

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

**FACULTE DES MATHÉMATIQUES  
ET DE L'INFORMATIQUE**

**DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE**

**N° : .....**



**DOMAINE : MATHÉMATIQUES ET  
INFORMATIQUE**

**FILIERE : INFORMATIQUE**

**OPTION : RESEAUX ET TECHNOLOGIES  
D'INFORMATION ET DE LA  
COMMUNICATION**

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

**Par: NADIR BASSIM AMMAR**

**Intitulé**

**Dissémination des messages dans les réseaux  
Ad Hoc véhiculaires (VANETs)**

**Soutenu devant le jury composé de :**

Mr. Akhrouf Samir	Université de M'sila	Président
Mr. Guesmia Salah	Université de M'sila	Rapporteur
Mr. Guerna Abderrahim	Université de M'sila	Examinateur

**Année universitaire : 2018 /2019**

## **REMERCIEMENTS**

*Louange A Dieu, le miséricordieux, sans Lui rien de tout cela n'aurait pu être.*

*Je tiens tout d'abord à remercier Mr. **Guesmia Salah**, mon encadreur, pour sa grande disponibilité et ses précieux conseils. Il m'a guidé dans mon travail et m'a aidé à trouver des solutions pour avancer.*

*Je tiens également à remercier les membres du jury et pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger ce travail, et d'avoir consacré leurs temps pour sa lecture.*

*Je tiens à exprimer mon profonde gratitude à l'ensemble du corps enseignant qui a contribué à mon formation.*

*Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à ma famille et tous mes proches et amis, qui m'ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de cette application.*

<b>SOMMAIRE</b>		
<b>LISTE DES FIGURES</b>		
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>		
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>		
<b>CHAPITRE 1 : GENERALITE SUR LES RESEAUX VANETS</b>		
1.1	Introduction	2
1.2	Réseau Ad-hoc	3
1.2.1	Caractéristiques des réseaux Ad-Hoc	3
1.3	Réseau MANET	4
1.4	Réseaux Ad-hoc véhiculaires (VANETs)	4
1.4.1	Noeud d'un réseau VANET	5
1.4.2	Composants d'un réseau VANET	6
1.4.3	Services offerts par les réseaux VANETs	6
1.4.4	Modes de communication dans les réseaux VANETs	7
1.4.5	Caractéristiques des VANETs	9
1.5	Normes et les Standards	10
1.5.1	DSRC (Dedicated Short-Range Communication)	10
1.5.2	La norme IEEE 802.11p	10
1.5.3	WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments)	10
1.6	Conclusion	11
<b>CHAPITRE 2 : DISSEMINATION DES MESSAGES DANS LES VANETS</b>		
2.1	Introduction	12
2.2	Classification des protocoles de VANETs	13
2.2.1	Protocoles unicast	13
2.2.2	Protocoles multicast	13
2.2.3	Protocoles geocast	14
2.2.4	Protocoles broadcast	14

2.3	Les mécanismes de base	15
2.3.1	L'inondation	15
2.3.2	Schéma basé sur un compteur	15
2.3.3	Schéma basé sur la distance	15
2.3.4	Schéma basé sur l'emplacement	15
2.3.5	Schéma de connaissance du voisin	16
2.3.6	Schéma basé sur un cluster	16
2.3.7	Schéma de probabilité	16
2.4	Stratégie de Diffusion	17
2.4.1	Diffusion un-saut	18
2.4.2	Diffusion multi-sauts	18
2.4.2.1	Diffusion multi-sauts basée sur le délai	19
2.4.2.2	Diffusion multi-sauts basée sur la probabilité	21
2.5	Conclusion	22
<b>CHAPITRE 3 : SIMULATION ET DISCUSSION DES RESULTATS</b>		
3.1.	Introduction	23
3.2.	Classification des simulateurs VANETs	23
3.2.1	Les Simulateurs de mobilité	24
3.2.2	Les Simulateurs de réseau	24
3.2.3	Les Simulateurs VANET	24
3.3.	Environnement de travail	25
3.2.1	OMNeT++	25
3.2.2	SUMO	26
3.2.3	VEINS Framework	26
3.4.	Etapas de la simulation	27
3.4.1	Préparation de la carte pour utilisation dans SUMO	28
3.4.2	Préparation des fichiers avant la simulation	32
3.4.3	Lancement de la simulation	33

3.5.	Les métriques de performance	38
3.6.	Paramètres de simulation	38
3.7.	Résultats de la simulation et discussion	39
3.8.	Conclusion	40
<b>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVE</b>		
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>		
<b>RESUME</b>		

<b>Liste des figures</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 1.1</b> : Réseau Ad-hoc	2
<b>Figure 1.2</b> : Exemple de réseaux VANETs	5
<b>Figure 1.3</b> : Eléments constituant un véhicule intelligent	5
<b>Figure 1.4</b> : Application d'avertissement pour céder le passage à un véhicule prioritaire	7
<b>Figure 1.5</b> : Les modes de communication dans les VANETs	7
<b>Figure 2.1</b> : Classification des protocoles de VANETs	13
<b>Figure 2.2</b> : Les différents modes de communication	14
<b>Figure 2.3</b> : Classification des protocoles de diffusion dans les VANETs	15
<b>Figure 3.1</b> : Classification des simulateurs VANETs	23
<b>Figure 3.2</b> : Interface d'OMNeT++	25
<b>Figure 3.3</b> : Architecture de l'environnement de travail	27
<b>Figure 3.4</b> : Zone d'étude de la ville de Msila dans OpenStreetMap	28
<b>Figure 3.5</b> : Génération de msila.net.xml	29
<b>Figure 3.6</b> : Copie du contenu de fichier web	29
<b>Figure 3.7</b> : Enregistrement du fichier typemap.xml	30
<b>Figure 3.8</b> : Génération de msila.poly.xml	30
<b>Figure 3.9</b> : Génération de msila.rou.xml	31
<b>Figure 3.10</b> : Modification du fichier erlangen.sumo.cfg	32
<b>Figure 3.11</b> : Modification du fichier erlangen.lauchd.xml	32
<b>Figure 3.12</b> : Suppression des variables locale	33
<b>Figure 3.13</b> : Suppression les variables de projet	33
<b>Figure 3.14</b> : construire le projet OMNeT++	34
<b>Figure 3.15</b> : Ouverture et écoute sur le port TCP 9999	34
<b>Figure 3.16</b> : Exécution omnetpp.ini	35
<b>Figure 3.17</b> : Sélection d'une méthode de diffusion	35
<b>Figure 3.18</b> : Fenêtre de la simulation de OMNeT++	36
<b>Figure 3.19</b> : Fenêtre de la simulation de SUMO	36
<b>Figure 3.20</b> : Démarrage de la simulation	37
<b>Figure 3.21</b> : Résultats de la simulation	37
<b>Figure 3.22</b> : Résultat: Nombre des messages d'avertissement reçus.	38
<b>Figure 3.23</b> : Résultat: le pourcentage de nœuds atteints.	39

<b>Liste des tableaux</b>	<b>Page</b>
<b>Table 3.1</b> : Scénarios de mouvement utilisés	37
<b>Table 3.2</b> : les résultats de simulations	38

## **Introduction générale**

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

VANET (**V**ehicular **A**d hoc **N**ETwork) est une nouvelle technologie qui utilise les véhicules comme des noeuds pour créer un réseau mobile. Ces véhicules sont équipés d'interfaces sans fil leur permettant de communiquer entre eux. En effet, les VANETs peuvent être utilisés pour étendre la portée des informations de sécurité (messages d'alerte, informations sur les anomalies, etc.) ou d'autres types d'applications.

Dans ce projet, nous intéressons particulièrement au problème de la dissémination de données dans les réseaux VANETs. Il s'agit d'étudier de manière globale les techniques de dissémination des messages proposés pour les réseaux VANETs, ensuite d'étudier en détail de ces techniques et d'analyser (via des simulations) ses performances (en particulier le délai de transmission de bout en bout et le nombre de nœuds atteints).

Dans le premier chapitre nous allons présenter d'abord les réseaux Ad Hoc, ces caractéristiques, puis nous abordons les réseaux Ad Hoc véhiculaires (VANETs) en décrivant les entités communicantes, les modes de communication et les caractéristiques de ces réseaux, on cite aussi les techniques d'accès et des différentes normes standards de communication.

Dans le deuxième chapitre nous allons présenter les différentes Techniques de dissémination de données dans les VANETs, et quelques protocoles qui ont été proposés, la classification de ces protocoles selon différentes critères.

Le troisième et dernier chapitre est consacré aux simulations, interprétation et discussions des résultats où nous allons tester les techniques de base : (a) L'inondation, (b) Compteur et (c) Probabilité, afin de voir l'impact du choix du technique de dissémination sur les performances du réseau VANET.

**CHAPITRE 1 :**  
**GENERALITE SUR LES RESEAUX**  
**VANETS**

## 1.1 Introduction

Les réseaux ad hoc véhiculaires peuvent être considérés comme un cas particulier de réseaux ad hoc mobiles (MANET). Les réseaux véhiculaires sont une projection des systèmes de transports intelligents (Intelligent transportation Systems - ITS). Leur objectif principal est d'améliorer la sécurité routière par l'utilisation de la technologie des communications et de l'émergence de dispositifs sans fil à faible coût.

Dans ce chapitre, nous allons présenter d'abord les réseaux Ad Hoc, ces caractéristiques,, puis nous abordons les réseaux Ad Hoc véhiculaires (VANETs) en décrivant les entités communicantes, les modes de communication et les caractéristiques de ces réseaux, on cite aussi les techniques d'accès et des différentes normes standards de communication.

## 1.2 Réseau Ad-hoc

Les réseaux ad-hoc sont des réseaux sans fil capables de s'organiser sans infrastructure. Au lieu de communiquer via un point d'accès centralisé, chaque entité communique directement avec tous les noeuds qui se situent dans la portée de la couverture radio comme illustré à la Figure 1.1 [1].

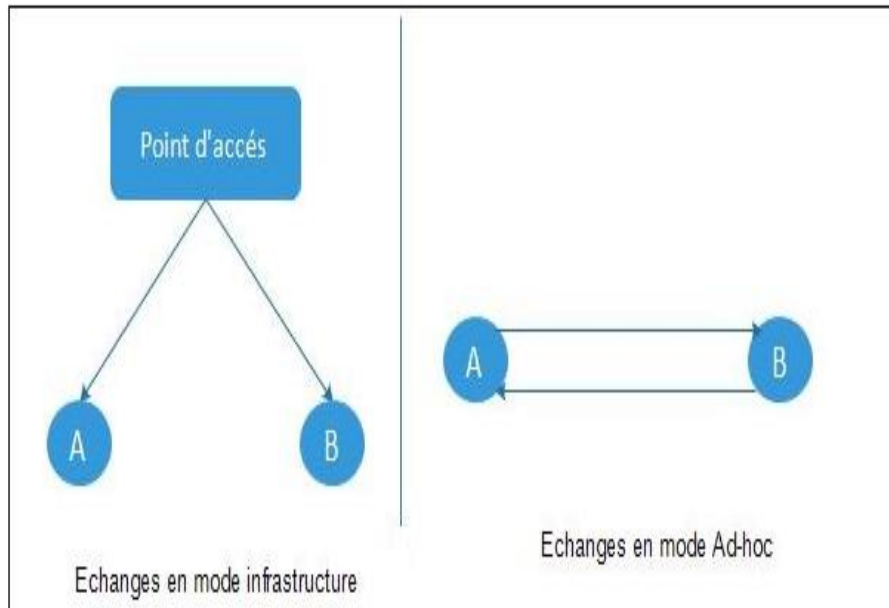


Figure 1.1 : Réseau Ad-hoc [1].

### 1.2.1 Caractéristiques des réseaux Ad-Hoc

Les réseaux mobiles Ad Hoc présentent plusieurs caractéristiques [1], parmi elles :

*a. Absence d'infrastructure*

Les noeuds d'un réseau Ad Hoc travaillent dans un environnement pair à pair totalement distribué, ce qui leur permet de se déplacer librement. Ces nœuds agissent en tant que routeurs pour relayer des communications ou générer leurs propres données.

*b. Routage par relais*

Dans un réseau Ad hoc, un terminal peut communiquer directement avec les terminaux à sa portée (ses voisins). Lorsqu'une machine veut communiquer avec une autre se trouvant hors de sa portée, chaque noeud actif du réseau sert de routeur pour ses voisins.

### *c. Topologie dynamique*

Une particularité très importante qui distingue les réseaux mobiles Ad Hoc des réseaux filaires est la mobilité de ses noeuds. Les noeuds sont libres de se déplacer arbitrairement, des routes peuvent se créer et disparaître très souvent, ce qui provoque des changements fréquents dans la topologie du réseau. Ces modifications doivent être prises en compte par le protocole de routage. Cette caractéristique rend la topologie de ce type de réseau sans fil très dynamique.

### *d. Multi-sauts*

Les réseaux Ad Hoc utilisent souvent des sauts multiples pour éviter les obstacles, minimiser la consommation d'énergie ou pour joindre un noeud qui n'est pas dans la portée de communication de l'émetteur.

## **1.3 Réseau MANET**

Le réseau mobile ad hoc, appelé généralement MANET (Mobile Ad hoc NETWORK) est un système autonome qui se compose des noeuds mobiles dynamiques interconnectés par des liens sans fil sans l'utilisation de l'infrastructure fixe et sans gestion centralisée [2]. Les noeuds sont libres de se déplacer de façon aléatoire et, par conséquent, peuvent changer la structure du réseau rapidement et de manière imprévisible.

## **1.4 Réseaux Ad-hoc véhiculaires (VANETs)**

Un réseau VANET est un réseau de communication entre véhicules intelligents équipés de calculateurs, de périphériques réseau et de capteurs.

Les réseaux ad hoc véhiculaires peuvent être considérés comme un cas particulier de réseaux ad hoc mobiles (MANET) qui fonctionnent dans des réseaux à liaison pair à pair sans infrastructure, c'est-à-dire que tout noeud appartenant au réseau pourra être considéré comme un point d'accès. Dans un réseau véhiculaire, les noeuds sont des véhicules intelligents appartenant au réseau et qui peuvent communiquer entre eux directement s'ils sont à portée ou via des véhicules intermédiaires s'ils sont éloignés.

