevé pour accueillir des véhicules distants.
- **Une puissance de transmission élevée est attribuée à des conditions clairsemées,** le nombre de véhicules sur la route est faible et la vitesse est relativement élevée, offrant une large gamme de véhicules.

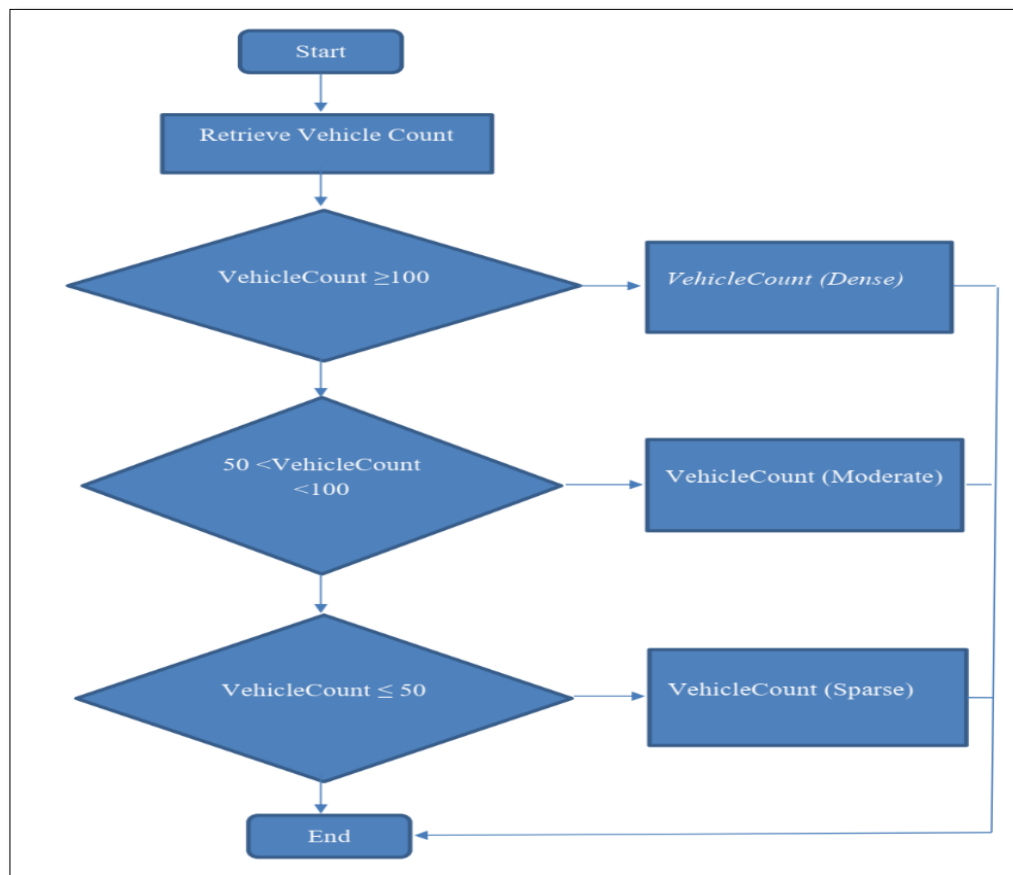


Figure2.8 : Organigramme pour l'attribution de la puissance d'émission

## 2.5 Exploration des approches basée sur le contrôle de taux de *beacon* :

### 2.5.1 Approche basée sur l'estimateur de Kalman :

Les auteurs dans [25] et [26] ont examiné l'adaptation des taux de *beacon* dans les VANETs. La mise à l'échelle de *beacon* proposée est basée sur la différence entre les emplacements prévus. Dans leur schéma de prédiction, tous les véhicules sont intégrés à des estimateurs de Kalman modifiés pour fournir des estimations continues des emplacements existants. Cette estimation de position peut être obtenue via le message de signalisation final, améliorant la précision de position entre deux *beacons* séquentiels. De plus, le schéma de prédiction nécessite le déclenchement du *beacon* suivant sur la base de l'emplacement actuel du véhicule et de l'emplacement estimé. Une fois que le véhicule a identifié un changement dans sa position réelle, il déclenchera le prochain message de signalisation. De cette façon, les moyens estiment indépendamment la durée du prochain *beacon*. Cependant, les changements rapides de la topologie des véhicules et des caractéristiques du trafic mobile n'ont pas été pris en compte. 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.

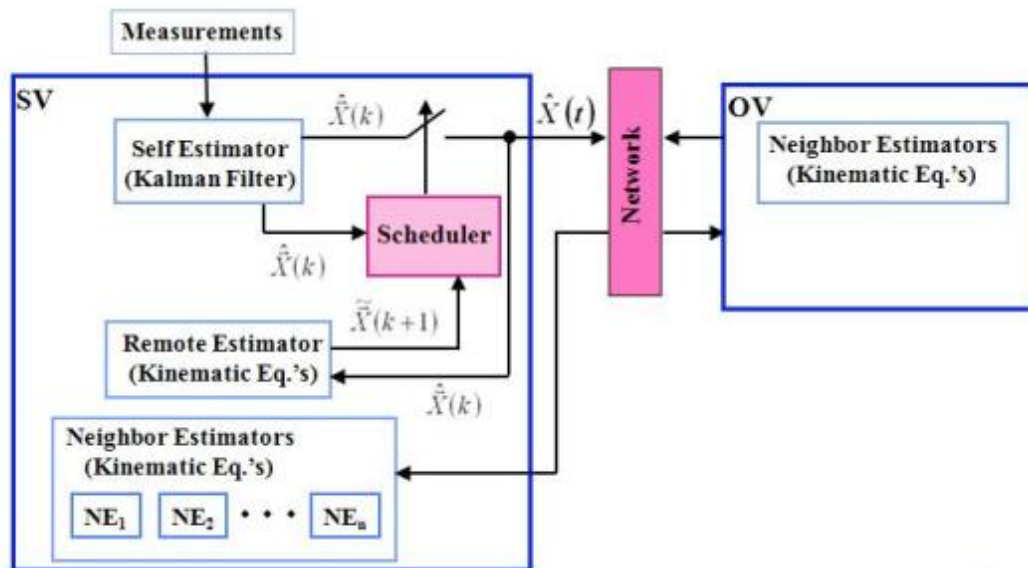


Figure 2.8 : Schéma fonctionnel de conception des estimateurs

Chaque véhicule doit évaluer chaque véhicule à proximité. C'est Dans la figure2.8, il est appelé "l'estimateur adjacent". Cet estimateur reçoit le message suivant : État du véhicule adjacent X(k). L'OV (autre véhicule) reçoit un message de SV (véhicule cible). L'OV manipule le modèle pour fournir au véhicule le devis suivant :

L'état du SV pour le temps écoulé entre la réception des messages du SV.

La sortie de l'estimateur de véhicule et l'estimateur de tous les véhicules adjacents pilote des applications réactives dans le véhicule. Lorsque le véhicule (SV) possède n voisinages (OV). Vous devez exécuter n estimateurs voisins. Il est basé sur la différence entre la sortie de son auto-estimateur et son estimateur à distance. Ou alors L'entrée de l'estimateur à distance est le message que le véhicule envoie à ses voisins. Ou alors La sortie de l'estimateur à distance estime ce que vos voisins pensent du véhicule.

### **2.5.2 L'approche basée sur la logique floue ABR [20]**

L'approche ABR est utilisée dans les systèmes de communication de véhicule à véhicule (V2V) où les véhicules communiquent sans infrastructure. Cette approche est utilisée pour faire correspondre la fréquence de génération des *beacons* avec le contexte de trafic VANET. Il est supposé que tous les véhicules équipés du système de positionnement global "GPS". Un récepteur qui fournit des informations sur l'emplacement du véhicule. Et supposé également que différents types de véhicules sont utilisés dans les zones urbaines pour expliquer l'existence de véhicules d'urgence et non urgents.

Au lieu de simplement envoyer des *beacons* à des intervalles de temps réguliers, Chaque fois qu'un véhicule reçoit un beacon d'un véhicule adjacent, le véhicule vérifie la proportion de véhicules adjacents directionnels et leur état d'urgence. Après avoir collecté ces informations, déclenchez le système d'inférence floue et Calculez la valeur requise du *Beacon Rate* (BRr). La nouvelle valeur *Beacon Rate* (BRn) est alors calculée selon la formule suivante :

$$BRn = BRc + \gamma(BRr - BRc) \quad (2)$$

Où BRn est la nouvelle valeur de débit, BRc est la valeur de débit actuelle, BRr est le débit requis et est la sortie du système d'inférence floue. En outre,  $\gamma$  est le facteur de pondération utilisé pour maintenir la valeur de BRn. Lorsque  $\gamma = 0$ ,  $BRn = BRc$ , c'est-à-dire Annule l'effet de l'ajustement du taux de *beaconing*. D'autre part,  $\gamma = 1$  conduit à une augmentation ou une diminution rapide du taux de *beaconing*. Ou alors Provoque une congestion temporaire du

canal / une perte de précision. Dans le simulateur, cette valeur a été fixée à 0,45 par essais et erreurs. Après avoir obtenu la nouvelle valeur de taux de *beacons*, déterminez la valeur de l'intervalle de temps de *beacon* (BIT) (algorithme 1) afin que le prochain *beacon* puisse être programmée en BIT secondes. De plus, la valeur de taux de *beacon* requise dépend du système d'inférence floue conçu.

