



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE IBN KHALDOUN - TIARET**

# MEMOIRE

Présenté à :

FACULTÉ MATHÉMATIQUES ET INFORMATIQUE  
DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE

Pour l'obtention du diplôme de :

**MASTER**

Spécialité : Réseau et télécommunication

Par :

**EL MAATI Nadhir**

Sur le thème

---

## **Simulation d'un réseau Ad Hoc véhiculaire(VANET) Application à la circulation routière**

---

Soutenu publiquement le 02 / 11 / 2021 à Tiaret devant le jury composé de :

KHARROUBI Sahraoui	Grade	M.C.B	Univ Ibn Khaldoun	Président
HATTAB Nouredine	Grade	M.A.A	Univ Ibn Khaldoun	Examineur
NASSANE Samir	Grade	M.A.A	Univ Ibn Khaldoun	Encadreur

2020-2021

---

# Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Allah le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, je tiens à remercier mon encadreur : pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



# Dédicace

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance :

A mes parents :

Ma mère, qui a œuvré à ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A mes sœurs et frères.

A toute la famille « ELMAATI ».

A mes amis spécialement : Guerroudj Med Amine, Benazzeddine aek, Bensaada Haitham, Benmesrouf Islam, Benhamouda Mohamed, Korichi Badreddine, Zahouani Bahae, Zoukel Rami, Dekki Mohamed Amine, Ait Hammou Hamza, Benchohra Anoir ,Abed Asma

A Mon encadreur Mr NASSANE SAMIR pour son aide et sa précieuse attention.

EL MAATI NADHIR

---

## Résumé

Le réseau VANET est une nouvelle technologie sur laquelle repose les systèmes de transport intelligents de l'avenir. Son but est de développer l'environnement véhiculaire et de le rendre plus confortable. En outre, il fournit plus de sûreté pour les véhicules et les conducteurs sur la route. Afin d'augmenter la sécurité et le confort du réseau routier, de nouvelles technologies de l'information et de la communication sont mises en œuvre dans l'industrie automobile. Les véhicules peuvent se connecter les uns aux autres dans les réseaux VANET à l'aide de technologies sans fil qui prennent en charge une mobilité élevée des nœuds, telles que la norme 802.11p.

Ce travail consiste une généralité sur les réseaux ad hoc, puis détaillé les principaux points des réseaux VANET. Enfin une simulation d'un scénario d'accident enrichir avec des captures des simulateurs.

## Abstract

The VANET network is a new technology on which the intelligent transport systems of the future are based. Its goal is to develop the vehicle environment and make it more comfortable. In addition, it provides more safety for vehicles and drivers on the road. In order to increase the safety and comfort of the road network, new information and communication technologies are being implemented in the automotive industry.

Vehicles can connect to each other in VANET networks using wireless technologies that support high node mobility, such as the standard 802.11p.

This work consists of a generality on ad hoc networks, then details the main points of VANET networks. Finally, a simulation of an accident scenario enriched with captures from the simulators.

## ملخص :

شبكة VANET هي تقنية جديدة تعتمد عليها أنظمة النقل الذكية في المستقبل. هدفها هو تطوير بيئة السيارة وجعلها أكثر راحة. بالإضافة إلى ذلك ، يوفر مزيداً من الأمان للمركبات والسائقين على الطريق. من أجل زيادة السلامة والراحة في شبكة الطرق ، يتم تنفيذ تقنيات المعلومات والاتصالات الجديدة في صناعة السيارات.

يمكن للمركبات الاتصال ببعضها البعض في شبكات VANET باستخدام التقنيات اللاسلكية التي تدعم التنقل العالي للعقدة ، مثل معيار

p.802.11

ينكون هذا العمل من التعميم على الشبكات المخصصة ، ثم تفاصيل النقاط الرئيسية لشبكات VANET. أخيراً ، محاكاة لسيناريو حادث مخصب بلقطات مأخوذة من أجهزة المحكاة .