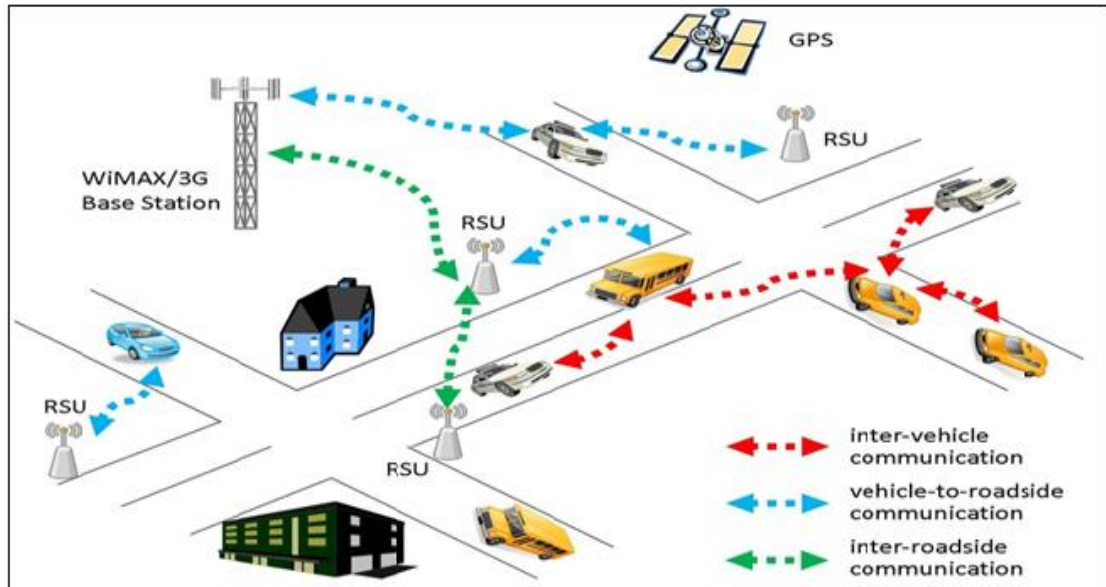


Figure 1.2: Exemple de réseaux VANETs [3]

#### 1.4.1 Noeud d'un réseau VANET

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

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

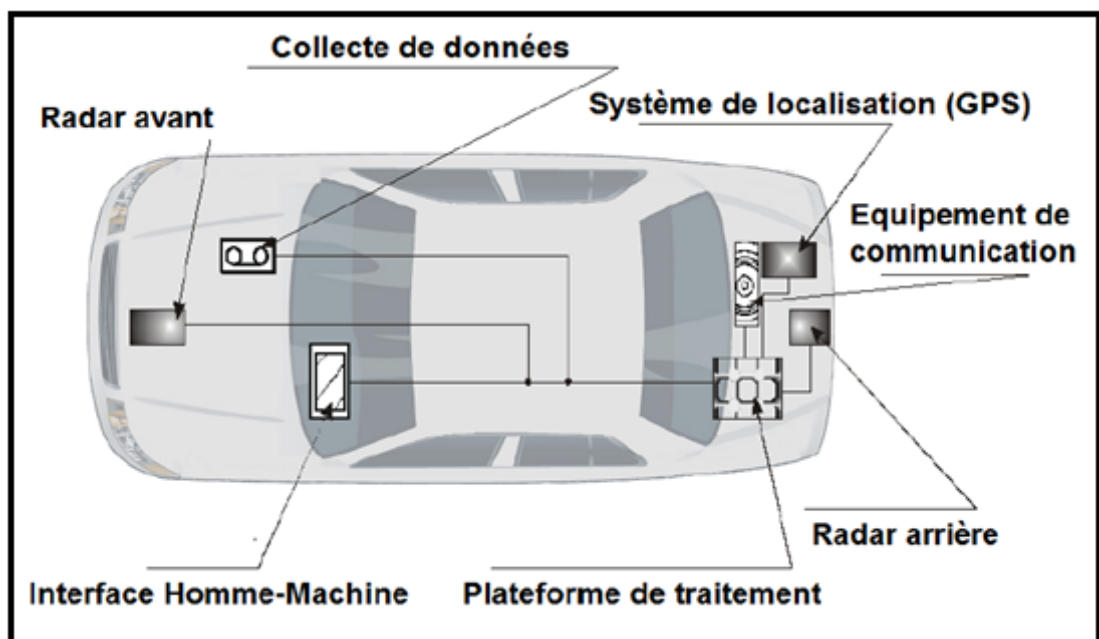


Figure 1.3: Eléments constituant un véhicule intelligent [4]

### 1.4.2 Composants d'un réseau VANET

Un réseau VANET est constitué principalement de deux entités :

- *RSU (Road Side Unit)* : Elles sont installées au bord des routes. Leur principale responsabilité est de soutenir l'autorité de transport (TA) dans la gestion du trafic et des véhicules. Elles représentent des points d'accès au réseau et peuvent fournir les différentes informations sur la circulation aux véhicules sur un certain tronçon de route.
  
- *OBU (On-Bord Unit)* : Ce sont des entités embarquées dans les véhicules intelligents. Elles regroupent un ensemble de composants matériels et logiciels de hautes technologies (GPS, radar, caméras, différents capteurs et autres).

### 1.4.3 Services offerts par les réseaux VANETs

Il existe plusieurs services peuvent être offerts par les réseaux VANETs, ils sont classés comme suit :

#### *a) Services liés à la sécurité routière*

Ces services concernent les applications qui augmentent la sécurité des personnes et des biens. Ils se basent sur la détection de l'environnement proche au moyen de capteurs (par exemple : les radars et les caméras) installés au niveau des véhicules ou bien au centre de contrôle, ainsi que la diffusion de messages fournissant des informations sur l'état du réseau routier (trafic, travaux, météo), ou rappelant au conducteur les limitations de vitesse, les distances de sécurité ou qu'ils approchent d'une intersection. Ces applications exigent généralement une communication directe de véhicule à véhicule en raison des exigences de délai strictes.

#### *b) Services liés au confort*

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

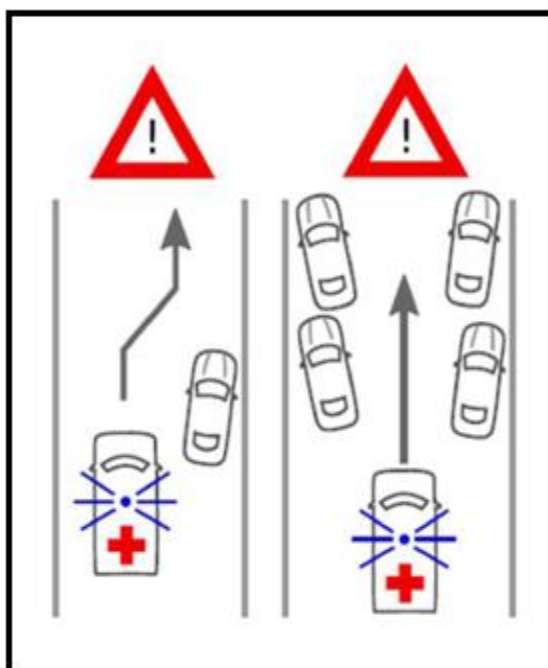


Figure 1.4 : Application d'avertissement pour céder le passage à un véhicule prioritaire [8].

#### 1.4.4 Modes de communication dans les réseaux VANETs

On peut distinguer trois modes de communication, les communications Véhicule-à- Véhicule (V2V), les communications Véhicule -à- Infrastructure (V2I) et les communications qui combinent les deux modes (V2X)

##### a) *Mode de communication Véhicule-à-Véhicule (V2V)*

Ce mode de communication est basé sur la simple communication inter-véhicules ne nécessitant pas une infrastructure. En effet, un véhicule peut communiquer directement avec un autre véhicule s'il se situe dans sa zone de couverture, ou bien par le biais d'un protocole multi-sauts qui se charge de transmettre les messages de bout en bout en utilisant les noeuds voisins qui les séparent comme des relais. Dans ce mode, les interfaces de communication utilisées sont caractérisées par un grand débit de transmission et une petite latence.

Les communications V2V peuvent être efficaces pour le transfert des informations de sécurité routière, mais elles ne garantissent pas une connectivité permanente entre les véhicules, ce qui la rend moins efficace pour les applications avec

une grande quantité de données comme le multimédia en particulier quand le trafic véhiculaire est faible.

**b) Mode de communication de Véhicule à Infrastructure (V2I)**

Ce mode de communication utilise des infrastructures (Road Side Units) déployées aux bords des routes pour fournir des services comme l'accès à Internet, les communications de voiture à garage de réparation pour le diagnostic distant, et autres.

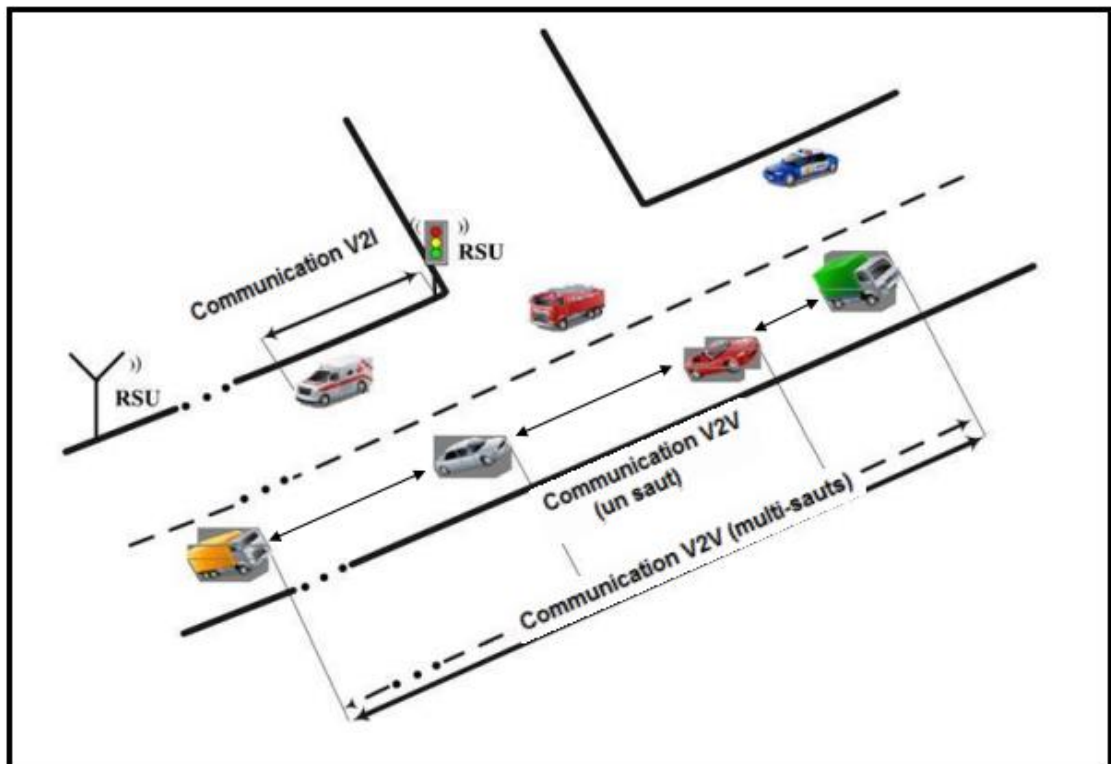


Figure 1.5: Les modes de communication dans les VANETs [5]

**c) Mode de communication hybride (V2X)**

Les communications entre les véhicules s'effectuent soit en mode V2V si le véhicule destinataire se trouve dans la gamme de transmission ou bien en mode V2I si la destination se trouve hors la gamme de transmission. Ces deux modes sont généralement combiné pour donner naissance une communication hybride très intéressante et économique.

### 1.3.5 Caractéristiques des VANETs

Les VANETs se distinguent des réseaux ad hoc mobiles MANETs par un certain nombre de caractéristiques spécifiques [6] dont on peut citer :

**a) *Topologie hautement dynamique***

La vitesse élevée des véhicules ainsi que la disponibilité de choix de chemins multiples caractérisent la topologie dynamique des VANETs.

**b) *Réseau déconnecté fréquemment***

La vitesse élevée des véhicules définit d'une part la topologie dynamique alors que d'autre part elle provoque des déconnexions fréquentes.

**c) *Mobilité de la modélisation et de la prévention***

La prédiction de la position du véhicule et de ses mouvements est très difficile. Par ailleurs, la modélisation de la mobilité et la prédiction dans les VANETs sont basées sur la disponibilité des modèles de feuille de route déjà prédéfinis. La vitesse des véhicules est considérée comme une métrique importante pour une conception d'un réseau efficace.

**d) *Environnement de communication***

Le modèle de mobilité peut avoir différentes caractéristiques selon l'architecture routière, les autoroutes ou les environnements urbains. A cet effet, la communication dans ces situations doit être prise avec soin.

**e) *Contrainte de délai difficile***

Au moment de l'urgence, la remise des messages en fonction du temps devient un problème critique. Par conséquent, gérer de telles situations devient primordial que se contenter au taux de données élevés.

**f) *Interaction avec les capteurs embarqués***

Les capteurs peuvent lire les données relatives à la vitesse du véhicule, direction et peuvent communiquer avec le centre de données. Ainsi, les capteurs peuvent être aussi utilisés dans la formation de liens et dans les protocoles de routage.

## **1.4 Normes et les Standards**

Il existe plusieurs normes qui se rapportent à l'accès sans fil dans les environnements véhiculaires. on peut citer : [7]

### **1.4.1 DSRC (Dedicated Short-Range Communication)**

Les premiers standards définis pour les communications sans fil dans les STI utilisent la bande de fréquence de 915MHz essentiellement pour assurer des services tels que, le péage électronique, l'accréditation et la surveillance des opérations des véhicules commerciaux.