**2.5.2.1 Algorithme BIT :**

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

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

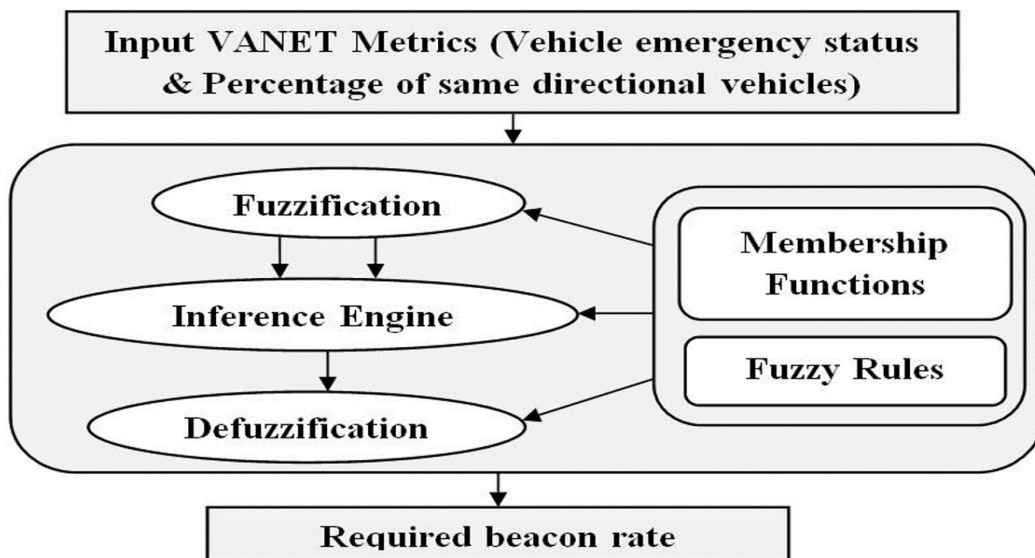
$$BRc = BRn$$

$$BIT = 1 / BRc$$

Sortie de la valeur de BIT

Fin si

**2.5.2.2 La structure du système de décision en logique floue**



**Figure2.9 :** Composants de logique floue pour générer la fréquence de *beacon* (BRr)

La logique floue est un processus décisionnel basé sur des fonctions d'appartenance d'entrée et un ensemble de règles floues. Cela ressemble au fonctionnement du cerveau humain, il est appliqué pour contrôler le taux de *beacon* sur la base de métriques combinées intelligemment (pourcentage de véhicules se dirigeant dans la même direction et état d'urgence / non urgent). Dans ce cas, le véhicule ne connaît pas la valeur du *beacon* et la logique floue est une solution prometteuse à ce type de problème, car les tarifs sont adaptés à la situation actuelle des véhicules. Comme le montre la figure 2.9, le système d'inférence floue est un moteur d'inférence floue, et non flou. La première étape de la conception d'un système d'inférence floue consiste à déterminer les ensembles flous de variables d'entrée et de sortie et leurs fonctions d'appartenance. Ensuite, concevez les règles floues pour votre système. De plus, il utilise un ensemble de règles pour représenter un moteur d'inférence (base de connaissances) et clarifier les actions de contrôle sous forme linguistique.

### 2.5.2.3 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.

### 2.5.2.4 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 puisqu'il combine implicitement la direction des véhicules, la densité du trafic et la vitesse des véhicules.

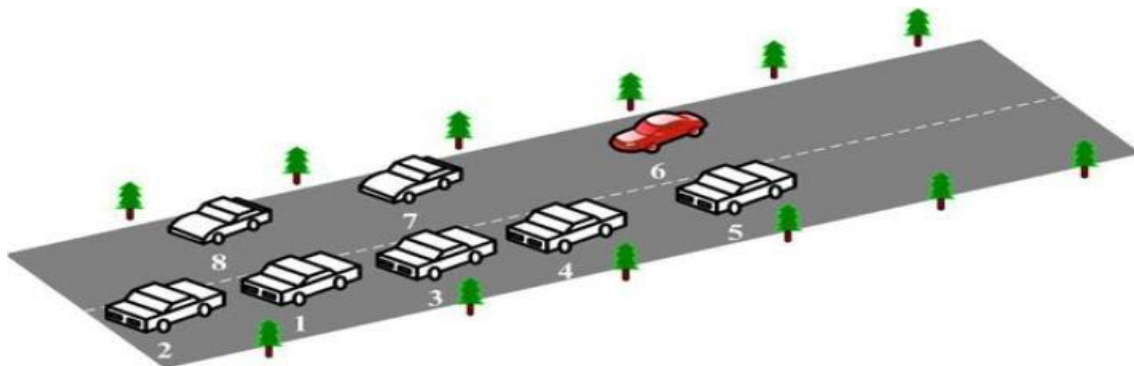


Figure 2.10 : pourcentage des véhicules directionnels

Dans la Figure 2.10, 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 :  $PDN = \frac{NND}{TNN}$

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

### **2.5.2.5 Les paramètres d'entrée et de sortie du système d'inférence floue :**

Les deux paramètres d'entrée à rendre flous sont le pourcentage de véhicule adjacent directionnel (PDN) et l'état du véhicule (VS), comme illustré à la Figure 2.9. Les Fonctions d'appartenance nommées Sparse, MDense et VDense sont utilisées pour représenter PDN. La sélection de la fonction d'appartenance au PDN peut être dérivée sur la base de l'expérience et des essais et erreurs des exigences de l'application, de sorte que la plage commence à (0) et se termine à (1). La raison de cette plage est que les nœuds peuvent ne pas avoir de nœuds adjacents dans la même direction (0), ou que tous les véhicules se déplacent dans la même direction (1). Lorsque le véhicule est en mouvement, la valeur PDN peut varier entre les valeurs minimale et maximale. Ainsi, la valeur du taux *Beacon* est ajustée en fonction des fluctuations de ce pourcentage et combinée intelligemment à l'état du véhicule. De plus, la variable floue VS est représentée sous la forme d'une valeur nette/discrète car l'état du véhicule est soit urgent, soit non urgent.

Le taux de *beacon* de sortie est limité à la plage (1-10 *beacon/sec*).

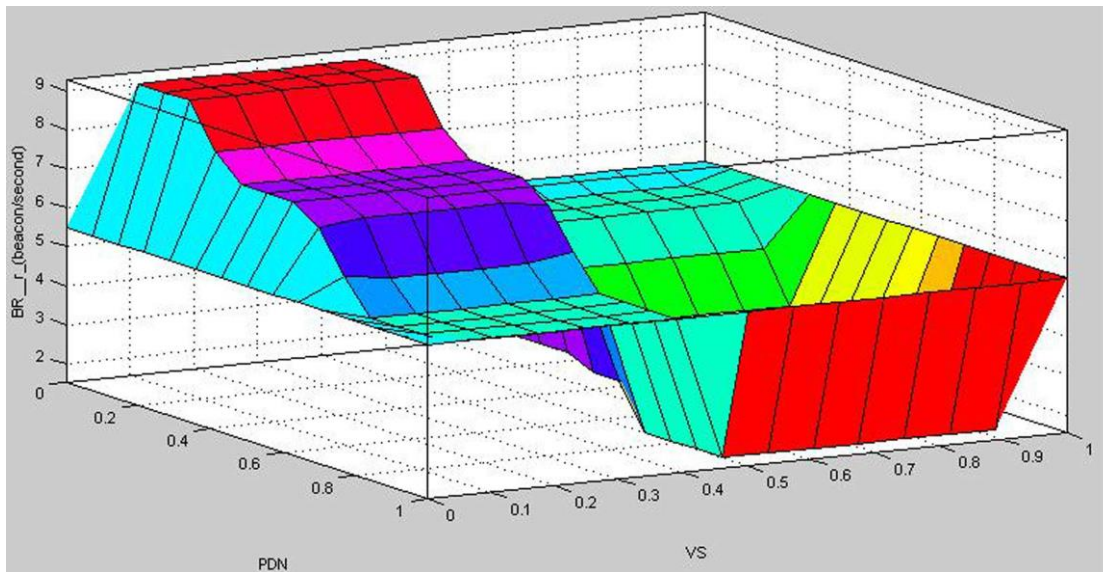
### **2.5.2.6 Moteur d'inférence floue :**

Le moteur d'inférence floue est un ensemble de règles développées basées sur la connaissance qui relie les entrées et les sorties. Le système d'inférence floue est conçu sur la base des six règles présentées dans le tableau 1. Pour démontrer le comportement correct du système conçu utilisons des règles pour montrer comment fonctionne le moteur d'inférence et combinons la sortie de chaque règle pour générer une décision floue. Comme exemple de calcul de la sortie d'une règle donnée, considérons la règle Si (PDN est Sparse) et (VS est NEMerg) alors (BR (*Beacon / Second*) est Medium). Les véhicules ont cet espacement de *beacon* en raison de leurs conditions non urgentes et de leur faible distribution Véhicules à proximité. Cela signifie

que le système d'inférence floue utilise la détermination de compromis entre les paramètres (VS et PDN) pour ajuster de manière adaptative le débit de *beacon*. Cette sortie est obtenue en utilisant la méthode d'inférence floue. De plus, la figure 2.11 montre la corrélation entre les variables d'entrée et de sortie.

Rule	IF		THEN BRr
	PDN	VS	
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 2.1:** Structure de la connaissance basée sur des règles floues



**Figure2.11 :** Corrélation entre les entrées (PDN.VS) et la sortie (BRr)

**2.5.2.7 Défuzzification :**

Défuzzification fait référence à la méthode d'extraction d'une valeur définie à partir d'un paramètre flou. Cette méthode est basée sur l'équation ci-dessous.

$$R = \frac{\sum_{all\ rules} x_i \times \beta(x_i)}{\sum_{all\ rules} \beta(x_i)} \quad (3)$$

Où R est utilisé pour indiquer le degré de prise de décision, xi est une variable floue et  $\beta$  (xi) est sa fonction d'appartenance. Sur la base de ce processus de Défuzzification, la sortie du taux de *beacon* est changée en une valeur nette.

### **2.5.3 L'effet de la fenêtre de contention (CW) sur l'efficacité de *beaconing* :**

Les auteurs dans [21] ont étudié l'effet de la contention de la couche MAC Fenêtre (CW) sur l'efficacité de la signalisation IEEE 802.11p. Plus précisément, leur analyse améliorer les performances des diffusions 802.11p en termes de probabilité de réception et de latence.

Comme les véhicules se déplacent à très grande vitesse, la topologie du réseau évolue constamment dans le temps. Dans cet environnement difficile, les véhicules peuvent communiquer et se synchroniser en échangeant des messages de signalisation. Pour prendre en charge la communication des *beacons* de connaissance de la situation entre les véhicules, des *beacons* adaptatives sont nécessaires pour réduire la surcharge du réseau.

### **2.5.4 La régression linéaire :**

Dans [15] ont proposé une méthode pour mettre à l'échelle les *beacons* avec des changements fréquents de la topologie du réseau véhiculaire.

Les principes de méthode :

- Testez les *beacons* sortants à différents intervalles de *beacons* et différents environnements de nœuds. Un bon type de scénario pour les tests est un scénario d'autoroute. En effet, il existe une distribution fine qui peut clairement montrer la relation entre l'espacement des *beacons* et les Paramètres environnementaux des nœuds.
- Collectez tous les résultats et complétez les intervalles de *beacon* appropriés pour différents niveaux de paramètres d'environnement de nœud. Ces résultats seront utilisés comme échantillons de données.

- Utilisez les données d'exemple pour ajuster l'intervalle de *beacon*

La régression linéaire est un schéma qui modélise la relation entre la variable dépendante Y et la variable indépendante Xi.

Le modèle peut être écrit avec la formule suivante :

$$Y = a + bX \quad (4)$$

Où a et b sont des coefficients de régression, calculés dans 5 et 6

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (5)$$

$$b = \frac{\sum_{a=1}^m (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sum_{a=1}^m (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

Où  $\bar{x}$  et  $\bar{y}$  sont les moyennes de  $x$  et  $y$ , respectivement. Par conséquent, chaque véhicule compte le nombre de nœuds adjacents et de messages en file d'attente pour estimer le trafic et la densité du réseau. Ensuite, la valeur de  $X$  est obtenue. Ensuite, il est affecté à l'équation 4. À partir de l'équation 4 calculer la valeur de  $Y$ , qui est le prochain intervalle de *beacon*.

## **2.6 Exploration des approches de Beaconing hybride :**

Pour atténuer le problème des diffusions simples, trois paramètres clés peuvent être ajustés pour s'adapter au scénario du réseau du véhicule. Taux de génération de *beacon*, puissance de transmission de *beacon* et fenêtres de conflit de couche de contrôle d'accès au support (MAC). L'auteur de [23] a proposé une solution de congestion des *beacons* car la transmission régulière des *beacons* consomme une grande quantité de ressources de bande passante disponibles. La solution proposée consiste en trois phases. **La première phase** attribue différents niveaux de priorité aux messages *beacons* reçus pour distinguer leur importance. Lorsqu'un véhicule reçoit un beacon d'un véhicule à proximité, sa couche MAC classe le beacon en fonction du contenu du message et du nombre de sauts. Les *beacons* sont classés en messages d'urgence, messages d'avertissement et annonces d'informations sur la conduite. Les véhicules doivent recevoir plusieurs messages liés à la sécurité et hiérarchiser chaque message en fonction de son contenu. Si le contenu du message a la même priorité, le nombre de sauts doit être pris en compte dans la priorité d'envoi du message. La priorité des messages est inversement proportionnelle à la métrique du nombre de sauts. Si le nombre de paquets sur le réseau dépasse la capacité, le réseau est considéré comme congestionné. Dans ce cas, le nombre élevé de paquets réduira les performances du réseau.

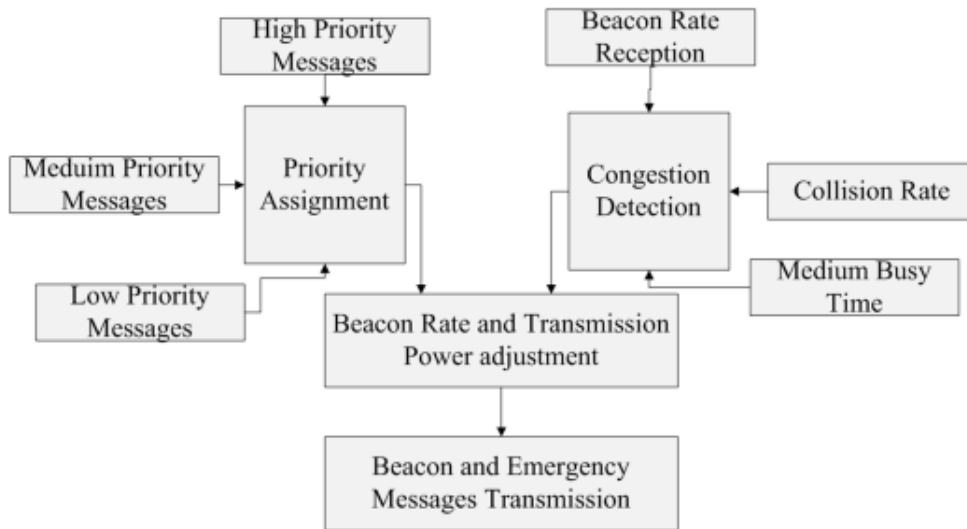
**Dans la deuxième phase** de la solution proposée, l'auteur a envisagé un mécanisme de détection de surcharge. VANET peut détecter la congestion sur la base d'une surveillance continue des métriques suivantes :

- Medium Busy Time (MBT) : Défini comme la période pendant laquelle le support radio (canal de contrôle, CCH) est occupé par les transmissions d'autres véhicules à proximité.
- Taux de collision de paquets : il s'agit du rapport entre les transmissions ayant échoué à partir d'un nœud et le nombre total de paquets envoyés par le même nœud sur le canal de contrôle.

– Taux de réception des *beacons* : cette métrique est définie comme le rapport entre le nombre de *beacons* reçus d'un voisin à un seul saut et le nombre total de *beacons* reçus. **Dans la troisième phase** Lorsque le réseau est encombré, le véhicule peut contrôler la charge de *beacon* en ajustant la puissance d'émission et le taux de génération de *beacon*. La puissance d'émission peut être ajustée en fonction de la puissance d'émission minimale consommée par le véhicule lui-même et les véhicules à proximité, et de la distance entre le véhicule et l'émetteur de paquets d'alerte le plus proche. En même temps, le véhicule peut calculer le taux de génération de *beacon* par l'équation 7

$$b = \frac{(BF) - B(emergency)}{B_{size}} \quad (7)$$

Où BF est la part équitable de la bande passante, B(*emergency*) est la bande passante estimée suffisante pour les urgences et  $B_{size}$  est la taille de *beacon*. La figure 2.12 décrit la solution d'adaptation de *beacon* proposée.



**Figure2.12** : Systèmes de détection de congestion et d'adaptation de *beacon*

## **2.7 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté plusieurs approches de *beaconing* adaptatif qui ont été proposées ou adaptées à l'environnement du véhicule. Dans cette perspective d'ensemble, on observe que beaucoup d'efforts ont été faits pour développer une approche de *beaconing* adaptatif efficace. Cependant, les études comparatives de la plupart des approches phares présentent des pièges car elles ne prennent en compte que l'analyse mathématique ou les études de simulation. De plus, aucune des solutions *Beacon* examinées n'a tenté de mettre en œuvre un véritable banc d'essai. Notez que la simulation, la mise en œuvre pratique et la modélisation mathématique sont trois piliers complémentaires pour assurer la fiabilité de l'approche de *beaconing* conçue. L'implémentation réelle valide les hypothèses émises lors des phases de simulation et d'analyse théorique. De plus, il n'existe pas de solution unique ou de références standard pour évaluer la performance de l'approche de *Beaconing*.

# **CHAPITRE 3**

## **SIMULATION D'UNE APPROCHE BASEE SUR LA DENSITE DES VEHICULES**

### **3.1 Introduction :**

Ce chapitre comporte trois sections principales. La première section consiste à la préparation de l'environnement de simulation dans un environnement véhiculaire. Les informations recueillies en sortie créent un trafic routier. Ce trafic est analysé et simulé selon deux approches de beaconing fixe et adaptatif afin de comprendre les réactions et le comportement du réseau VANET sous l'effet de ces approches. La dernière section consiste en l'analyse de base de données extrait de différentes simulations.

La simulation représente un ensemble de techniques permettant d'approcher le comportement d'un système quelconque. C'est une méthode stochastique dans la mesure où un simulateur est basé sur l'utilisation de variables aléatoires.

Cette technique nous donne la possibilité de résoudre beaucoup de problèmes car elle permet d'étudier, concevoir, visualiser, et examiner un système. Nous pouvons à l'aide de cet outil mesurer les performances d'un système avant sa construction. C'est l'outil privilégié pour évaluer les performances de réseau et étudier le comportement des protocoles.

### **3.2 L'environnement de simulation :**

Dans les réseaux VANET, il existe deux types de simulateur : un simulateur de mobilité, et un simulateur de réseau. Les simulateurs de trafic routier sont utilisés pour la réalisation de teste sur des cartes géographiques et la génération de la mobilité souhaitée (nombre et types de véhicules, la vitesse des véhicules, l'évènement de la route, etc.). Tandis que les simulateurs réseaux sont utilisés pour l'évaluation des performances des protocoles

Dans ce travail, nous avons utilisé comme environnement de simulation du trafic routier : OSM (*Open Street Map*) pour la récupération des données géographiques d'une partie de la carte et SUMO *Simulation of Urban Mobility* pour la visualisation et la simulation de ce réseau routier. D'autre part, nous avons utilisé OMNET++ comme un simulateur de réseau.

#### **3.2.1 Simulateur de trafic routier**

**OSM (Open Street Map)** [31] est un projet international fondé en 2004 dans le but de créer une carte libre du monde. Cette carte collecte des données dans le monde entier sur les routes, voies ferrées, les rivières, les forêts, les bâtiments et bien plus encore.

Un utilisateur de OSM peut exporter une zone de cette carte (sous fichier.osm) pour l'utiliser et l'intègre dans d'autres applications et simulateurs (voir la Figure 3.1).

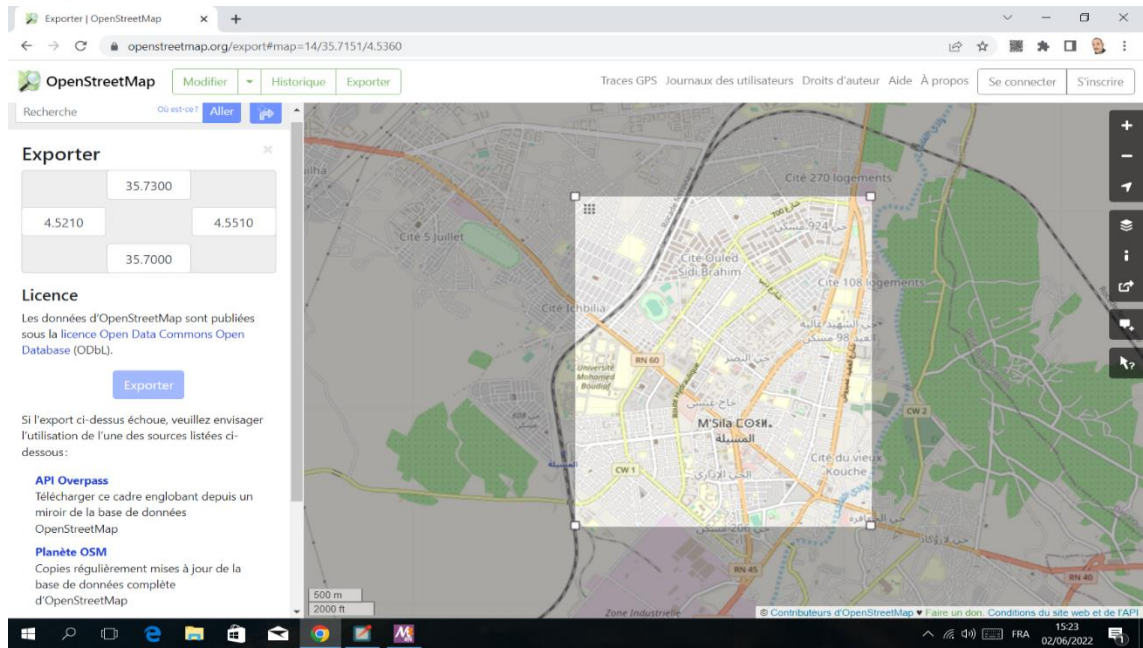


Figure 3.1 La zone d'étude « ville de Msila » - Open Street Map

SUMO (Simulation of Urban Mobility) [31] est développé par les employés de l'institut des systèmes de transports dans le centre aéronautique Allemand. Il permet de simuler le trafic routier. De plus, il permet l'importation de cartes provenant d'OSM (comme dans notre cas). Ainsi, les routes sont présentées sous forme de voies et le comportement des véhicules est vivant comme le changement de voie de circulation. Il y a des intersections à base des règles de circulation et de priorité connu dans le code la route (voir Figure 3.2).