Cette bande de fréquence étant trop étroite et polluée pour supporter l'évolution envisagée pour les applications dans les réseaux véhiculaires, l'ITSA a sollicité la FCC (Federal Communications Commission) pour l'allocation d'une bande passante de 75MHz dans la gamme de fréquences 5,850-5,925GHz pour les communications à courte portée dédiées aux STI aux USA. Cette demande a été accordée par la FCC en 1999 et a donné naissance à la technologie DSRC.

### **1.4.2 La norme IEEE 802.11p**

La norme IEEE 802.11p [IEEE802.11p, 2006] est un amendement du standard IEEE802.11 que le groupe de travail IEEE (TGP : Task Group p) a commencé à développer en 2004. Il définit les spécifications des couches MAC et PHY dans le cadre des réseaux véhiculaires.

### **1.4.3 WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments)**

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

## **1.5 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les réseaux véhiculaires ad hoc (VANETs) qui ne sont qu'un sous-groupe des réseaux MANETs. Ainsi, nous avons décrit les composants des réseaux VANETs, leur technologie de communications, les principales caractéristiques et leurs domaines d'applications.

Dans le chapitre suivant, nous présenterons la dissémination des messages dans les réseaux Ad Hoc véhiculaires, la classification des différents protocoles qui ont été proposés, ainsi que des détails sur le fonctionnement de certains mécanismes de base utilisés dans ces protocoles.

**CHAPITRE 2 :**  
**DISSEMINATION DES MESSAGES**  
**DANS LES VANETS**

### 2.1. Introduction

L'objectif principal de toute technique de communication est d'assurer la transmission des messages dans les meilleurs délais et de la manière la plus fiable possible. Tel est le cas pour la communication véhiculaire et plus particulièrement pour les messages relatifs à la sécurité routière.

Néanmoins, deux principaux problèmes sont à considérer; (1) Le *Broadcasting Storm* : c'est le résultat de la diffusion de plusieurs messages en même temps sur un canal de transmission partagé (surcharge du réseau ==> dégradation des performances). Ce problème s'accroît de plus en plus avec l'augmentation de la densité de communication des véhicules. Plusieurs travaux essaient de résoudre ce problème particulier en adoptant des techniques de diffusion améliorées et en introduisant des mécanismes adaptatifs pour réduire la charge de communication tout en gardant la même efficacité. Ces techniques ont pour but de réduire les délais de transmission et d'augmenter le taux de réussite des envois de messages tout en réduisant la charge sur le réseau. (2) La déconnexion du réseau : (En anglais, *network disconnection*) c'est un problème assez fréquent dans les réseaux ad hoc. Il s'agit d'un risque lié à la mobilité des entités communicantes. Ce problème se manifeste par la déconnexion d'un ou plusieurs véhicules du reste du réseau. En général, ces véhicules ne sont plus dans la portée des signaux radio ou sous des contraintes physiques n'arrivent pas à recevoir les messages d'autres véhicules (fading, effet doppler, shadowing, etc.). Ceci est de plus en plus grave dans le cas d'acheminement de paquets de bout en bout puisque la rupture d'un lien causera le non acheminement du message et mettra toute la technologie en question (ex : non acheminement de message de sécurité).

Cette section présente les différentes Techniques de dissémination de données dans les VANETs, et quelques protocoles qui ont été proposés, la classification des protocoles selon différentes critères. Ainsi que des détails sur le fonctionnement de certains mécanismes de base utilisés dans ces protocoles.

## 2.2. Classification des protocoles de communication des VANETs

Les protocoles de communication peuvent fonctionner à des situations unicast, multicast, geocast ou broadcast (diffusion) [18].

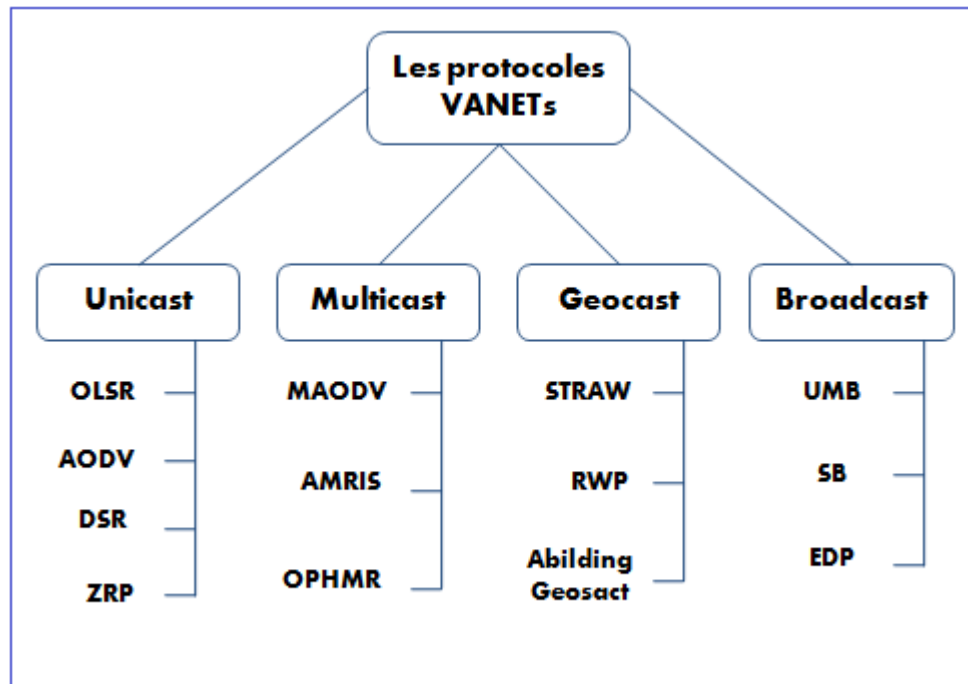


Figure 2.1 : Classification des protocoles de VANETs

### 2.2.1 Protocoles unicast

Dans les protocoles unicast (monodiffusion), une source transmet des messages ou des paquets de données vers une destination. C'est l'opération la plus normale dans n'importe quel réseau. Les protocoles unicast ont un manque quand il est nécessaire d'envoyer un même message ou flux de données vers des destinations multiples. Parmi les protocoles unicast on a : OLSR, DSR, ZRP, GSR, WRP, FSR, CEDAR, CGSR.

### 2.2.2 Protocoles multicast

Les protocoles multicast (multidiffusion) essaient de construire un arbre de routage ou un maillage à partir d'une source vers plusieurs destinations. Ces protocoles doivent également suivre les informations d'adhésion ou de retrait à un groupe multicast. Parmi les protocoles multicast on a : MAODV, AMRIS, OPHMR.

### 2.2.3 Protocoles geocast

Le but des protocoles geocast (geodiffusion) est d'acheminer des paquets de données vers un groupe de noeuds qui sont situés dans une zone géographique déterminée. Ce genre de protocole peut aussi aider à soulager la procédure de routage en fournissant des informations de localisation pour l'acquisition de la route. Parmi les protocoles geocast on a : RWP, STRAW, Abiding Geocast (VANET).

### 2.2.4 Protocoles broadcast

Le broadcast (diffusion) est un mode de fonctionnement de base des supports sans fil. Ces protocoles diffusent l'information vers tous les noeuds du réseau. Ce mode est utilisé généralement dans la première phase du routage unicast dans la procédure de découverte des routes ou bien pour la diffusion des paquets de données dans les protocoles de diffusion surtout pour les VANETs. Des traitements de contrôle peuvent être appliqués afin d'éviter certains problèmes, tels que le bouclage et la duplication des paquets.

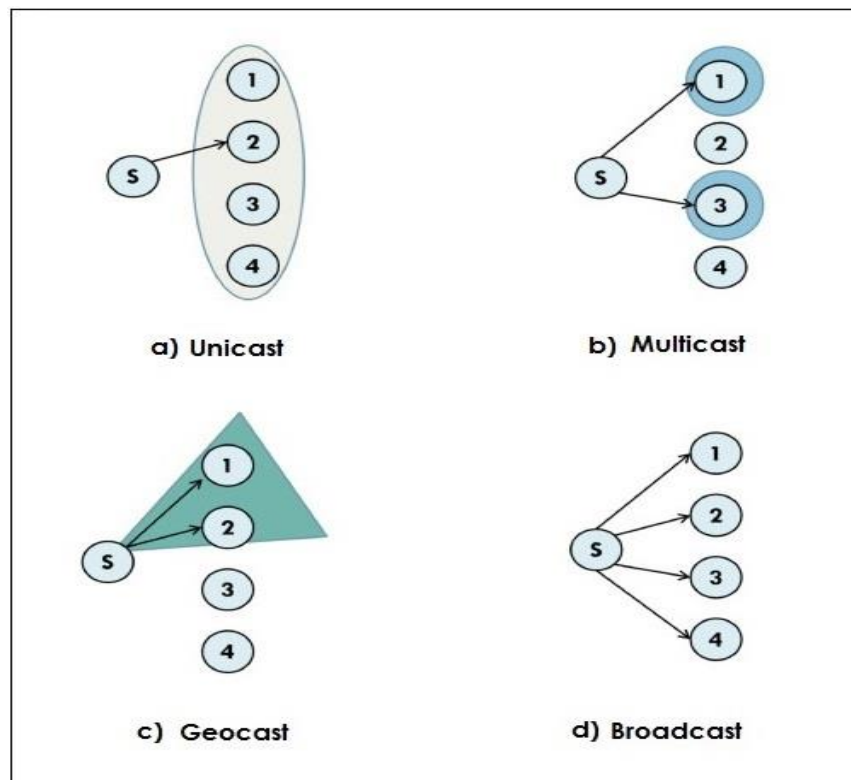


Figure 2.2 : Les différents modes de communication

### 2.3 Mécanismes de base de diffusion

#### 2.3.1 L'inondation

Une approche simple pour effectuer la diffusion est par inondation. Ce schéma fonctionne comme suit : lorsqu'un véhicule reçoit un message diffusé pour la première fois, il le retransmet immédiatement au format *broadcast*, c'est-à-dire que plusieurs véhicules retransmettent les mêmes messages avec le même identifiant au même moment. Il est clair que cela coûte  $n$  émissions sur un réseau de  $n$  véhicules.

#### 2.3.2 Schéma basé sur un compteur

Lorsqu'un hôte tente de rediffuser un message, ce dernier peut être bloqué par un média occupé, une procédure d'annulation et d'autres messages en file d'attente. Il est possible que l'hôte entende encore et encore le même message provenant d'autres hôtes de retransmission avant que l'hôte ne commence réellement à transmettre le message. Par conséquent, le véhicule détecte le support pendant qu'il attend les messages envoyés par ses voisins et compte le nombre de fois qu'il reçoit le même message. À la fin du temps d'attente, le véhicule rediffuse le message s'il l'a reçu moins de  $k$  fois et le rejette sinon;  $k$  étant un seuil prédéfini.

#### 2.3.3 Schéma basé sur la distance

Ce schéma utilise la distance relative entre les hôtes pour prendre la décision. Lorsqu'un véhicule reçoit un message, il est capable de mesurer la distance à l'émetteur. Il peut être simplement obtenu à partir d'un GPS. La position de l'émetteur est ensuite incluse dans le message et la distance est calculée en tant que différence entre les emplacements du récepteur et de l'émetteur. Dans certains cas, la distance peut également être évaluée à partir de la puissance du signal radio au récepteur.

#### 2.3.4 Schéma basé sur l'emplacement

Ce schéma utilise l'emplacement relatif des véhicules de radiodiffusion pour prendre la décision d'abandonner ou non une rediffusion. Les véhicules évaluent la zone de couverture supplémentaire en fonction de leur emplacement. Si la zone supplémentaire est supérieure à un seuil, le véhicule rediffuse le message. sinon il le jette. Une telle approche peut être prise en charge par des dispositifs de positionnement

tels que le GPS. Dans le contexte des réseaux VANET, ce schéma est très similaire au schéma basé sur la distance. Cependant, la couverture supplémentaire est difficile à estimer en pratique, car elle dépend de l'environnement radioélectrique (atténuation, ombrage, etc.) qui n'est pas connu par les véhicules.

### 2.3.5 Schéma basé sur la connaissance des voisins

Ce schéma est mis en œuvre par des messages hello périodiques pour déterminer si cette information est rediffusée ou non. La plupart des protocoles exigent que les véhicules partagent les informations de voisinage à 1 ou 2 sauts avec d'autres véhicules.

### 2.3.6 Schéma basé sur un cluster

Ce schéma est basé sur la modélisation de graphes. Les véhicules sont divisés en grappes et chacune a un véhicule à grappe et une passerelle. Une fois le cluster créé, l'algorithme de diffusion n'autorisera la passerelle ou la tête à utiliser l'un des schémas suivants: Probabilité, Compteur, Distance et Emplacement, pour retransmettre des messages d'urgence, tandis que le membre ne pourra pas émettre, ce qui minimisera la diffusion.

### 2.3.7 Schéma basé sur une probabilité

Un moyen intuitif de réduire les rediffusions consiste à utiliser la rediffusion probabiliste. Lors de la première réception d'un message diffusé, un hôte le rediffusera avec une probabilité  $P$  avec  $0 < P \leq 100\%$ . Clairement, lorsque  $P = 100\%$ , ce schéma est équivalent à l'inondation [2]. Notez que pour répondre aux problèmes de conflit et de collision, il est nécessaire d'insérer un petit retard aléatoire (un certain nombre de créneaux) avant de rediffuser le message. On peut donc différencier le moment de la retransmission.

## 2.4 Stratégies de diffusion

Une solution de dissémination efficace pour les VANETs doit absolument prendre en considération les caractéristiques de ces dernières, comme la taille du réseau, la vitesse des véhicules, la connexion intermittente du réseau qui cause son partitionnement en de nombreux îlots.