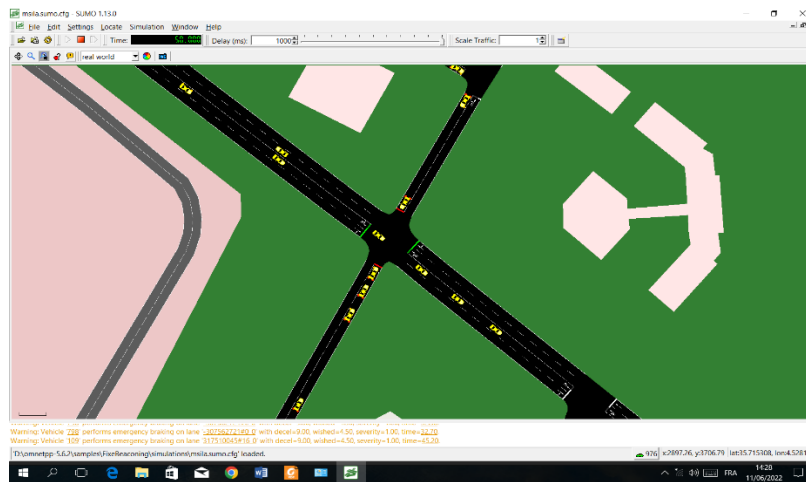


Figure 3.2 Le simulateur SUMO

### 3.2.2 Simulateur de réseaux :

Le simulateur OMNET++ [32] est un environnement de simulation à événements discrets. Son domaine d'application principal est la simulation de réseaux de communication. Mais en raison de son architecture générique et souple, est utilisé avec succès dans d'autres domaines comme la simulation de systèmes informatiques complexes, les files d'attente des réseaux ou

des architectures matérielles.

OMNeT++ fournit une architecture de composants pour les modèles. Les composants (Modules) sont programmés en C++, puis assemblés en gros composants et des modèles en utilisant un langage de haut niveau (NED). La réutilisation des modèles est gratuite.

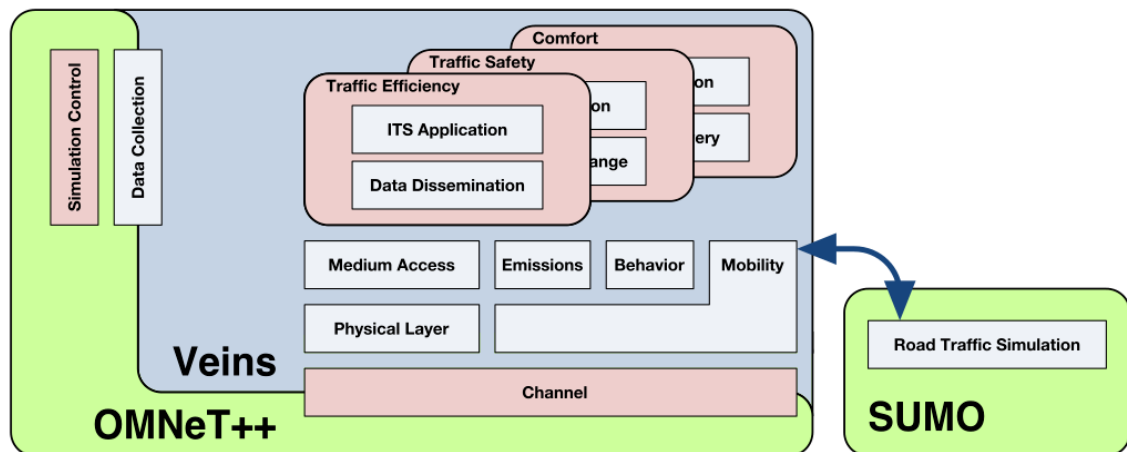
OMNeT++ possède un vaste support de l'interface graphique, et en raison de son architecture modulaire, le noyau de simulation (et modèles) peuvent être intégrés facilement dans nos applications.

OMNeT++ n'est pas un simulateur de réseau lui-même. Il est en train de prendre une grande popularité en tant que plate-forme de simulation de réseau dans la communauté Scientifique ainsi que dans les milieux industriels, avec la constitution d'une large Communauté d'utilisateurs

### VEINS

Veins est un Framework open source pour exécuter des simulations de réseau de véhicules. Il est basé sur deux simulateurs [33] :

- OMNeT++ : c'est un simulateur de réseau basé sur les événements,
- SUMO : c'est un simulateur de trafic routier qui propose plusieurs modèles pour la simulation IVC (Inter Vehicular Communication).



**Figure3.3** : Architecture générale de Veins.

### 3.2.3 Environnement matériel

La simulation a été réalisée sur un ordinateur HP dont la configuration est la Suivante :

<b>Processeur</b>	<b>Intel Core i3 E8400 3.0GHZ</b>
<b>Mémoire</b>	<b>4GB</b>

### 3.2.4 Environnement logiciel

#### 3.2.4.1 Simulation des VANETs avec VEINS

Notre simulation a été réalisée dans l'environnement logiciel suivant :

- ❖ Système d'exploitation : Microsoft Windows 10 Professionnel.
- ❖ Le simulateur OMNet++ 5.6.2 : C'est un simulateur Open Source des réseaux de communication supportant des modèles de mobilités. Il est basé sur C++.
- ❖ Le simulateur SUMO 1.13.0 : C'est un simulateur Open Source, portable, microscopique et continu de la circulation routière. Il est conçu pour gérer de grands réseaux routiers.
- ❖ Viens 5.2 : est un Framework open source pour exécuter des simulations de réseau de véhicules.

#### 3.2.4.2 Préparation de l'environnement de simulation :

##### ✓ Préparation de la carte pour l'utilisation dans SUMO :

- Téléchargement de la Carte de Msila « msila.osm » de : <http://www.openstreetmap.org>  
Le fichier OSM téléchargé doit être traité par l'utilitaire **netconvert**, qui convertit les coordonnées géographiques en coordonnées métriques de la carte d'une manière que SUMO peut utiliser. La commande minimale pour cette tâche :

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

De plus, lorsque nous travaillons avec des scénarios VANET réalistes, il sera intéressant de définir les obstacles trouvés dans le scénario, tels que les bâtiments. Les obstacles modifient la couverture radio des véhicules circulant à proximité. C'est là que le fichier OSM fournit des informations latérales le long des routes, des voies, des intersections, et a l'avantage de définir des polygones supplémentaires dans les zones que les véhicules (bâtiments, parcs, etc.) ne peuvent pas traverser. Les obstacles peuvent être générés automatiquement à l'aide de l'utilitaire **polyconvert** qui prend net.xml en entrée. Et les fichiers OSM osm.xml et Créez un nouveau poly.xml Dans la forme que Veins a identifiée comme un obstacle.

- Copie le fichier typemap.xml de site :

<http://sumo.dlr.de/wiki/Networks/Import/OpenStreetMap>

- exécute la commande **polyconvert** pour générer le fichier msila.poly.xml :

```
polyconvert - -net-file msila.net.xml - -osm-files msila.osm --type-file typemap.xml -o msila.poly.xml
```

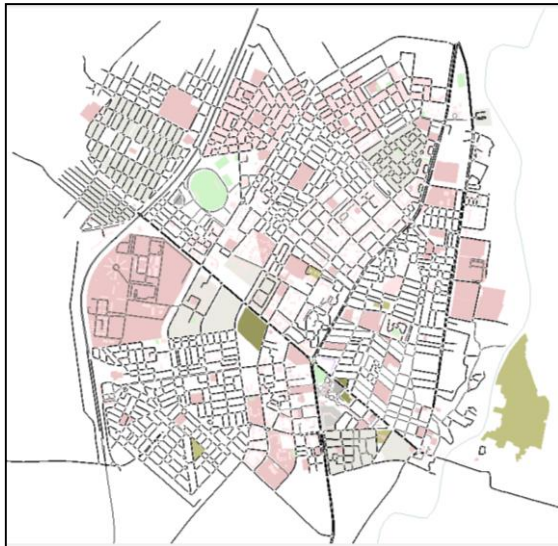


Figure3.4 : Vile de Msila 4\*4 km



Figure3.5 : Vile de Msila 2\*2 km

✓ **Génération de trafic :**

On utilisera des routes aléatoire 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

`randomTrips.py -n msila.net.xml -r msila.rou.xml -b 0 -e 50 -p 0.02 -l -validate`

Ce command crée le fichier msila.rou.xml dans les scenarios suivants :

scenario	Surface de zone	Nombre de nœud	Densité	Simulation approche
1	4*4 km	1000	62.5	100 ms /adaptative
2	4*4 km	2000	125	100 ms /adaptative
3	2*2 km	1000	250	100 ms /adaptative
4	2*2 km	2000	500	100 ms /adaptative

Tableaux 3.1 : Scenarios a défèrent densité

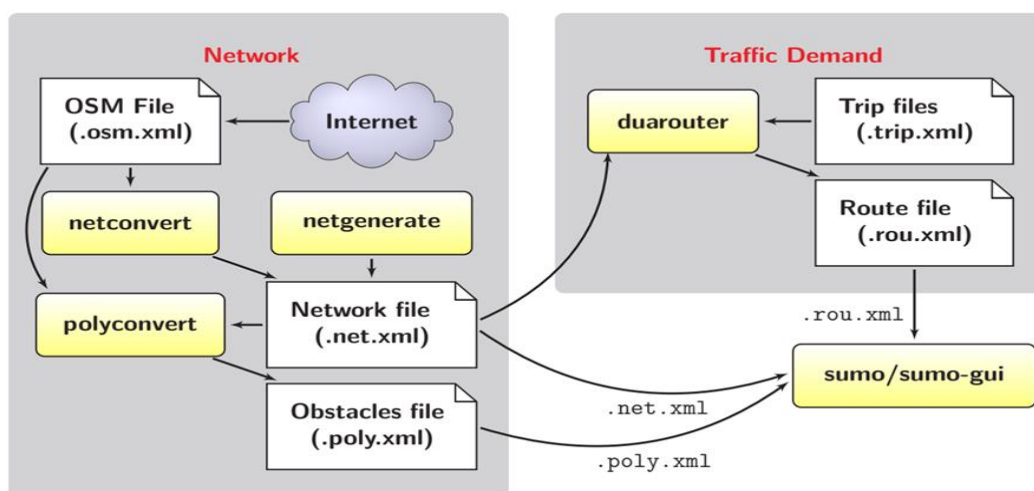


Figure 3.6 : Flux de travail Sumo

### 3.3 Les étapes de simulation :

#### 3.3.1 Paramètre des simulations :

paramètre	omnet.ini	valeur
Temps de simulation	sim-time-limit	60 s
Surface de zone	playgroundSize	4*4 km
Distance d'interférence	maxInterfDist	800 m
Puissance d'émission	txPower	20 mw
Taille de beacon	beaconLengthBits	400 bit
puissance minimale	minPowerLevel	-110 dBm
Intervalle de beaconing	beaconInterval	100 ms /adaptative

Tableaux 3.2 : Paramètres des simulations

Pour chaque scenario deux simulations de 60 secondes sur Omnet++ sont réalisées. La différence entre ces deux simulations est que la première simulation est effectuée dans un environnement véhiculaire avec un intervalle de beaconing fixe, tandis que la deuxième simulation est effectuée dans un environnement véhiculaire avec une approche de beaconing adaptatif. Les deux simulations ont été réalisées en utilisant les mêmes paramètres.

#### 3.3.2 Préparation Omnet ++ :

L'autre composant requis pour la simulation VANET est le simulateur de réseau. Cette section décrit brièvement comment utiliser tous les fichiers SUMO déjà générés par le simulateur de réseau OMNeT++, ainsi que tout autre fichier requis. Le lien entre le flux de données et le fichier est illustré à la Figure 3.5, en utilisant la ville de Msila comme zone d'étude. Les trois fichiers générés par SUMO (.net.xml, .rou.xml et .poly.xml) doivent être contenus dans un seul fichier « msila.sumo.cfg » Référencé par le fichier « msila.launch.xml » Ce fichier fait également référence aux trois mêmes fichiers précédents. Ce fichier est utilisé par le fichier de configuration OMNeT++ généralement « omnetpp.ini » référence. De plus, nous avons besoin d'un fichier XML séparé « config.xml » qui contient les paramètres du modèle analogique et l'atténuation du signal radio en réponse aux différents types d'obstacles sur notre réseau. Ce fichier doit prendre en compte tous les types d'obstacles définis dans le fichier obstacles « msila.poly.xml » Le contenu de tous ces fichiers a été omis pour des raisons d'espace.

Certains objets sont référencés depuis le fichier omnetpp.ini, qui doit être déclaré dans le scénario OMNeT++ (scenario.ned). Un plan pour un tel scénario est illustré à la figure 3.4, le code source est appartenant au Framework Veins. Le plus pertinent est manager. Il s'agit d'une instance de la classe Veins «TraCIScenarioManagerLaunchd que Veins connecte à SUMO via le script sumo-launchd.py et est utilisée pour créer des objets dont la mobilité est contrôlée par SUMO.



Figure 3.7 : OMNET++ scenario

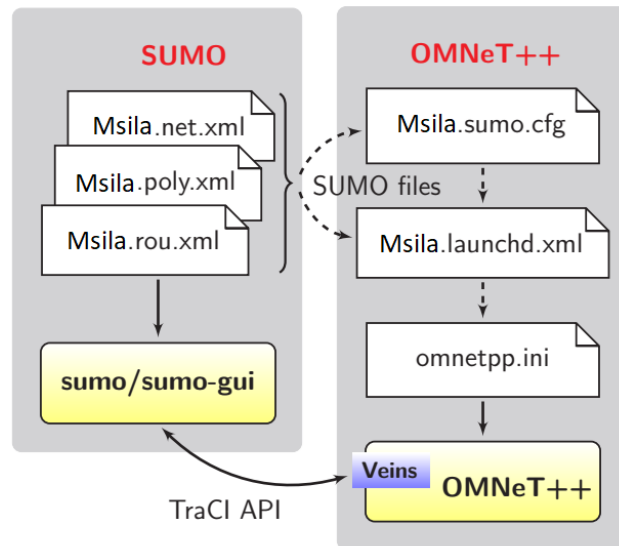


Figure 3.8 : Flot de travail OMNET++

### 3.3.3 Lancement de simulation :

Pour lancer 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'invite de commande on tape la commande suivante :

**/samples/veins/sumo-launchd.py -vv -c /c/sumo/bin/sumo-gui.exe**

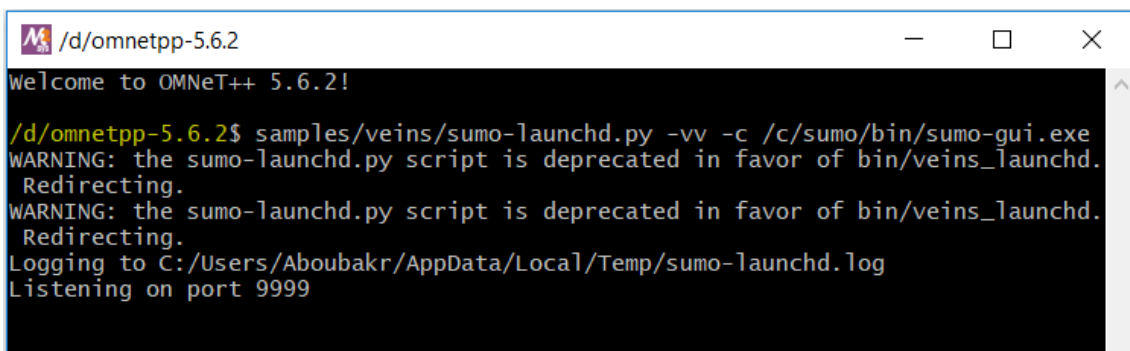
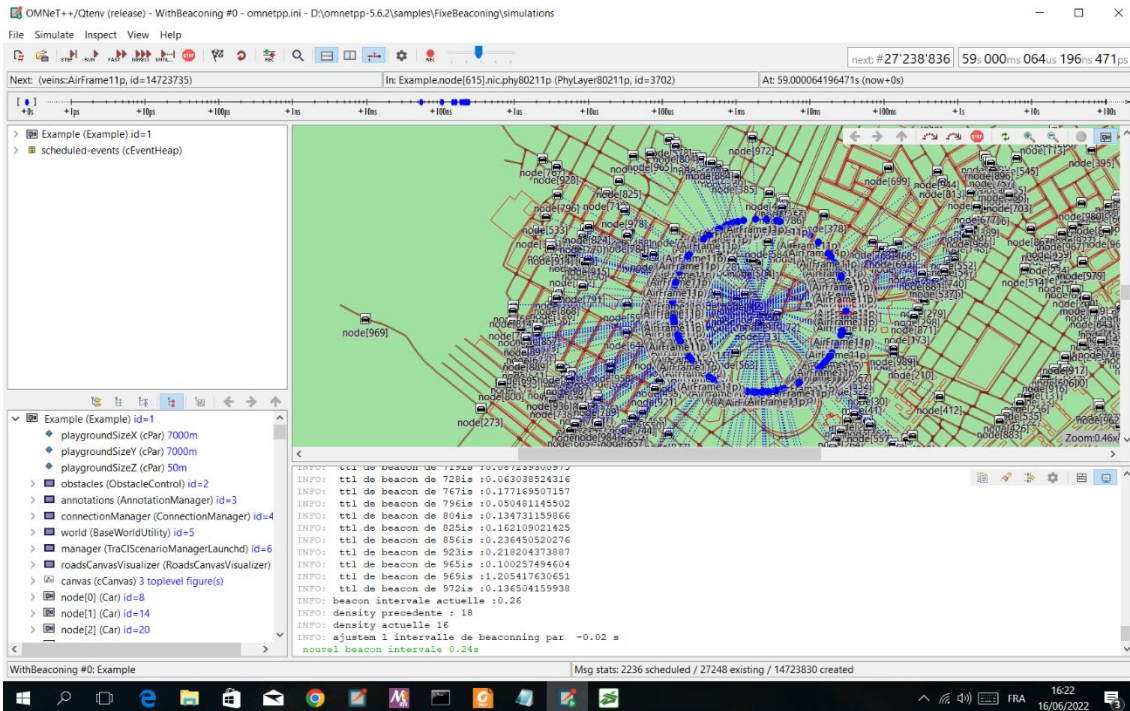


Figure 3.9 : Ouverture et écoute sur le port TCP 9999

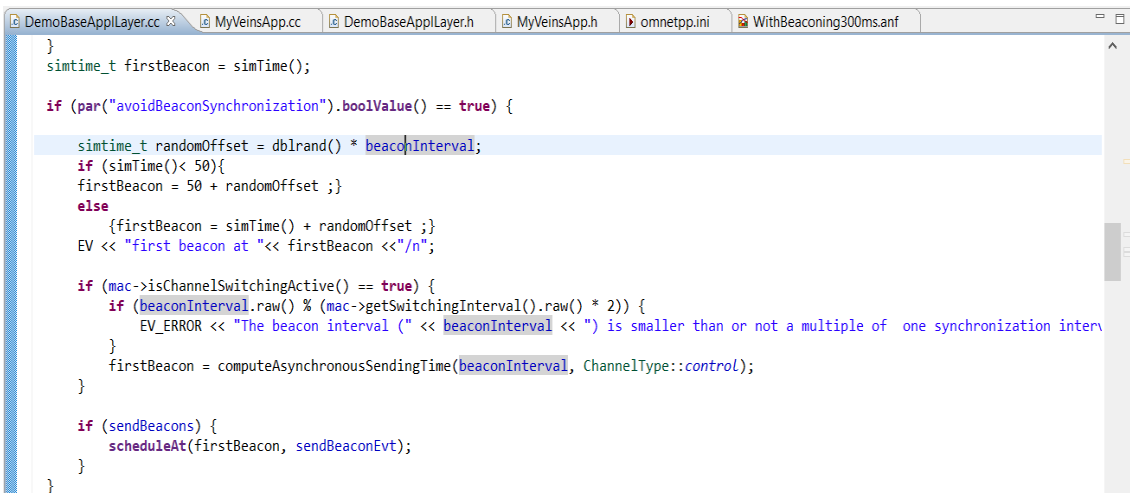


**Figure 3.10** : Simulation dans OMNET++

### 3.3.4 Simulation de l'approche de beaconing fixe :

Nous utilisons une application DemoBaseAppLayer qui envoyée périodiquement à un taux fixe de 100 ms seulement des beacon.