L'une des approches les plus utilisées pour la dissémination de données dans les VANETs est celle utilisant la diffusion. Elle peut être utilisée à un seul saut comme à plusieurs sauts. Un message envoyé par un véhicule émetteur par diffusion est transmis à tous ses voisins directs, puis est retransmis encore une fois par chacun de ses récepteurs, jusqu'à atteindre le (ou les) destinataire(s). Cette approche ne nécessite aucune information préalable sur les voisins du véhicule, ce qui lui permet d'ignorer l'inexistence ou l'inexactitude des informations sur la topologie du réseau. Elle augmente le taux de délivrance et améliore la vitesse d'acheminement des données, car un véhicule destinataire reçoit plusieurs copies du message, arrivant au travers de plusieurs routes. Néanmoins, cette approche augmente aussi la compétition pour l'accès au canal de communication et l'utilisation de la bande passante, ce qui ne lui permet pas le passage à l'échelle au risque de générer une forte congestion du réseau [9]. La figure ci-dessus illustre la classification des protocoles de diffusion dans les VANETs.

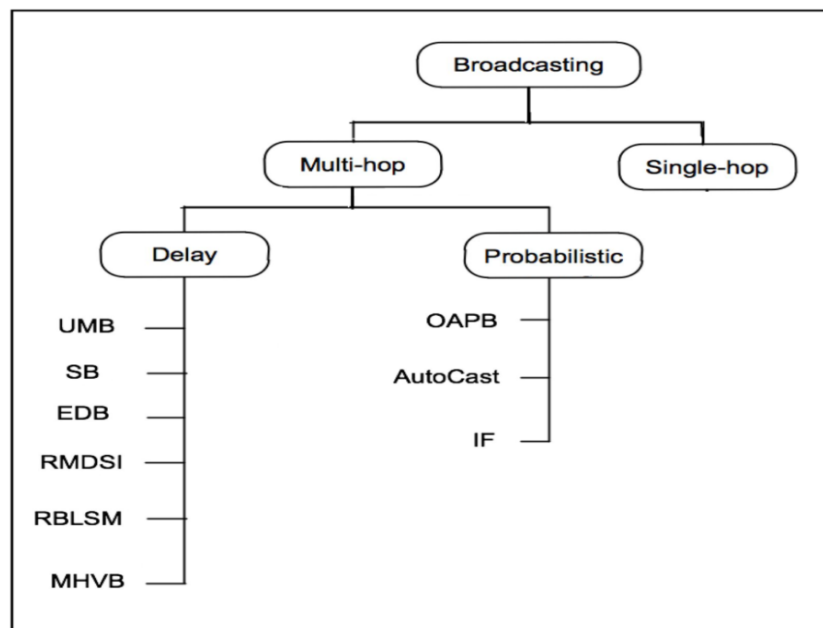


Figure 2.3 Classification des protocoles de diffusion dans les VANETs [10]

L'information du trafic routier est d'intérêt public et elle profite généralement à un groupe d'utilisateurs plutôt qu'à un individu spécifique. Par conséquent, pour disséminer l'information du trafic dans les VANETs, il est plus approprié d'utiliser un plan de diffusion (*broadcast*) qu'un plan de routage unicast qui n'est pas approprié pour beaucoup d'applications, comme le cas d'avertissement de danger. L'avantage principal du plan de diffusion (*broadcast*) est qu'un véhicule n'a pas besoin de connaître une adresse de destination et une route vers une destination spécifique.

### 2.4.1 Diffusion à un-saut

Contrairement à la diffusion multi-sauts, dans la diffusion à un-saut un paquet diffusé par un véhicule ne sera pas inondé dans le réseau. Quand un véhicule reçoit un paquet, il ne rediffuse pas l'information immédiatement; à la place, il met à jour sa base de données d'informations avec ce qu'il a appris du paquet reçu (si les informations sont plus récentes que celles de sa base de données). Périodiquement, un véhicule diffuse certaines des informations de sa base de données aux autres véhicules dans le réseau. Les choix de conception qui doivent être pris en compte dans ce type de protocoles sont: (i) l'intervalle de diffusion et (ii) l'information qui doit être diffusée. Pour réduire la redondance et maintenir l'information la plus à jour, l'intervalle de diffusion doit être réglé de manière appropriée (c'est à dire, pas trop long et pas trop court). En plus, seul les informations importantes et pertinentes doivent être choisies pour être diffusées [10].

### 2.4.2 Diffusion multi-sauts

Dans la diffusion multi-sauts, un paquet d'information se propage à travers le réseau par inondation (*en anglais « Flooding »*). Cependant, un plan d'inondation pure, où chaque véhicule rediffuse le paquet, est inefficace pour deux raisons principales : (i) l'extensibilité (*en anglais « Scalability »*) et (ii) la collision de paquets. Une solution courante employée par la plupart des chercheurs pour résoudre ces deux problèmes est la réduction du nombre de paquets de rediffusion redondants. Ceci est réalisé typiquement par la sélection de quelques véhicules seulement pour retransmettre le paquet [10].

### 2.4.2.1 Diffusion multi-sauts basée sur le délai :

Dans cette approche, un délai d'attente différent avant la rediffusion du paquet est assigné à chaque véhicule récepteur. Fondamentalement, le véhicule avec le délai d'attente le plus court aura la plus grande priorité pour rediffuser le paquet. En outre, afin d'éviter la redondance, les autres véhicules abandonnent leur processus d'attente dès qu'ils savent que le paquet a déjà été rediffusé. Typiquement, le délai assigné à chaque véhicule est une fonction de la distance entre le véhicule et le transmetteur. Généralement, le délai le plus court est attribué au véhicule le plus loin qui est désigné implicitement comme le prochain noeud de rediffusion, du moment qu'il permet la progression maximale du paquet (du fait qu'il est le plus loin). Il existe plusieurs protocoles [12], on peut citer :

- **Urban Multi –hop Broadcast (UMB)**

Ce protocole proposé vise à résoudre les problèmes: Broadcast Storm, noeuds cachés et les problèmes de fiabilité liés à la diffusion massive en milieu urbain. Ce protocole UMB ne garantit pas l'absence de collision car il est possible d'exister dans plusieurs véhicules du même segment. Contrairement aux protocoles de diffusion par inondation, UMB confie les opérations d'envoi et de reconnaissance des paquets aux noeuds les plus éloignés sans connaître à priori des informations sur la topologie du réseau.

UMB est décomposé en deux phases : la première appelée diffusion directionnelle, où le véhicule source sélectionne un noeud dans la direction de diffusion pour faire un relaying de données sans aucune information sur la topologie. La deuxième diffusion aux intersections pour disséminer les paquets dans toutes les directions, pour cela UMB utilise des répéteurs installés dans les intersections pour l'envoi des paquets vers tous les segments. On suppose que chaque véhicule est équipé par un récepteur GPS (Global Position System) et une carte routière électronique.

- **Smart Broadcast (SB)**

C'est une amélioration UMB, le temps d'attente pour affecter le prochain réémetteur (relais). avec une fonction de délai (WR), les véhicules les plus éloignés de la source ont toujours un délai d'attente lorsque celui-ci est terminé, le véhicule a

transmis le paquet CTB à la source. une fois que la source a reçu ce paquet, elle transmet ensuite le paquet de données. Ce protocole SB, tel qu'il est indiqué, constitue une amélioration de l'UMB au terme de la latence. Une période d'attente plus courte en UMB.

- **Position-Based Adaptive Broadcast (PAB)**

Les auteurs de SB proposent le protocole PAB (Diffusion adaptative basée sur la position) basé sur le temps d'attente du véhicule relais avant la transmission des informations afin d'améliorer les techniques proposées pour l'accès aux installations et l'efficacité des émissions. Contrairement à SB qui fonctionne à la distance entre émetteur et récepteur, le PAB utilise une formule calculée par la position et la vitesse du véhicule pour trouver la valeur du temps de retard.

- **Efficient Directional Broadcast (EDB)**

Ce protocole est basé sur la direction on utilisant des antennes bidirectionnelles des véhicules. Cela fonctionne dans le même principe UMB. Pour résoudre le problème de la retransmission du nombre de retransmissions, une latence est proposée pour chaque noeud du secteur de l'émission avant la retransmission, ce temps est différent pour chaque véhicule, il est calculé en fonction de la distance entre le véhicule et l'émetteur.

- **Reliable Broadcasting of Life Safety Messages (RBLSM)**

Dans ce protocole, la priorité dans la sélection du relais est donnée au véhicule avec le véhicule le plus proche de l'émetteur. La raison en outre plus proche est plus fiable. Par exemple, un véhicule plus proche est supposé avoir une intensité de meilleur signal reçu. Ce protocole utilise également l'utilisation des packages de commande et RTB CTB. Les performances du protocole sont évaluées par simulation; Cependant, seule la latence d'un saut est fournie.

- **Multi-hop Vehicular Broadcast (MHVB)**

Ce protocole est similaire aux précédents; comme le véhicule le plus éloigné de l'émetteur a toujours le temps d'attente le plus court. Ce temps est calculé par une fonction d'allocation n'est pas explicitement indiquée. Une fois le délai d'attente écoulé,

le véhicule retransmet le paquet. Le protocole peut détecter un encombrement du trafic. Comme chaque véhicule utilise le nombre de ses voisins et sa vitesse comme indication de la congestion

### 2.4.2.2 Diffusion multi-sauts basée sur la probabilité :

Une probabilité différente de rediffusion est attribuée à chaque véhicule dans un protocole probabiliste basé sur la probabilité. Chaque véhicule rediffuse un paquet en fonction de la probabilité de rediffusion qui lui est attribuée. Comme ce ne sont pas tous les véhicules qui vont rediffuser le paquet, le nombre de paquets redondants ainsi que le nombre de collisions sont réduits.

L'un des principaux défis dans ce type de protocoles consiste à déterminer une fonction optimale d'affectation de probabilité. Il existe de nombreuses façons d'attribuer la probabilité de rediffusion. Les protocoles les plus simples utilisent une valeur fixe prédéfinie, alors que les protocoles plus sophistiqués permettent à chaque véhicule d'ajuster sa probabilité dynamiquement à partir de facteurs tels que l'emplacement du véhicule et la densité du réseau. Il existe plusieurs protocoles [12], on peut citer :

- **Optimized Adaptive Probabilistic Broadcast (OAPB)**

OAPB est un protocole de diffusion multi-sauts basée sur la probabilité ; un véhicule qui reçoit un paquet pour la première fois calcule sa propre probabilité de rediffusion sur la base de la densité locale de véhicules (en termes de nombre de voisins). Pour sélectionner une probabilité de transmission appropriée, chaque véhicule utilise l'information de densité locale, qui est obtenue à partir de l'échange de paquets de reconnaissance « HELLO » périodiques.

$$\varphi = (P0 + P1 + P2) / 3$$

où  $P0$  ,  $P1$  ,  $P2$  sont fonctions du nombre de voisins à un-saut, du nombre de voisins à deux-sauts et de l'ensemble de voisins à deux-sauts qui ne peuvent être atteints qu'à travers un voisin à un-saut particulier. En outre, afin de réduire davantage le nombre de véhicules de rediffusion, chaque véhicule de rediffusion qui a la même probabilité de retransmission  $\varphi$  se verra attribuer un délai différent qui est calculé à partir de:

$$\Delta(t) = \Delta(t)_{max} \times (1 - \varphi) + \delta$$

où  $\Delta(t)_{\max}$  est un délai maximum et  $\delta$  est une variable aléatoire qui prend des valeurs de l'ordre de millisecondes [10].

- **Irresponsible Forwarding (IF)**

IF est un protocole de diffusion multi-sauts basée sur la probabilité ; il affecte la probabilité de transmission sur la base de la distance entre le véhicule et l'émetteur ainsi que de la densité de véhicules.  $p = e - (\rho s (z - d) / c)$  où  $\rho s$  est la densité de véhicules,  $z$  est la portée de transmission,  $d$  est la distance entre le véhicule et le transmetteur et  $c \geq 1$  est un coefficient qui peut être sélectionné pour ajuster la probabilité de rediffusion. Avec cette fonction, la probabilité de rediffusion augmente quand la distance entre le véhicule et le transmetteur augmente. De plus, la probabilité de rediffusion diminue à mesure que le réseau devient plus dense, ce qui est une propriété souhaitable. Il est montré que le nombre de paquets rediffusés peut être contrôlé en ajustant le paramètre d'ajustement  $c$ . En plus, le protocole IF est capable de garder le nombre prévu de paquets de rediffusion à un niveau constant même lorsque la densité du véhicule augmente. Ainsi, il garantit l'extensibilité avec la densité du réseau [10].

### 2.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes techniques de dissémination de données dans les VANETs, la classification des protocoles selon différentes critères et quelques protocoles qui ont été proposés.

Dans le prochain chapitre, nous allons étudier, via des simulations, trois mécanismes de base (l'inondation, basé sur des compteurs et probabiliste), et analyser ses performances dans les réseaux véhiculaires en milieu urbain.

**CHAPITRE 3 :**  
**SIMULATION ET DISCUSSION DES**  
**RESULTATS**

### 3.1. Introduction

L'objectif de notre simulation est l'étude des performances de trois techniques de base : (a) L'inondation, (b) Compteur et (c) Probabilité qui ont été appliquées en milieu urbain (ville de Msila). Ces techniques sont déjà implémentées sous VEINES qui est composé de deux simulateurs distincts.

Nous allons dans ce chapitre les parties de notre projet à travers lesquelles on espère présenter le comment faire pour simuler un réseau ad hoc Véhiculaire ; c'est-à-dire : créer le réseau VANET, le configurer et collecter les résultats de simulation. Enfin, nous allons donner les résultats de notre évaluation avec des commentaires.

### 3.2. Classification des simulateurs VANETs

La simulation des réseaux VANET est essentielle pour déterminer la capacité des systèmes et les nouvelles approches. La simulation VANET nécessite deux types de composants de simulation : le réseau et la mobilité. Dans la plupart des cas, le simulateur réseau et le simulateur de mobilité sont séparés. Il existe plusieurs simulateurs disponibles qui peuvent être utilisés pour la simulation de VANET. Les logiciels de simulation VANET peuvent être classés en trois catégories différentes: (a) simulateur de mobilité qui gère le mouvement des véhicules, (b) simulateurs de réseau, (c) logiciels intégrés (a) et (b) ou logiciels pouvant simuler à la fois la mobilité et le réseau (simulateur VANET). La figure 3.1 présente les différents simulateurs VANETs.