Nous modifions l'application pour démarrer l'envoi des beacon a un temps unique 50 s



**Figure 3.11** : Modification de fichier DemoBaseAppLayer

### 3.3.5 Simulation de l'approche de beaconing adaptatif :

L'algorithme BIT beacon Intervalle Time:

BRn est la nouvelle valeur de débit

BRc est la valeur de débit actuelle

BRr est le débit requis

### Algorithme BIT :

Si un Beacon de nouvel voisin est reçu

Alors

Mise à jour la liste des voisins

Calculer la Densité ;

Obtenir la valeur de BRr

$BRr = a * \text{density} + b$  //b=Minbeacon intervalle;

$BRn = BRc + (BRr - BRc)$

$BRc = BRn$

$BIT = BRc$

Fin si

Sortie de la valeur de BIT

### Implémentation de l'algorithme BIT :

Les beacon dans viens de type **DemoSafetyMessage**, nous modifions cette message pour porte l'identité de l'émetteur de beacon :

```
packet DemoSafetyMessage extends BaseFrame1609_4 {
    Coord senderPos;
    Coord senderSpeed ;
    Int senderId ; // identité de l'émetteur
}
```

Nous créons une nouvelle application « MyVeinsApp » avec les méthodes et les variables :

```
void MyVeinsApp::onBSM(DemoSafetyMessage* bsm) //réception un beacon
```

```
void MyVeinsApp::handleSelfMsg(cMessage* msg) // les évènements périodiques
```

```
void MyVeinsApp::ajustBeaconInterval() // ajustement de l'intervalle des beacon
```

```
void MyVeinsApp::initialize(int stage) // initialisation et lancement des évènement périodiques .
```

```
void MyVeinsApp::syncmap() // synchronisation de voisinage
```

```
std::map<int, SimTime> beaconsRcvd; // une map des nœuds voisins
```

```
double BRr; // est le débit requis
```

```
int size=0; // la taille de map
```

```
simtime_t minbeaconinterv=0.095 s; // min intervalle de beaconing
```

```
simtime_t maxbeaconinterv=0.120 s; // max intervalle de beaconing
```

```

omnetpp.ini  MyVeinsApp.cc
}
void MyVeinsApp::ajustBeaconInterval()
{
    simtime_t z=0;
    simtime_t BRc =beaconInterval;
    EV <<"\n beacon intervalle actuelle :"<<beaconInterval;
    size=beaconsRcvd.size();
    EV <<"\n density actuelle " << size;
    BRr=(size*0.13+95)*0.001;
    EV <<"\n beacon intervalle requis : " <<BRr ;
    z=y*(BRr-beaconInterval);
    if (beaconInterval+z > maxbeaconinterv){
        beaconInterval =maxbeaconinterv;}
    else {
        if (beaconInterval+z < minbeaconinterv){
            beaconInterval =minbeaconinterv;}
        else {
            beaconInterval=beaconInterval+z;
        }
    }
    EV <<"\n ajustem l intervalle de beaconing par " <<z <<" s";
    EV <<"\n nouvel beacon intervalle " <<beaconInterval <<"s";
}

```

Figure 3.12 : Implémentation de L'algorithme BIT

```

omnetpp.ini  MyVeinsApp.cc
}
void MyVeinsApp::syncmap(){
    EV <<"statistic de noud " <<getParentModule()->getIndex() <<"\n nombre des beacon recived :"<<co;
    for (auto i=beaconsRcvd.begin(); i!=beaconsRcvd.end(); i++){
        EV <<"\n ttl de beacon de "<<i->first<<"is :"<<simTime()-i->second ;
        if (simTime()-i->second > 0.4) {
            beaconsRcvd.erase(i->first); }
    }
}

```

Figure 3.13 : Synchronisation de voisinage

### 3.3.6 Les métriques de performance

Les métriques sont des paramètres de test qui permettent de mesurer les performances de celui-ci. Dans notre étude, nous avons pris en compte les métriques suivantes :

#### a- Le temps dans IEEE 802.11 Broadcast Backoff

Est un modèle qui caractérise le processus de compteur d'attente pour chaque station du réseau de diffusion IEEE 802.11. La taille actuelle de la fenêtre d'attente est toujours constante. Par conséquent, le compteur d'attente peut être caractérisé par un processus aléatoire unidimensionnel. Lorsque le support est inactif pendant le processus d'interruption, le temporisateur d'interruption est décrémenté de un pour chaque emplacement inactif détecté. Si un transfert continu réussi est détecté, le temporisateur d'interruption est mis en pause et retardé pendant un certain temps.

#### b- Le taux de livraison de beacon (Beacon Delivery Ratio) BDR :

Est l'une des métriques de qualité de service les plus importantes et les plus largement utilisées dans les communications réseau et peut être mesuré dans les communications à saut unique et à sauts multiples. Cependant, cette simulation n'évalue que le taux de livraison des paquets de diffusion à saut unique. Le déploiement d'une beacon d'information de voisinage peut désactiver les applications de sécurité. Les diffusions à un saut peuvent être décrites comme un pourcentage de balises reçues sur le réseau et peuvent être déterminées par la formule :

$$\text{Taux de délivrance} = \frac{\text{nombre de beacon reçu}}{(\text{beacon reçu} + \text{beacon perdu})}$$

### 3.4 Résultats de la simulation et discussion :

Toutes les valeurs résultantes sont basées sur les valeurs moyennes extraites du nœud sélectionné.

Densité	Scenario	Approche de beaconing	Beacons envoyé	Beacons reçu	Beacons Perdu	Collisions	Le Temps backoff (s)	BDR (%)
clairsemée	(01)	Fixe	99.71	869.60	13.58	5.72	104.75	98.46
		adaptative	103.6	886.12	13.30	4.82	100.90	98.52
moyenne	(02)	Fixe	99.56	1408.42	31.10	12.65	104.61	97.84
		adaptative	102.79	1416.56	29.85	12.43	101.52	97.93
	(03)	Fixe	99.23	14967.52	3318.03	1392.94	119.01	81.85
		adaptative	84.17	12687.70	2419.11	1020.57	98.68	84.00
dense	(04)	Fixe	99.31	22183.20	13358.17	5415.42	134.14	62.41
		adaptative	78.89	19247.08	8211.91	3475.50	101.97	70.09

**Tableau 3.3 : Résultats de simulation**

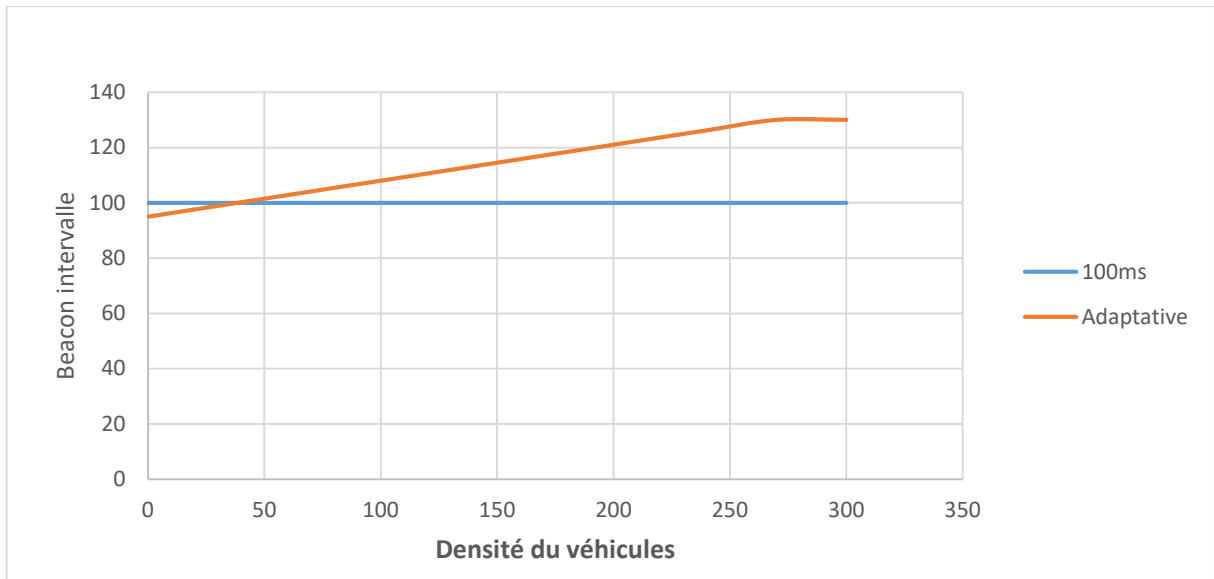


Figure 3.14 : Adaptation de l'intervalle de beacon selon la densité locale

La fenêtre de [95,120] fournis un intervalle de beacon selon la densité, la figure 3.4 montre l'intervalle de beacons transmises de différentes densités de véhicules. Notez qu'en cas de faible densité, la balise sera transmise au débit de base. Lorsque la densité locale atteint 40, le véhicule initie des transmissions de beacon alternant entre des débits de données plus élevés et des débits de base.

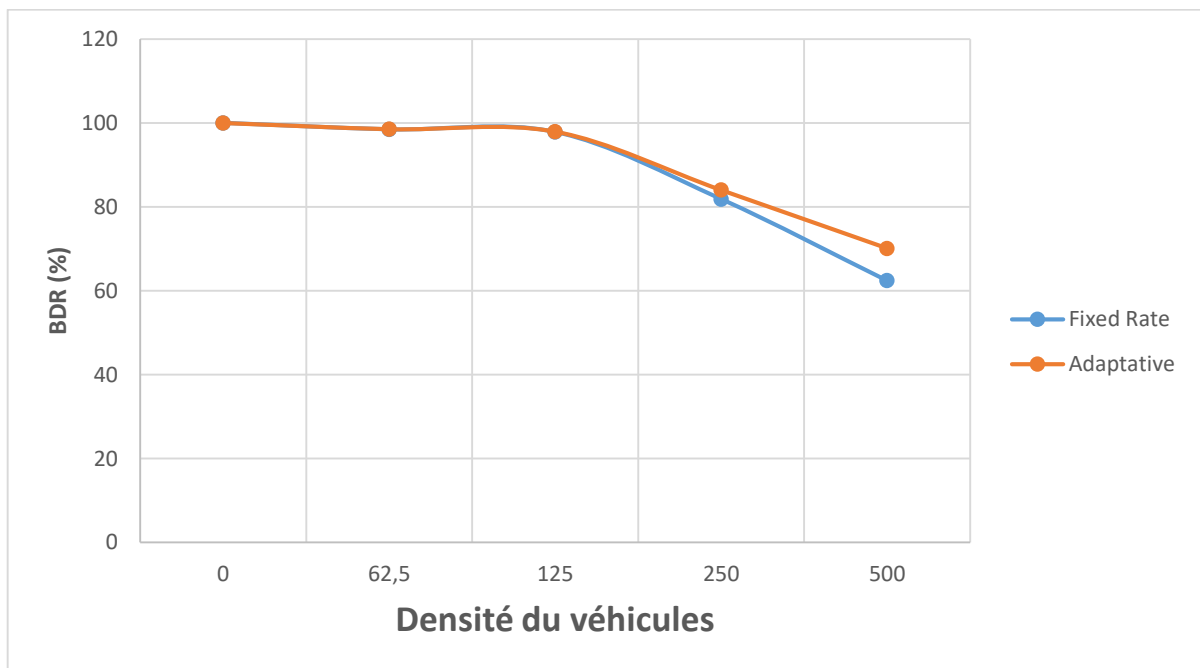


Figure 3.15 : Le taux de livraison de beacon (Beacon Delivery Ratio) BDR

Ces résultats montrent comment utiliser plusieurs débits de données pour la transmission de balise Examinez également les performances de beaconing en termes de taux de livraison des beacons