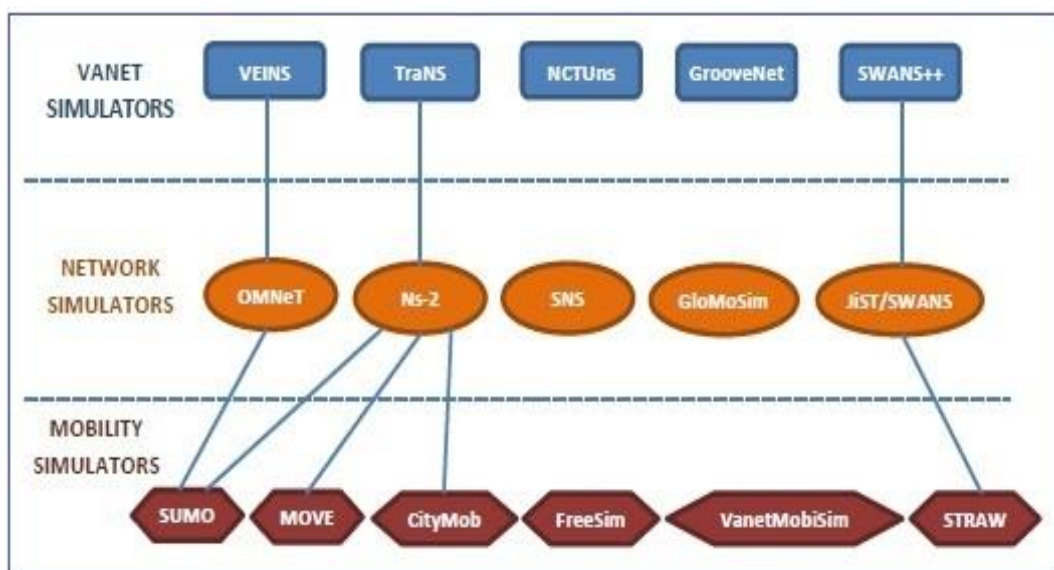


Figure 3.1 : Classification des simulateurs VANETs [13]

### **3.2.1 Les Simulateurs de mobilité**

Le simulateur d'écoulement du trafic génère les traces de mobilité de véhicule réalistes requises à utiliser dans le simulateur de réseau en tant qu'entrée.

Les simulations de mobilité des véhicules sont généralement classées en deux types: microscopique et macroscopique. Macroscopique se concentrant uniquement sur la mobilité des flux de voitures, pas chaque voiture individuellement. Dans la simulation macroscopique, les générations de trafic telles que la densité de trafic ou les flux de trafic sont définies. Dans les autres types de modèles de mobilité, l'approche microscopique, le déplacement de chaque véhicule individuel et le comportement du véhicule sont importants.

Dans le modèle microscopique utilisé dans la simulation VANET, les paramètres requis pour le générateur de mobilité peuvent être la carte des routes, le scénario de circulation des voitures et certains paramètres de route et de voiture, tels que la vitesse maximale, la limitation du nombre de routes, les heures d'arrivée et de départ de chaque voiture, etc. En outre, la sortie peut être la coordonnée de chaque véhicule à tout moment et ses paramètres de mobilité tels que la vitesse, l'accélération, etc.

### **3.2.2 Les Simulateurs de réseau**

Le simulateur de réseau est généralement utilisé pour simuler les réseaux informatiques. Ils sont utilisés pour simuler les VANET en évaluant les performances des protocoles réseau pour la mobilité des nœuds et d'autres techniques requises, telles que calculer et créer les composants requis dans un réseau sans fil, telles que la structure détaillée de tous les nœuds (voitures), l'envoi et la réception de rôles de paquets, transmission du trafic de données, canaux, etc.

Les simulateurs de réseau les plus couramment utilisés sont développés pour les MANET et nécessitent donc des extensions VANET (telles que l'utilisation de générateurs de mobilité de véhicules) avant de pouvoir simuler des réseaux de véhicules.

### **3.2.3 Les Simulateurs VANET**

Les simulateurs VANET fournissent une simulation de trafic et de réseau ou peuvent combiner un simulateur de trafic et de réseau.

### 3.3. Environnement de travail

#### 3.2.1 OMNeT++

OMNET++ [14] 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.

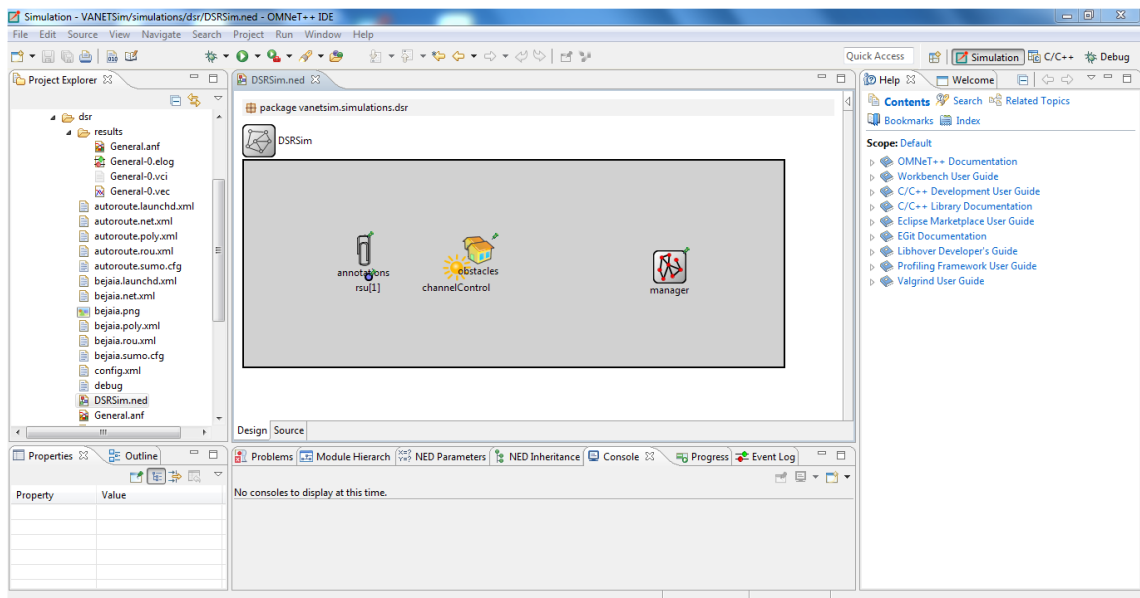


Figure 3.2 : Interface d'OMNeT++

### 3.2.2 SUMO

SUMO[15] « Simulation of Urban MObility » est un logiciel open source disponible pour Windows et Linux, qui permet d'effectuer des simulations de trafic routier. Il est très portable et nécessite uniquement l'installation des bibliothèques C++. Il permet la simulation de trafic microscopique, multi-modal, et de simuler la manière dont une demande de trafic donnée qui se compose de véhicules individuels se déplace à travers un réseau routier donné. La simulation permet d'aborder un large éventail de sujets de gestion du trafic. Elle est purement microscopique : chaque véhicule est modélisé de manière explicite, présente une voie propre, et se déplace individuellement à travers le réseau. SUMO comprend toutes les applications nécessaires pour préparer et effectuer une simulation de trafic (réseau et itinéraires importation, DUA, simulation), une simulation Mouvement du véhicule spatial continu et à temps discret. Il offre aussi différents types de véhicules, rues à plusieurs voies avec changement de voie, signalisations différentes à droite de la voie, feux de circulation. Avec une interface utilisateur graphique rapide OpenGL, Il gère des réseaux avec plus de 10.000 bords (rues) avec une vitesse d'exécution rapide (jusqu'à 100.000 véhicules mises à jour/s sur une machine à 1GHz). L'interopérabilité avec d'autres applications lors de l'exécution nous a permis de l'inter-connecter avec OMNeT++ via une connexion TCP avec une seule ligne dans l'invité de commande (Mingwenv) :

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

### 3.2.3 VEINS Framework

VEINS [16] est un Framework open source qui permet d'exécuter des simulations des réseaux ad-hoc véhiculaires VANET. Il est basé sur deux simulateurs qui sont OMNeT++ et SUMO . Sont architecture est illustrée dans la Figure 3.3.

Les deux simulateurs sont combinés pour offrir une plateforme complète de modèles pour la simulation des VANET. La simulation du trafic routier est effectuée par SUMO, qui est désigné pour le domaine de l'ingénierie de trafic. La simulation des communications réseaux est effectuée par OMNeT ++ avec la modélisation de la couche physique grâce au modelés MIXIM [16], ce qui permet d'employer des modèles précis pour les interférences radio, ainsi que l'observation par des obstacles fixes et mobiles.

Les deux simulateurs sont interconnectés et des simulations sont effectuées. De cette façon, l'influence des réseaux de véhicules sur la circulation routière peut être modélisée et des interactions complexes entre les deux simulateurs sont possibles grâce à une connexion via un socket TCP. La figure suivante montre la relation entre les différentes parties de l'environnement de travail :

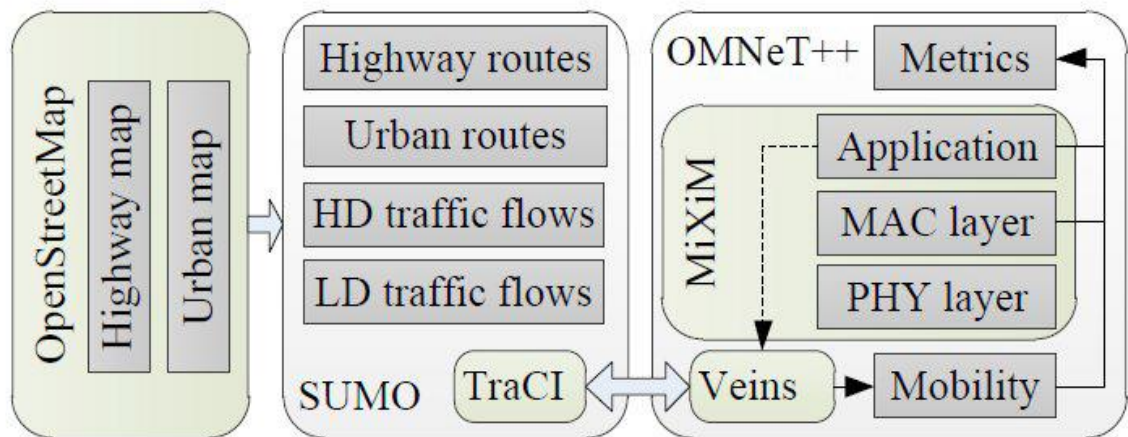


Figure 3.3 : Architecture de l'environnement de travail [17]

### 3.4. Etapes de la simulation

SUMO offre la possibilité d'importer des topologies de réseau réelles pour la simulation, ce qui constitue un avantage important, car c'est une possibilité très intéressante. L'utilisateur peut utiliser des scénarios réels et concrets afin d'étudier le comportement d'une communication inter-véhicule donnée.

Le simulateur SUMO peut importer des réseaux de plusieurs sources. Cependant, il utilisera OpenStreetMap.

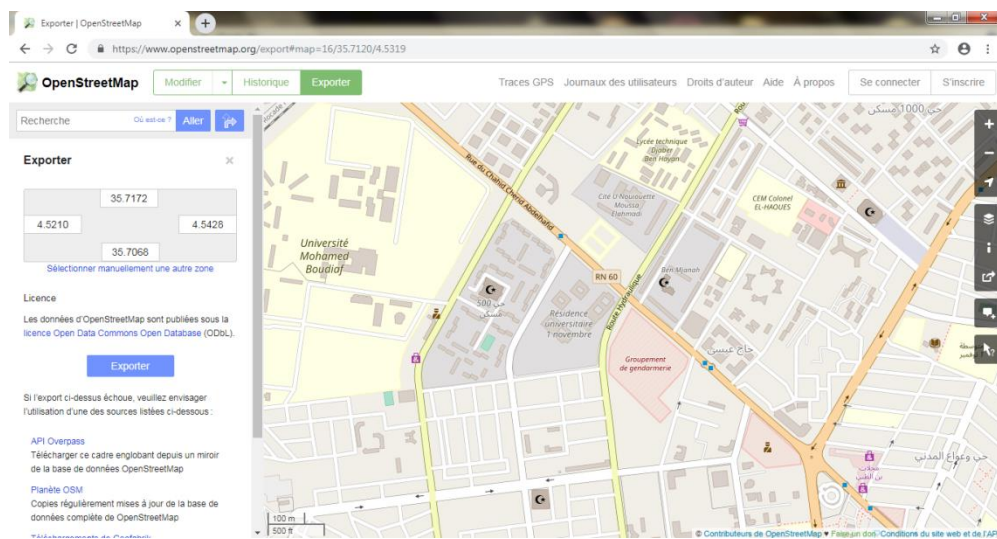
- **OpenStreetMap**

Le projet OpenStreetMap (OSM) ([www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org)) a collecté une quantité énorme de données spatiales gratuites et la base de données s'agrandit chaque jour. De nombreuses personnes souhaitent utiliser ces données pour leurs propres projets SIG, mais ont été gênées par l'utilisation d'un format de données non standard dans le projet OSM.

Le mappage des données OSM vers d'autres formats n'est pas une science exacte. Les règles OSM sur la manière de mapper certaines fonctionnalités ne sont souvent pas bien définies et il n'existe pas de contrôle de qualité obligatoire. Cette

ouverture permet beaucoup de flexibilité et explique en partie pourquoi OSM a pu collecter autant de données dans un laps de temps aussi court, mais rend l'utilisation des données plus difficile. Lors de l'utilisation ou de l'exportation des données, de nombreuses décisions doivent être prises sur la manière d'extraire les différentes caractéristiques en un élément utilisable pour la tâche à accomplir.

Ouvrez votre navigateur Web et rendez-vous sur le site Web: <https://www.openstreetmap.org> et recherchez la ville de votre choix, par exemple Msila, Algérie, comme il est montré dans la figure



**Figure 3.4 : Zone d'étude de la ville de Msila dans OpenStreetMap**

Ensuite, on clique sur le bouton Exporter qui se trouve en haut, une fenêtre apparaît nous demande si nous souhaitons ouvrir ou enregistrer la carte, nous devons cliquer sur enregistrer.

### 3.4.1 Préparation de la carte pour utilisation dans SUMO

Copiez le fichier map.osm que vous avez téléchargé dans la section précédente du répertoire sumo / bin, puis cette carte en format « \*.osm » est convertie vers un autre format connu par le simulateur SUMO grâce à la commande, comme illustré à la Figure.

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

```

C:\Administrateur: C:\Windows\System32\cmd.exe
info: added location of sumo executables to the search path
info: variables SUMO_HOME, SUMO_BINDIR are set

use the 'cd /d' command to change directory
example usage:
cd /d c:\foo\bar

C:\>cd c:\simulation\sumo-0.22.0\bin

c:\Simulation\sumo-0.22.0\bin>netconvert --osm-files map.osm -o msila.net.xml
Warning: Discarding unusable type "highway.platform" (first occurrence for edge "
490712975#0").
Warning: Found angle of 121.71 degrees at edge -297635409#1, segment 1
Warning: Found angle of 100.99 degrees at edge -317455251#0, segment 8
Warning: Found angle of 123.79 degrees at edge -329878032#0, segment 5
Warning: Found angle of 121.71 degrees at edge 297635409#1, segment 4
Warning: Found angle of 100.99 degrees at edge 317455251#0, segment 3
Warning: Found sharp turn with radius 5.79 at the start of edge 317455742#1
Warning: Found sharp turn with radius 8.75 at the start of edge 329704287#1
Warning: Found sharp turn with radius 8.44 at the start of edge 329704290
Warning: Found angle of 123.79 degrees at edge 329878032#0, segment 18
Warning: Connection '317303549#0_0->317303549#1_0' is only 0.00 short.
Success.
    
```

Figure 3.5 : Génération de msila.net.xml

Maintenant, il est nécessaire de créer le fichier typemap.xml. Alors, on entre dans le répertoire sumo / bin et on crée un nouveau fichier et on le nomme typemap.xml.

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

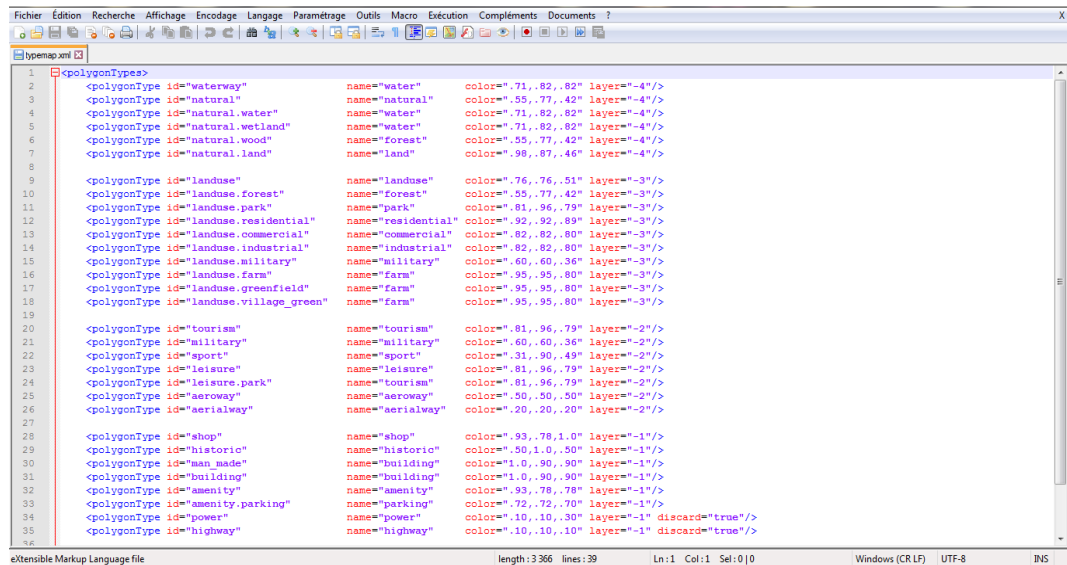
<https://github.com/bluemix/SUMO/blob/master/typemap.xml>

et on copie son contenu dans le fichier typemap.xml que nous avons créé avant et l’enregistrer, comme il est représenté sur les figures

```

1 <!-- polygonTypes -->
2 <!-- polygonType id="waterway" name="water" color="71,82,82" layer="-10"/>
3 <!-- polygonType id="natural.water" name="water" color="71,82,82" layer="-10"/>
4 <!-- polygonType id="natural.wetland" name="water" color="71,82,82" layer="-10"/>
5 <!-- polygonType id="sport" name="sport" color="31,90,49" layer="27"/>
6 <!-- polygonType id="landuse.forest" name="forest" color="0,55,77,42" layer="-11"/>
7 <!-- polygonType id="natural.wood" name="forest" color="0,55,77,42" layer="-11"/>
8 <!-- polygonType id="natural" name="natural" color="0,55,77,42" layer="27"/>
9 <!-- polygonType id="landuse.park" name="park" color="81,96,79" layer="-11"/>
10 <!-- polygonType id="leisure" name="leisure" color="81,96,79" layer="0"/>
11 <!-- polygonType id="leisure.park" name="tourism" color="81,96,79" layer="-10"/>
12 <!-- polygonType id="tourism" name="tourism" color="81,96,79" layer="27"/>
13 <!-- polygonType id="landuse" name="landuse" color="76,76,51" layer="-4"/>
14 <!-- polygonType id="landuse.residential" name="residential" color="92,92,89" layer="-11"/>
15 <!-- polygonType id="landuse.commercial" name="commercial" color="82,82,80" layer="-11"/>
16 <!-- polygonType id="shop" name="shop" color="93,78,10" layer="27"/>
17 <!-- polygonType id="landuse.industrial" name="industrial" color="82,82,80" layer="-11"/>
18 <!-- polygonType id="man.made" name="building" color="10,90,90" layer="27"/>
19 <!-- polygonType id="building" name="building" color="10,90,90" layer="27"/>
20 <!-- polygonType id="amenity" name="amenity" color="93,78,78" layer="27"/>
21 <!-- polygonType id="amenity.parking" name="parking" color="72,72,70" layer="27"/>
22 <!-- polygonType id="military" name="military" color="60,60,36" layer="-10"/>
23 <!-- polygonType id="landuse.military" name="military" color="60,60,36" layer="-10"/>
24 <!-- polygonType id="landuse.farm" name="farm" color="95,95,8" layer="-11"/>
25 <!-- polygonType id="landuse.greenfield" name="farm" color="95,95,8" layer="-11"/>
26 <!-- polygonType id="landuse.village.green" name="farm" color="95,95,8" layer="-11"/>
27 <!-- polygonType id="power" name="power" color="1,1,3" layer="57"/>
28 <!-- polygonType id="natural.land" name="land" color="98,87,46" layer="-9"/>
29 <!-- polygonType id="boundary.administrative" name="boundary.administrative" color="5,0,2" layer="-12" fill="false"/>
30 <!-- polygonType id="aeroway" name="aeroway" color="5,5,5" layer="17"/>
31 <!-- polygonType id="aerialway" name="aerialway" color="2,2,2" layer="17"/>
32 <!-- polygonType id="historic" name="historic" color="5,1,5" layer="27"/>
    
```

Figure 3.6 : Copie du contenu de fichier web



```

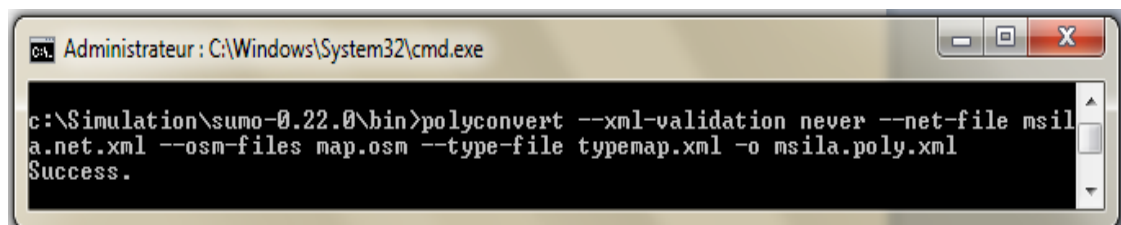
1 <!-->
2 <!-->
3 <!-->
4 <!-->
5 <!-->
6 <!-->
7 <!-->
8 <!-->
9 <!-->
10 <!-->
11 <!-->
12 <!-->
13 <!-->
14 <!-->
15 <!-->
16 <!-->
17 <!-->
18 <!-->
19 <!-->
20 <!-->
21 <!-->
22 <!-->
23 <!-->
24 <!-->
25 <!-->
26 <!-->
27 <!-->
28 <!-->
29 <!-->
30 <!-->
31 <!-->
32 <!-->
33 <!-->
34 <!-->
35 <!-->
36 <!-->

```

**Figure 3.7 : Enregistrement du fichier typemap.xml**

Ensuite, nous revenons à l'invite de commande et on exécute la commande suivante :

```
polyconvert --xml-validation never --net-file msila.net.xml --osm-files msila.osm --type-file typemap.xml -o msila.poly.xml
```



```

c:\Simulation\sumo-0.22.0\bin>polyconvert --xml-validation never --net-file msila.net.xml --osm-files map.osm --type-file typemap.xml -o msila.poly.xml
Success.

```

**Figure 3.8 : Génération de msila.poly.xml**

La carte est donc prête à être utilisée avec SUMO.

### Génération de routes dans SUMO

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

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

Dans ce cas, il utilisera des routes aléatoires. Il existe un script Python développé dans le but de produire des itinéraires aléatoires, son nom est randomTrips.py. Actuellement, c'est la méthode la plus recommandée pour obtenir cette fonctionnalité. Cependant, notez que les résultats ne sont pas toujours tout à fait réalistes. Alors, on ouvre l'invité de commande, et on tape la commande suivante, comme on peut le voir dans la figure 3.9

```
python C:/Simulation/sumo-0.22.0/tools/trip/randomTrips.py --net-file msila.net.xml --route-file Msila.rou.xml --begin 0 --end 100 --length
```

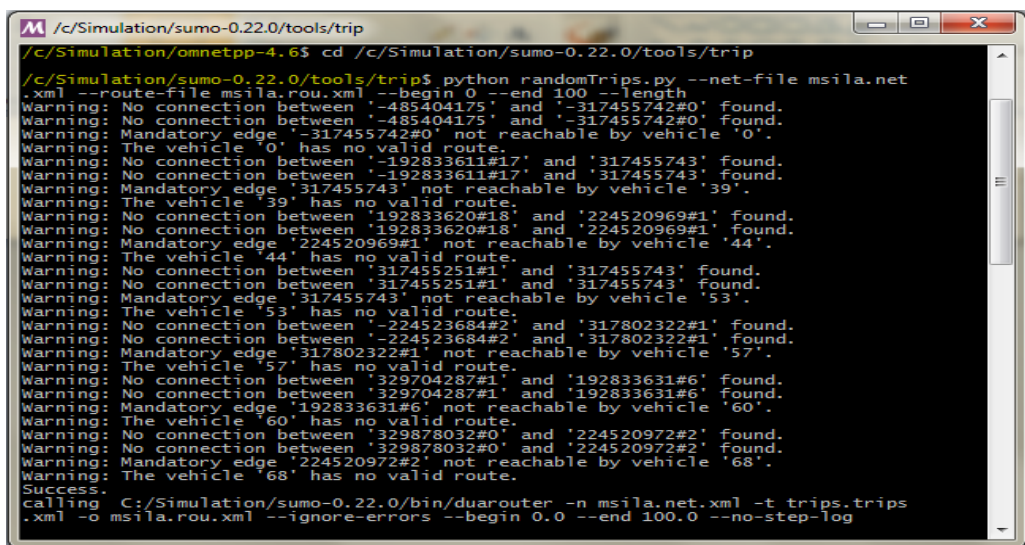


Figure 3.9 : Génération de msila.rou.xml

### 3.4.2 Préparation des fichiers avant la simulation

Maintenant, on copie les fichiers que vous avez générés du dossier sumo dans le dossier veins, Après cela, vous devez éditer les fichiers de configuration de VEINS. on entre dans le répertoire veins-veins-4a2 / exemples / veins. et on ouvre avec Notepad++ les fichiers erlangen.launchd.xml et erlangen.sumo.cfg et on écrit le nom des fichiers que nous avons copiée avant : msila.net.xml, msila.rou.xml, msila.poly.xml, tels quels. illustré aux figures ci-dessus :

```

1 <?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
2
3 <configuration xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.sf.net
4
5 <input>
6   <net-file value="msila.net.xml"/>
7   <route-files value="msila.rou.xml"/>
8   <additional-files value="msila.poly.xml"/>
9 </input>
10
11 <time>
12   <begin value="0"/>
13   <end value="1000"/>
14   <step-length value="0.1"/>
15 </time>
16
17 <gui_only>
18   <start value="true"/>
19 </gui_only>
20
21 <report>
22   <xml-validation value="never"/>
23 </report>
24
25 </configuration>
26

```

Figure 3.10 : Modification du fichier erlangen.sumo.cfg

```

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

```

Figure 3.11 : Modification du fichier erlangen.launchd.xml

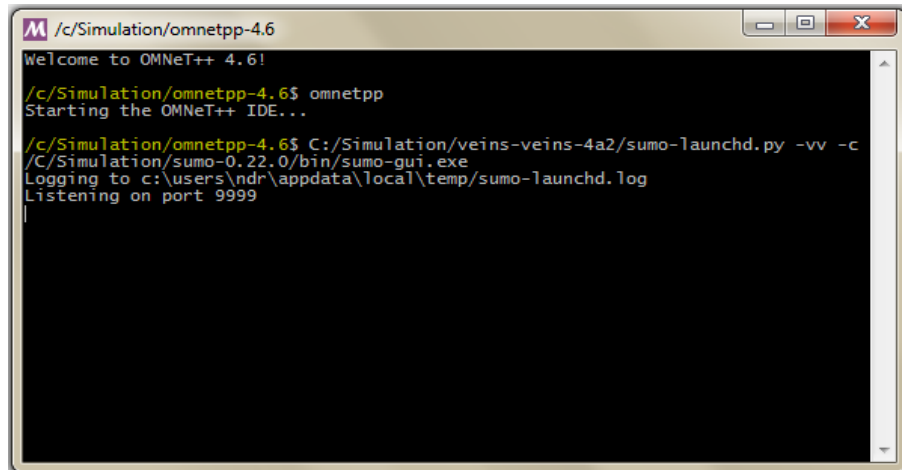
### 3.4.3 Lancement de la simulation

Avant de lancer la simulation, il est recommandé de nettoyer les variables locales de Veins. Ainsi, dans l'espace de travail OMNeT ++, avec le bouton droit de la souris sur cliquez sur : *clean local -> clean project -> build project*.