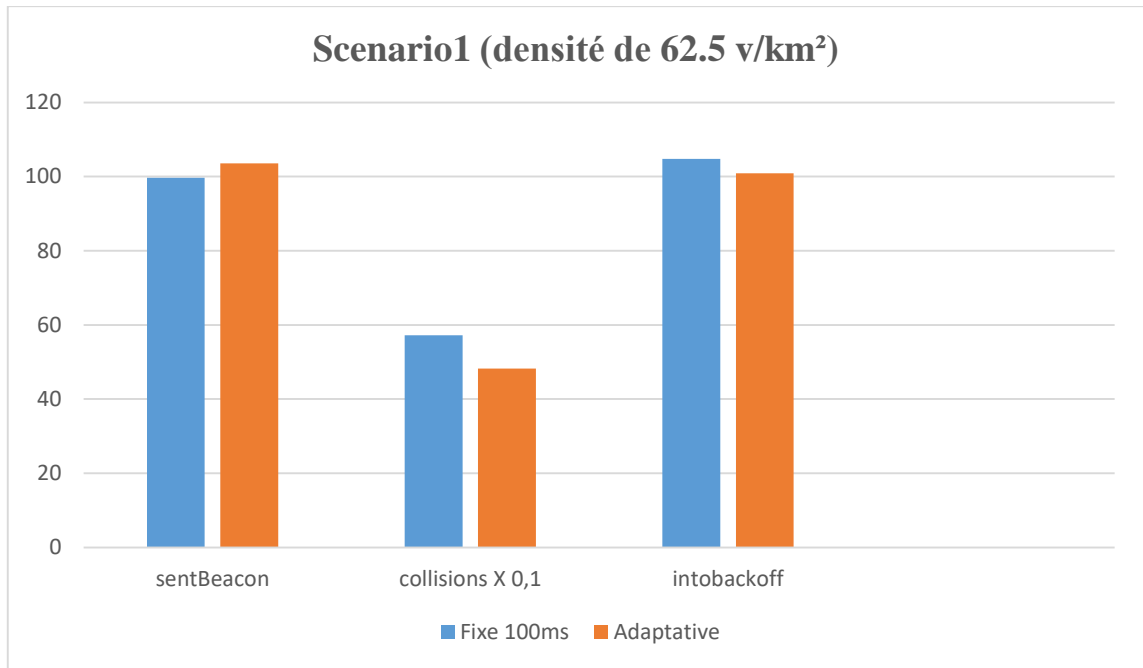


Figure 3.16 : Les performances des approches de beaconing – Scenario 1-

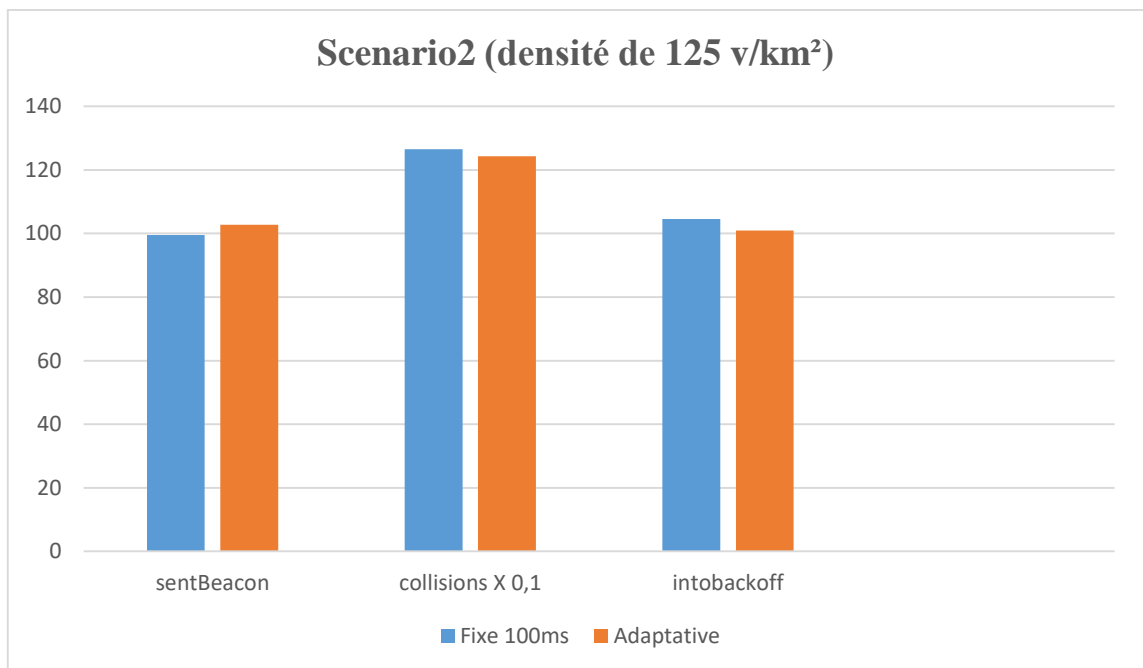
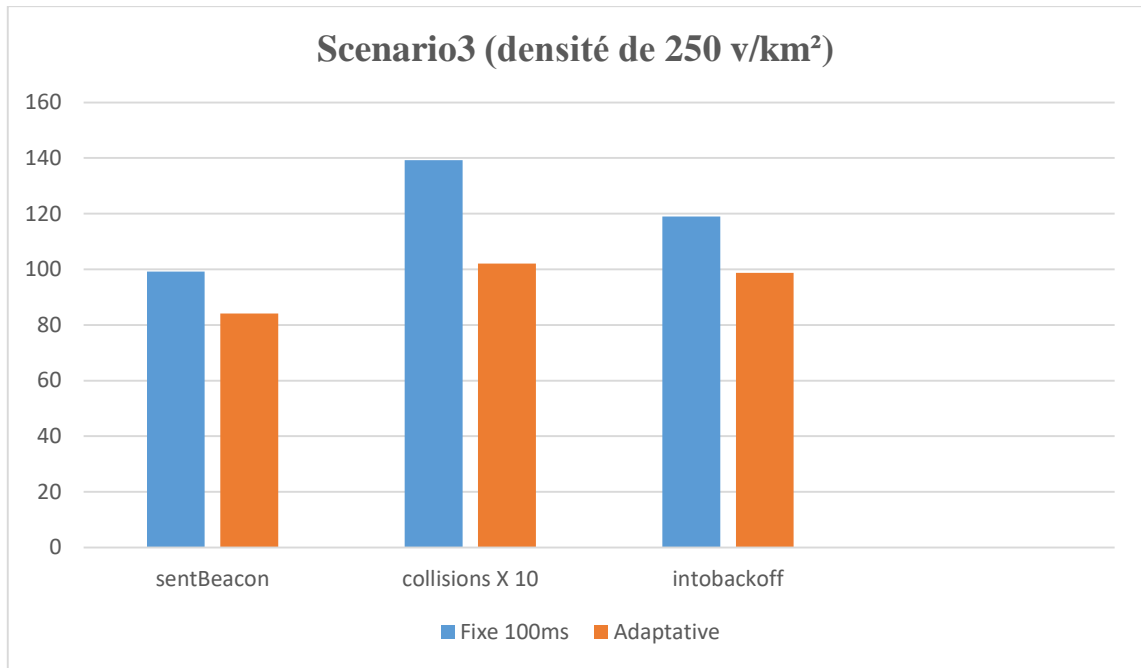
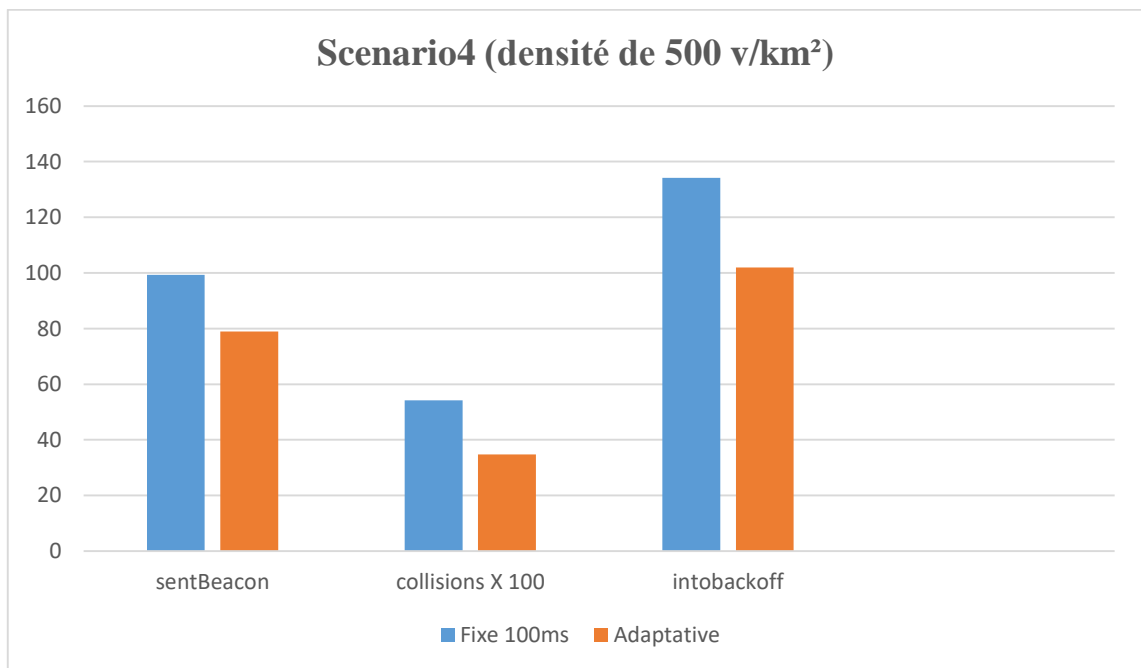


Figure 3.17 : Les performances des approches de beaconing – Scenario 2-

Une observation intéressante est aux densités de scenario (1) et (2) que l'intervalle de base 95 ms indique le plus grand nombre de transmissions, même si la densité augmente.



**Figure 3.18 :** Les performances des approches de beaconing– Scenario 3 – La méthode "taux fixe" provoque des collisions en raison du mécanisme de transmission des beacons non fiable sous-jacent en raison de l'augmentation du délai de contention, la balise sera abandonnée avant que vous n'ayez le droit d'accéder au canal sans fil.



**Figure 3.19 :** Les performances des approches de beaconing– Scenario 4- Dans les scénarios (3) (4) le nombre des beacons envoyé à « taux fixe » est plus de l'approche adaptative à cause de l'augmentation supplémentaire de la densité de véhicules qui indique une utilisation accrue de débits de beacons plus élevés

Dans les scénarios (3) et (4) Il n'est pas possible de délivrer un beacon à tous les récepteurs. De plus, plus la densité de véhicules est élevée, plus les performances sont faibles.

À la densité la plus élevée, un écart de performance de 10 % indique que le régime à taux fixe est moins évolutif. Dans l'ensemble, les taux de déploiement montrent la capacité de l'approche adaptative à s'adapter de manière appropriée à différentes densités de véhicules.

### **3.5 Conclusion**

D'après la simulation des VANET-scénarios et Interprétation pour le paramètre de pourcentage des paquets livrés avec succès on résoudre que Le schéma proposé est une amélioration significative par rapport au schéma "à taux fixe" en fournissant plus de 80 % de beacons à toutes les densités de véhicules. Lorsque le trafic de véhicules est encombré ajuster dynamiquement l'intervalle en programmant les transmissions de beacon à des débits plus élevés ainsi qu'au débit de base.