Pour pouvoir procéder à la simulation on doit exécuter SUMO et OMNeT++ à la fois, c'est pour ça que VEINS est livré avec un petit script python qui fait une connexions TCP proxy entre OMNET ++ et SUMO. Pour le faire, ce script commence une nouvelle copie de la simulation de SUMO pour la simulation de chaque OMNeT connexion. Ainsi, dans l'invité de commande on tape la commande suivante :

```
C:/Simulation/veins-veins-4a2/sumo-launchd.py -vv -c /C/Simulation/sumo-0.22.0/bin/sumo-gui.exe
```

Pour pouvoir le démarrer on entre d'abord dans le chemin de Veins sur OMNeT++,le script va écouter sur le port 9999, comme il est illustré à la figure ci-dessus :



```
M /c/Simulation/omnetpp-4.6
Welcome to OMNeT++ 4.6!
/c/Simulation/omnetpp-4.6$ omnetpp
Starting the OMNeT++ IDE...
/c/Simulation/omnetpp-4.6$ C:/Simulation/veins-veins-4a2/sumo-launchd.py -vv -c
/C/Simulation/sumo-0.22.0/bin/sumo-gui.exe
Logging to c:\users\ndr\appdata\local\temp\sumo-launchd.log
Listening on port 9999
```

**Figure 3.15 : Ouverture et écoute sur le port TCP 9999**

Cliquez ensuite avec le bouton droit sur *omnetpp.ini* et sélectionnez **Run As** , comme illustré à la Figure 3.16

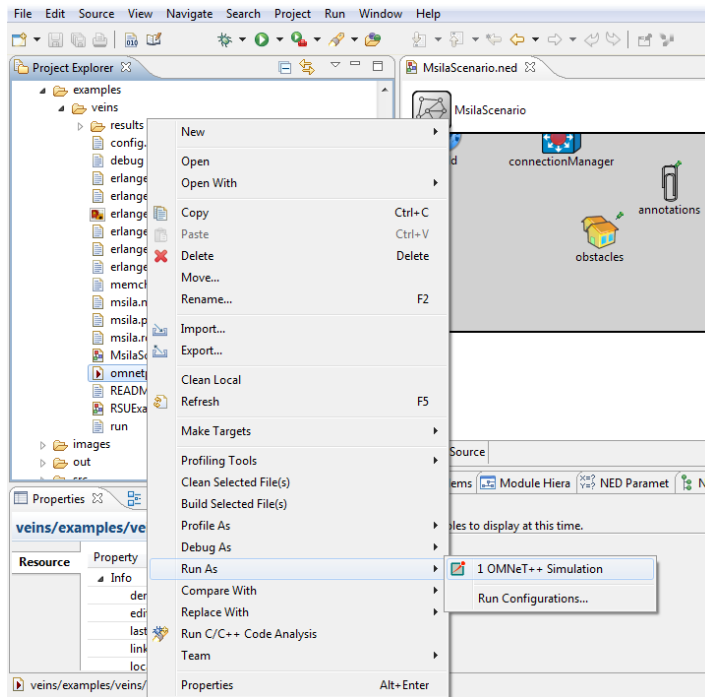


Figure 3.16 : Exécution omnetpp.ini

Ensuite, on sélectionne une méthode de diffusion des messages, dans ce cas « *Flooding* », puis on clique sur OK, comme illustré à la Figure 3.17

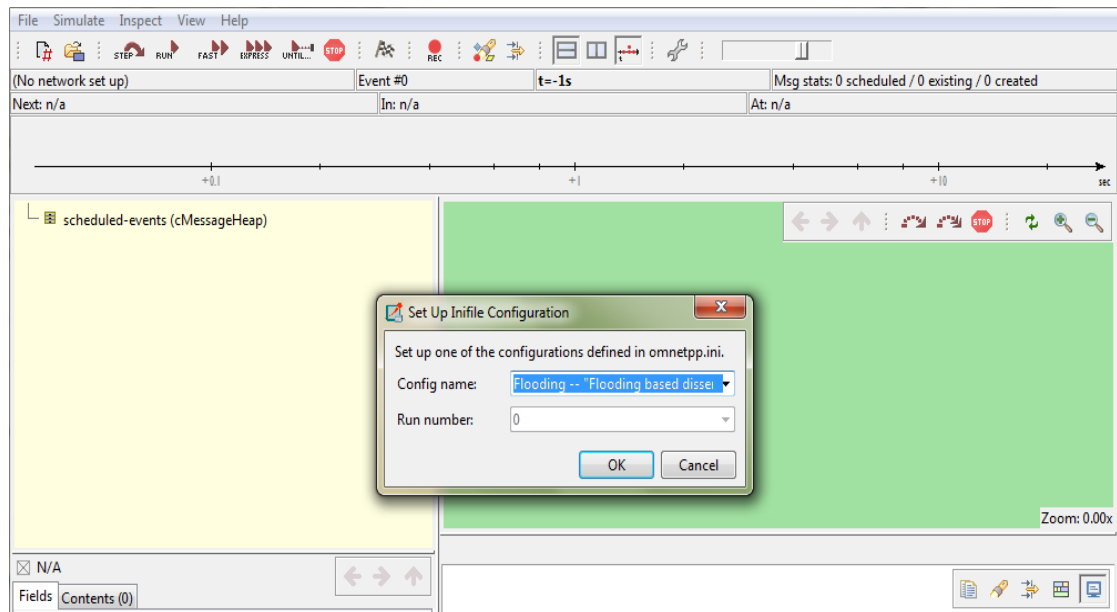


Figure 3.17 : Sélection d'une méthode de diffusion.

Ensuite, On clique sur **RUN** pour pouvoir démarrer notre exemple de simulation, comme illustré à la figure

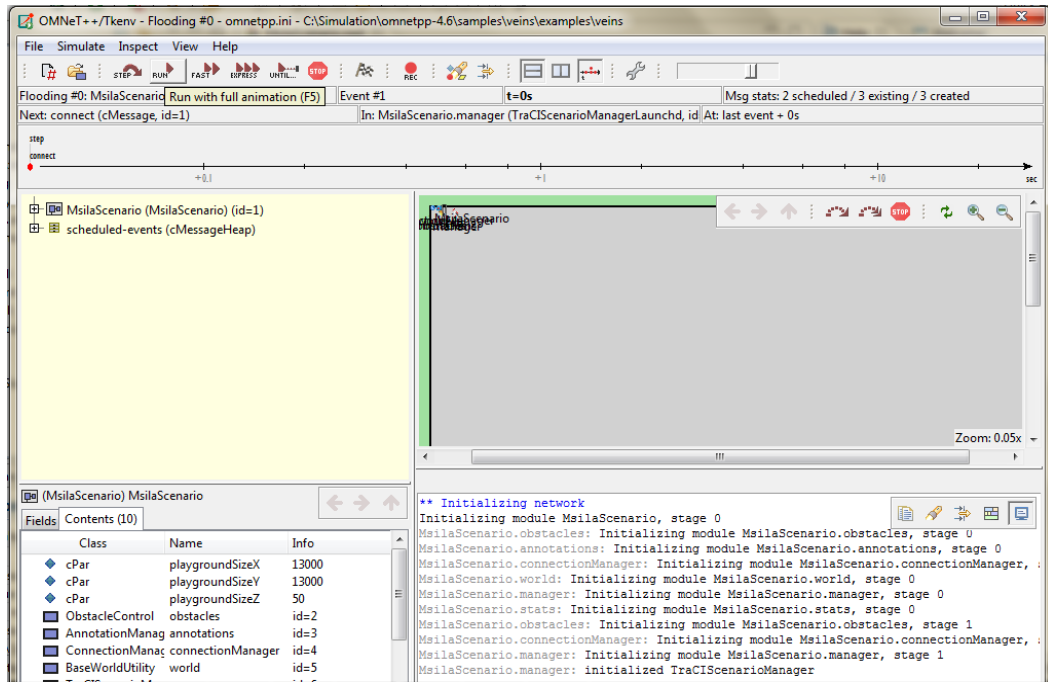


Figure 3.18 : Fenêtre de la simulation de OMNet++

Une autre fenêtre de SUMO sera lancée automatiquement comme illustré sur la figure 3.19



Figure 3.19 : Fenêtre de la simulation de SUMO

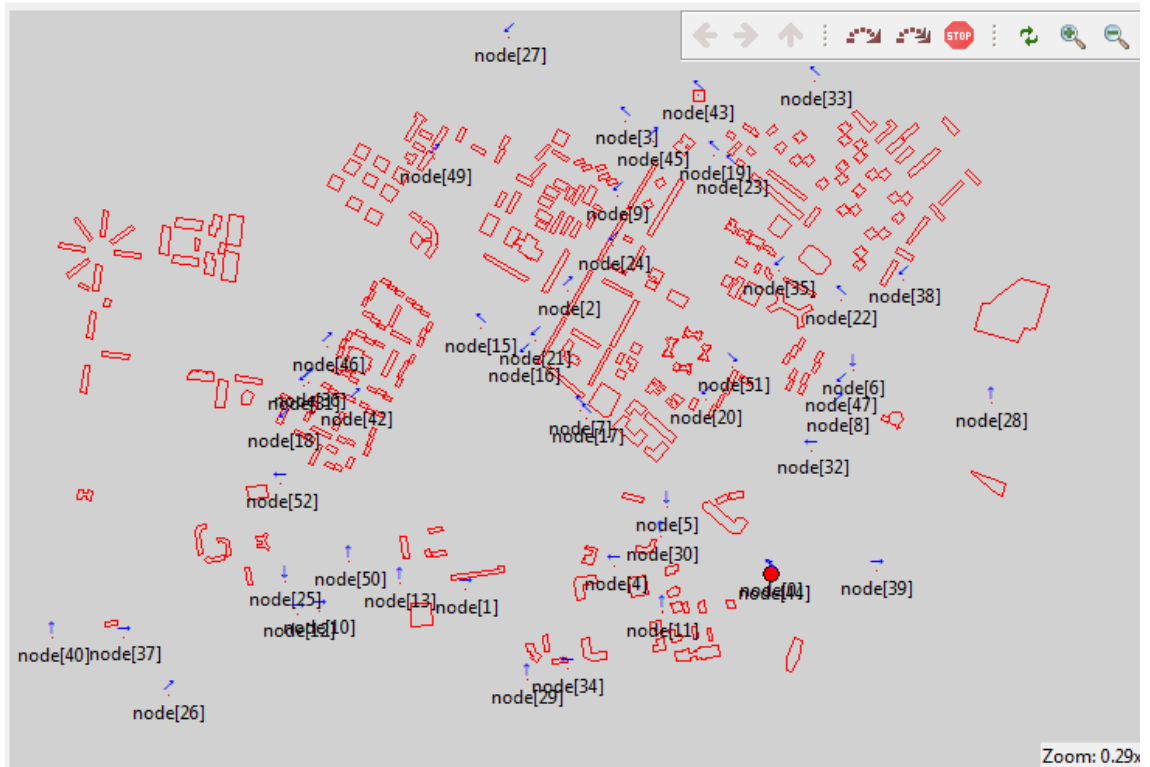


Figure 3.20 : Démarrage de la simulation

Enfin, vous pouvez voir les résultats dans le dossier de résultats et cliquer sur flooding.anf, comme illustré à la figure 3.21

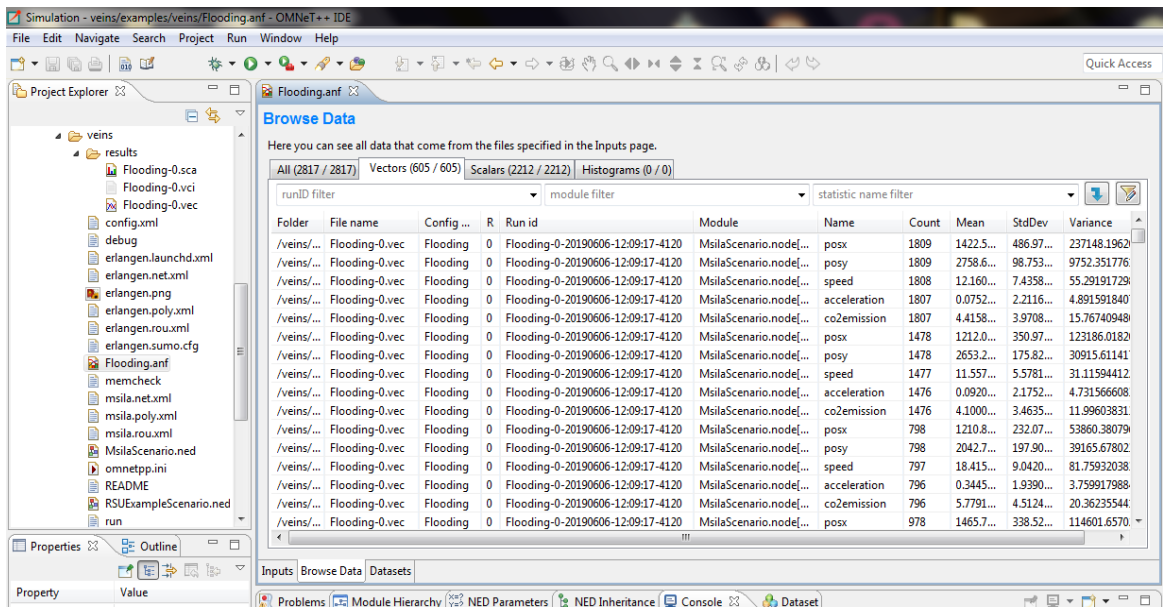


Figure 3.21 : Résultats de la simulation

### 3.5. Les métriques de performance

La performance d'un protocole de réseau ad hoc devrait être évaluée avec le modèle de mobilité qui est le plus proche du scénario réel prévu, ce qui peut faciliter le développement du protocole de réseau VANET. Dans notre étude, nous avons pris en compte les métriques suivantes :

- **Quantité de messages reçus :** Il s'agit de la quantité de messages d'avertissement reçus pendant la transmission.
- **Le pourcentage de nœuds atteints :** le pourcentage de nœuds atteints est le rapport entre le nombre de nœuds atteints et le nombre de nœuds total.

$$P = \text{le nombre de nœuds atteints} / \text{le nombre de nœuds total.}$$

### 3.6. Paramètres de simulation

Avant de commencer les tests, nous allons présenter les scénarios de mouvement que nous avons utilisés :

Simulateur	OMNET++ 4.6
Techniques	Inondation, Comptage, Probabiliste
Temps de simulation	6000s.
Nombre des noeuds	100, 200, 500
Période entre noeuds	1s, 0.5s, 0.2s
Terrain de simulation	X=5000m, Y=5000m, Z=100m
MAC	1609_4
Couche physique	802.11p
Type de Mobilité	TraCIDemo11P
Zone de Trafic	Urbain

**Table 1 : Scénarios de mouvement utilisés.**

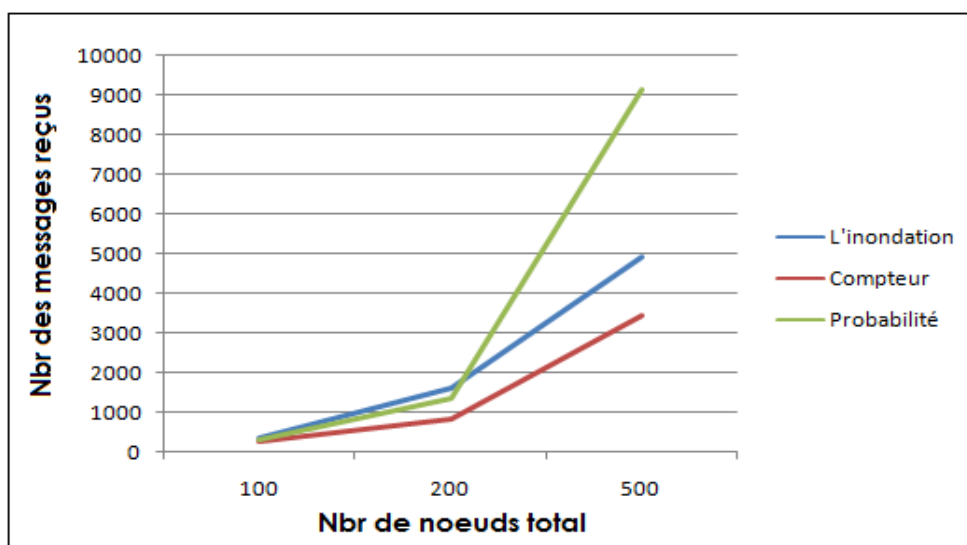
### 3.7. Résultats de la simulation et discussion

Le Tableau ci-dessus illustre les résultats de la simulation de chaque technique de diffusion dans les scénarios urbains et Les principaux métriques de performance que nous souhaitons analyser sont : le nombre des messages d’avertissement reçus, le pourcentage de nœuds atteints.

L’option	Le paramètre	Scénario 1 (100 Nœuds)	Scénario 2 (200 Nœuds)	Scénario 3 (500 Nœuds)
<b>L’inondation</b>	Nbr messages reçus	337	1601	4913
	pourcentage	51%	49.5%	76%
<b>Compteur</b>	Nbr messages reçus	291	868	3452
	pourcentage	54%	61.5%	84%
<b>Probabilité</b>	Nbr messages reçus	396	1345	9150
	pourcentage	48%	43%	56%

**Table 2 : les résultats de simulations.**

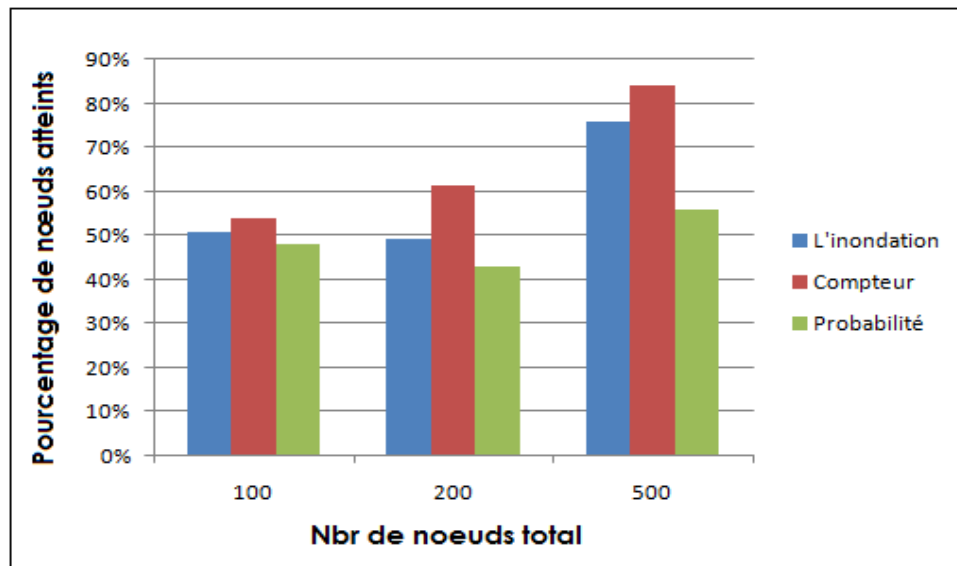
La figure ci-dessus illustre le nombre des messages d’avertissement reçus de chaque technique de diffusion dans le scénario urbain.



**Figure 3.22 : Résultat: Nombre des messages d’avertissement reçus.**

Avec un nombre de nœuds supérieur à 200, la meilleure technique est la probabilité avec un seuil de probabilité  $p = 0.2$  (20%), ainsi, la technique de l'inondation fonctionne mieux que la technique de compteur avec un seuil  $C = 5$ .

La figure 3.23 ci-dessus illustre le pourcentage de nœuds atteints de chaque technique de diffusion dans le scénario urbain.



**Figure 3.23 : Résultat: le pourcentage de nœuds atteints.**

Toutefois, la technique de l'inondation fonctionne mieux que la technique de probabilité avec un seuil de probabilité  $P = 0.2$  (20%). Ainsi, le pourcentage de nœuds atteints avec la technique de l'inondation est faible dans comparaison avec la technique du compteur. il y a une petite différence mais cela n'a pas beaucoup d'influence.

### 3.8. Conclusion

En conclusion, les résultats montrent que, si nombre de nœuds supérieur à 200, la technique de probabilité présente, en général, un nombre des messages d'avertissement reçus supérieur à celui de l'inondation et de compteur. La performance de ce dernier diminue lorsque le nombre de véhicules augmente (collusions, surcharge de la bande passante).

## Conclusion générale et Perspective

L'évolution des réseaux véhiculaires 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 ad hoc de véhicules forment un nouveau type de réseaux issu des réseaux ad hoc mobiles (MANET). Ils se composent d'un nombre de véhicules circulant sur des routes, capables de communiquer entre eux sans une infrastructure fixe.

Une technique de dissémination efficace pour les VANETs doit absolument prendre en considération les caractéristiques de ces dernières, comme la taille du réseau, la vitesse des véhicules, ainsi que les différents besoins des services offerts par les réseaux VANETs.

Notre projet d'étude est concentré sur l'évaluation des performances de trois techniques de base : (a) L'inondation, (b) Compteur et (c) Probabilité pour les réseaux véhiculaires en milieu urbain (Ville de Msila), en terme de nombre des messages d'avertissement reçus, le pourcentage de nœuds atteints.

À travers ce mémoire, nous avons été en mesure de comprendre les différentes étapes par lesquelles un projet de recherche doit progresser. Nous avons également acquis une expérience interne et un bon aperçu des méthodes de travail d'un chercheur, avec une connaissance approfondie dans ce domaine.

Il serait intéressant, comme perspectives, de créer un répertoire de tous les protocoles de diffusion qui existent dans le domaine des MANETs et VANETs. Implémenter des nouvelles techniques, pour en voir les avantages par rapport aux autres propositions disponibles dans la littérature.

## Bibliographie

- [1] 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.
- [2] S. Corson and J. Macker. Mobile ad hoc networking (manet) routing protocol performance issues and evaluation considerations. Request for Comments (RFC) 2501, IETF, January 1999, Maryland.
- [3] V. Jindal and P. Bedi. Modélisation et étude de performances dans les réseaux vanets. In International Journal of Computer Science Issues (IJCSI), volume 13, Numéro 2, page 44, 2012.
- [4] J. P. Hubaux, S. Capkun and Jun Luo, “The security and privacy of smart vehicles”, in IEEE Security & Privacy, vol. 2, no. 3, pp. 49-55, May-June 2004.
- [5] Zhuo Xuejun, Hao Jianguo, Liu Duo and Dai Y., Removal of misbehaving insiders in anonymous VANETs, Proceedings of the 12th ACM international conference on Modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems, ACM, pp. 106-115, 2009.
- [6] Saidi Abdessamad , Mamem Wafa "Amélioration des performances du protocole de routage EGYTAR dans les réseaux VANETs" , Thèse de Maste, Université Abou Bakr Belkaid–Tlemcen
- [7] Ayoub Benchabana , Ramla Bensaci "Analysis of Routing Protocols in VANETs" Thèse de Master, Université Kasdi Merbah-Ouargla ( 2014 )
- [8] A. Buchenscheit, F. Schaub, F. Kargl, and M. Weber. A vanet-based emergency vehicle warning system. In *Vehicular networking conference (VNC' 09)*, Tokyo, Japan, October 2009.
- [9] Nadia Haddadou. Réseaux ad hoc véhiculaires : vers une dissémination de données efficace, coopérative et fiable. Informatique [cs]. Université Paris-Est, 2014. Français. <NNT : 2014PEST1023>. <tel-01124319>
- [10] S.Panichpapiboon, and W. Pattara-atikom, “ A Review of Information Dissemination Protocols for Vehicular Ad Hoc Networks ”, IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 14, NO. 3, THIRD QUARTER 2012
- [11] T. Osafune, L. Lin, and M. Lenardi, “Multi-hop vehicular broadcast (MHVB),” in *Proc. IEEE Int’l Conf. on ITS Telecomm. (ITST)*, Chengdu, China, Jun. 2006, pp. 757–760.
- [12] O. Mahma1, A. Korichi “ SIMULATION & VANET: TOWARDS A NEW RELIABLE AND OPTIMAL DATA DISSEMINATION MODEL”, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 2016.
- [13] D. Herrera “Simulation of basic multi-hop broadcast techniques in Vehicular Ad-hoc Networks using VEINS simulator” Université Polytechnique de Catalunya . Barcelona, 2016
- [17] MJ.Thinus Booyesen, MJ.booyesen at sun dot ac dot za, “Simulating VANET and ITS (using OMNeT++ and SUMO)”, University STELLENBOSCH, In Seminar at UniRC – Jul 2012
- Période de consultation des sites est entre (Mars 2019 à juin 2019) :
- [14] <https://omnetpp.org/>
- [15] SUMO. Généralités.<http://sourceforge.net/apps/mediawiki/sumo/>
- [16] [veins.car2x.org](http://veins.car2x.org)

## Abstract

VANET (Vehicular Ad hoc Network) is a new technology that uses vehicles as nodes in order to create a mobile network. Those vehicles are equipped with wireless interfaces which allow them to communicate with each other. Our work in this dissertation was to generally study the message emitting techniques meant for VANET networks. Then, to have a detailed study about these techniques and analyze (via simulations) their performance (in particular the number of warning messages received and the percentage of nodes reached)

**Keywords :** VANET, Dissemination techniques, Simulation, performances.

## Résumé

VANET (Vehicular Ad hoc **NET**work) est une nouvelle technologie qui utilise les véhicules comme des noeuds pour créer un réseau mobile. Ces véhicules sont équipés d'interfaces sans fil leur permettant de communiquer entre eux. Notre but dans ce mémoire était d'étudier de manière globale les techniques de dissémination des messages proposés aux réseaux VANETs, ensuite d'étudier en détail de ces techniques et d'analyser (via des simulations) ses performances (en particulier le nombre des messages d'avertissement reçus, le pourcentage de nœuds atteints).

**Mot clés :** VANET, Techniques de dissémination, Simulation, performances.

## ملخص

شبكة المركبات اللاسلكية هي تقنية جديدة تستخدم المركبات كعقد لإنشاء شبكة متحركة. هذه المركبات مجهزة بواجهات لاسلكية للتواصل مع بعضها البعض. كان هدفنا في هذه المذكرة هو دراسة أساليب النشر بطريقة شاملة، ثم دراسة هذه التقنيات بالتفصيل وتحليل أدائها (عن طريق المحاكاة)، ولا سيما عدد رسائل التحذير المستلمة، ونسبة المركبات التي تمكنا من الوصول إليها.

**الكلمات المفتاحية :** شبكات المركبات اللاسلكية، تقنيات النشر، محاكاة، تحليل الأداء