Ces résultats garantissent qu'il est conforme au protocole de débit de base.

## CONCLUSION GENERALE

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 entre véhicules et infrastructure.

Dans ce mémoire, nous sommes intéressés aux problèmes majeurs de la diffusion dans les réseaux VANETs : l'étude des performances des approches de beaconing, amélioration du taux de livraison des messages de sécurité périodiques.

Nous avons proposé à ce sujet un simple protocole de diffusion basé sur la densité des véhicules adjacents qui est adapté l'intervalle d'émission du beacon selon la densité du véhicules voisin, Il prévoit une utilisation efficace des intervalles de temps pour le nombre exact de véhicules actifs.

Pour atteindre notre objectif et obtenir des résultats de simulation Nous avons simulé deux type d'approches de beaconing un à un taux fixe et l'autre adaptative, dans un réseau VANET.

D'après les résultats qu'on a obtenus, on a déduit que l'envoi du beacon a un taux adaptatif joue un rôle très important dans l'étude des performances d'un réseau VANET. Pour cela, il est nécessaire de choisir une approche réaliste.

Nous avons démontré, à l'aide de simulations, que le protocole simulé peut améliorer considérablement le taux de livraison des messages de sécurité périodiques par rapport à une approche de beaconing à un taux fixe.

# BIBLIOGRAPHIE

## Ouvrage :

- [1] A. Mahajan, N. Potnis, K. Gopalan, and A.-I. A. Wang, Urban mobility models for vanets, in Proceedings of the 2nd IEEE International Workshop on Next Generation Wireless Networks, December 2006
- [2] Catherine loison Thomas ruocco,Camille Rives,Routage multicast dans les réseaux véhiculaires(VANET),Fen Zhou,université d'avignon,2012/2013.
- [3] C. E. Perkins, P. Bhagwat, "Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computer", ACM SIGCOMM-94, pp. 234-244, 1994.
- [4] Fabrice Theoleyre, Fabrice Valois « Routage Hybride sur structure virtuelle dans un réseau mobile Ad Hoc » 2005www.lsr.imag.fr/users/fabrice;theoleyre/publis/2005\_05\_01\_01-theoleyre\_valois-Cfip2005.pdf.
- [5] Gokhan Korkmaz, Eylem Ekici, and FusunOzguner « An Efficient Fully Ad-Hoc Multi-Hop Broadcast Protocol for Inter-Vehicular communication Systems ». Department of Electrical and Computer Engineering, The Ohio State University. 2006.
- [6] Jérémie Defaye, « les différents types de réseaux sans fil » Conservatoire des arts et métiers Rhône –Alpes- Centre de Lyon 2007.
- [7] L.Wischhof, H. Rohling, « Congestion control in vehicular ad hoc networks » Dept. of Telecomm, Hamburg Univ. of Technol., Germany; Vehicular Electronics and Safety, 2005. IEEE International Conference on 14-16 Oct. 2005.
- [8] M. Zhang and R. S. « Wolff, Border Node-based Routing Protocols for VANETS in Sparse and Rural Areas », Autonet Workshop, IEEE Globecom, Washington DC, November 2007.
- [9] P Santi and D Blough, « The critical transmitting range for connectivity in sparse wireless ad hoc networks ». IEEE Transactions on Mobile Computing 2003.
- [10]R. Meraihi « Gestion de la qualité de service et contrôle de topologie dans les réseaux Ad Hoc » Thèse doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Paris, 2005.
- [11] R. Meraihi, Mohamed Senouci, Moez Djebri « Réseau mobile Ad Hoc et réseaux de capteurs sans cfil » chapitre de livre Edition Hermes 2006.

[12] S . Rimour, « Généralités sur les réseaux : chapitre 1 », IUT C . F département informatique mars 2002.

[13] Sylvain Faure, « Mise en place de la Qualité de Service sur un lien WAN» 21 Juin 2005.

**Article:**

[14] A. Bachir , A. Benslimane, «A multicast protocol in ad hoc networks inter-vehicle geocast » , Vehicular Technology Conference, 2003. The 57th IEEE Semiannual, Volume: 4, On page(s): 2456- 2460.

[15] C. Thaina, K. Nakorn, K. Rojviboonchai, A study of adaptive beacon transmission on vehicular ad-hoc networks, in: Proceeding of the 2011 IEEE 13th International Conference on Communication Technology (ICCT), Vancouver: ACM, 2011, pp. 597–602

[16] D. Godbole, R. Sengupta, J. Misener, N. Kourjanskaia, J. Michael, Benefit evaluation of crash avoidance systems, Transportation Research 1621 (1) (1998) 1 – 9. Trans. Res. Board

[17] E. AMAR and S. Boumerdassi, "A location service for position-based routing in mobile ad hoc networks," in *Proceedings of the 8th international conference on New technologies in distributed systems*, Lyon, France , 2008.

[18] J.Zhao, G. Cao, « VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery in Vehicular Ad Hoc Networks», INFOCOM 2006. 25th IEEE International Conference on Computer Communications. Proceedings , vol., no., pp.1-12, April 2006.

[19] G. Samara, S. Ramadas, W. Al-Salihy, Safety message power transmission control for vehicular ad hoc networks, Computer Science 6 (10) (2010) 1027 – 1032. Kluwer Academic Publishers.

[20] 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.

[21] R. Reinders, M. van Eenennaam, G. Karagiannis, G. Heijenk, Contention window analysis for beaconing in vanets, in: Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC), Istanbul: IEEE, 2004

[22] S. Carter and A. Yasinsac, "Secure position aided ad hoc routing," in *Proceedings of The IASTED International Conference on Communications and Computer Networks(CCN02)*, Cambridge, 2002, pp. 329-334.

[23] S. Djahel, Y. Ghamri-Doudane, A robust congestion control scheme for fast and reliable dissemination of safety messages in vanets, in: Proceeding of the 2012 IEEE Conference Wireless Communications and Networking, Paris, France: IEEE, 2012, pp. 2264–2269.

[24] S. Narayanaswamy, V. Kawadia, R. Sreenivas, P. Kumar, Power control in ad-hoc networks: Theory, architecture, algorithm and implementation of the compow protocol, in: Proceedings of the 2002 European Wireless Conference Next Generation Wireless Networks: Technologies, protocols, Services and Applications, Italy: European Wireless, 2002, pp. 1 – 6

[25] S. Rezaei, R. Sengupta, H. Krishnan, X. Guan, P. Student, Adaptive communication scheme for cooperative active safety system (2008).

[26] S. Rezaei, R. Sengupta, H. Krishnan, X. Guan, Reducing the communication required by dsrc-based vehicle safety systems, in: Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, Bellevue, WA: IEEE, 2007, pp. 361–366.

[27] X. Guan, R. Sengupta, H. Krishnan, F. Bai, A feedback-based power control algorithm design for vanet, in: Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Mobile Networking for Vehicular Environments, USA: IEEE, 2007,

#### **Mémoire :**

[28] AKINLADE, OLUWASEYI MOROUNFOLUWA, "Adaptive Transmission Power with Vehicle Density for Congestion Control" (2018). Electronic Theses and Dissertations. 7420.

#### **Site web :**

[29] Cyrine Merabet Modèles WiFi. [www-sop.inria.fr/sloop/personnel /Cyrine.Mrabet /papiers /Mod%20WIFI3.pdf](http://www-sop.inria.fr/sloop/personnel/Cyrine.Mrabet/papiers/Mod%20WIFI3.pdf).

[30] Jérôme Vandermeerschen « Hybridation entre les modes Ad Hoc et infrastructure dans les réseaux de type Wifi-Fi » 2006 <http://code.ulb.ac.be/dbfiles/media832.pdf>.

[32] <https://omnetpp.org/documentation/>

[31] <https://sumo.dlr.de/docs/>

[33] <https://veins.car2x.org/documentation/>

## Résumé

في الشبكات الخاصة بالمركبات، تتبادل المركبات رسائل أو إشارات السلامة الدورية مع جيرانها لتوفير المعلومات المتعلقة بالسلامة للتطبيقات، غالبًا ما تؤدي الديناميكية العالية وكثافة المركبات وأيضًا محدودية قناة الاتصال لهاته الشبكات إلى تشبع قناة الاتصال وبالتالي توقف عمليات إرسال الرسائل الدورية المتعلقة بالسلامة. وبسبب ذلك، من الضروري وضع آلية فعالة للتحكم في ازدحام الرسائل مع ضمان الاستخدام الأفضل لعرض النطاق الترددي للشبكة. في هذا البحث، نقترح مخططًا بسيطًا للتحكم في الازدحام قائم على جدولة رسائل السلامة الدورية من خلال استغلال كثافة المركبات. على وجه التحديد، يتم تجنب الازدحام باستخدام استراتيجية تسمح للمركبات بتبديل معدل إرسال رسائل السلامة الخاص بها بين المعدل الأساسي والمعدل الأعلى المختار بناءً على كثافة المركبات المجاورة. من خلال المحاكاة، يُظهر المخطط المقترح نسبة تسليم لرسائل السلامة أفضل من المخططات ذات المعدل الثابت في ظل ظروف حركة المرور الكثيفة.

---

In vehicular ad hoc networks, vehicles exchange periodic safety messages with their neighbors to provide periodic information to applications. The high density of vehicles and the limited communication channel often results in saturation of the communication channel due to heavy beaconing activity and consequently beacon transmissions as well as event-driven message transmissions are seriously impaired. As a result, it is necessary to use an effective mechanism to control message congestion while ensuring the best use of network bandwidth.

In this these, we propose a simple congestion control scheme based on scheduling periodic safety messages by exploiting vehicle density. Specifically, congestion is avoided by using a strategy that allows nodes to alternate their beacon transmission between basic rate and a higher data rate selected based on current density. In the simulations, the proposed scheme shows high packet delivery ratio under dense traffic condition.

---

Dans les réseaux ad hoc véhiculaires, les véhicules échangent périodiquement des messages avec leurs voisins pour fournir des informations périodiques aux applications. La forte densité de véhicules et le canal de communication limité entraînent souvent une saturation du canal de communication en raison d'une forte activité de *beaconing* et, par conséquent, les transmissions de balises et les messages événementiels sont gravement altérés. Par conséquent, il est nécessaire d'utiliser un mécanisme efficace pour contrôler la congestion des messages tout en assurant la meilleure utilisation de la bande passante du réseau.

Dans ce document, nous proposons un schéma de contrôle de congestion simple basé sur la programmation de messages de sécurité périodiques en exploitant la densité de véhicules. Plus précisément, la congestion est évitée en utilisant une stratégie qui permet aux nœuds d'alterner leur transmission de *beacon* entre le débit de base et un débit plus élevé sélectionné en fonction de la densité de courant. Dans les simulations, le schéma proposé montre un taux de livraison de paquets élevé dans des conditions de trafic dense.

**Keywords:** *Beacon, Congestion control, DSRC, IEEE 802.11p, V2V, Vehicular ad hoc networks*