**Mots clés :** VANET, système de transport intelligent, environnement véhiculaire, réseau routier, technologies sans fil, la norme 802.11p, les réseaux ad hoc.

---

# Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Sommaire	
Introduction générale	

## Chapitre 1 : Introduction aux réseaux Ad Hoc

1 Introduction.....	2
2 Réseau sans fil.....	2
2.1 Les catégories des réseaux sans fil.....	2
2.1.1 Réseaux avec infrastructure.....	3
2.1.2 Réseaux sans infrastructure.....	4
3 Réseau Ad Hoc.....	4
3.1 Les caractéristiques des réseaux ad hoc.....	5
• Une topologie dynamique.....	5
• Une bande passante limitée.....	6
• Des contraintes d'énergie.....	6
• Une sécurité limitée.....	6
• L'absence d'infrastructure.....	7
3.2 Mode de communication dans les réseaux ad hoc.....	7
• La communication point à point ou unicast.....	7
• La communication multipoints ou multicast.....	7
• La diffusion générale ou broadcast.....	7
3.3 Types des réseaux ad hoc.....	7
• Les réseaux personnels.....	7
• Les réseaux de capteurs.....	8
• Les réseaux véhiculaires.....	8
3.4 Les applications des réseaux mobiles ad hoc.....	9
• Les opérations de recherche et de secours.....	9
• L'informatique embarqué.....	9
• Les entreprises.....	9
• Les gares et aéroports.....	9
4 Avantages et inconvénients.....	10
5 Conclusion.....	11

---

---

## Chapitre 2 : Réseaux véhiculaires Ad Hoc

1	Introduction.....	12
2	Définition d'un réseau véhiculaire Ad Hoc.....	12
3	Nœud d'un réseau VANET.....	13
4	Composants d'un réseau VANET.....	14
	• TA (Trust Authority) (Autorité de confiance).....	14
	• RSU (Road Side Unit).....	14
	• OBU (On-Board Unit).....	14
5	Caractéristiques des réseaux VANET.....	14
	• Capacité d'énergie.....	14
	• Forte mobilité du réseau.....	15
	• Connectivité et partitionnement de réseau.....	15
	• L'environnement de déplacement et modèle de mobilité.....	15
	• Diffusion d'informations particulières.....	15
6	Mode de transmission dans les réseaux VANET.....	15
	• Le mode Unicast (Point-à-Point).....	16
	• Le mode Broadcast (Diffusion).....	16
	• Le mode Multicast (Multipoint).....	16
	• Le mode Géocast.....	16
7	Les applications des réseaux VANET.....	16
	• Application de gestion de trafic routier.....	16
	• Application de confort.....	17
	• Application de sécurité de trafic routier.....	17
8	Technologies de communications et de diffusions pour les VANET.....	17
	• WiFi ( Wireless Fidelity).....	18
	• Bluetooth.....	18
	• 3G et 4G LTE.....	18
	• WiMax.....	18
	• Satellites.....	19
9	Architectures des réseaux VANET.....	19
	• Communication de véhicule à véhicule.....	19
	• Communication de véhicule à infrastructure.....	20
	• Communication Hybride.....	20
10	Types de messages.....	21
	• Message de contrôle.....	21

---

	• Message d’alerte.....	21
	• Autres messages.....	22
11	Protocoles de routage pour VANET.....	22
12	Conclusion.....	23

### **Chapitre3 : Simulation et résultats**

1	Introduction.....	24
2	Outils d’implémentation et de simulation.....	24
	2.1 Environnement matériel.....	24
	2.2 Environnement logiciel.....	24
	2.2.1 Simulateurs utilisés.....	24
	2.2.1.1 SUMO (Simulator of urban mobility.....)	25
	2.2.1.2 OMNET++.....	25
	2.2.2 Bibliothèques exploitées.....	26
	2.2.2.1 INET framework.....	26
	2.2.2.2 VEINS (Vehicles in Network Simulators).....	26
3	Scénario de simulation.....	27
4	Explication du scénario d’accident.....	28
5	Conclusion.....	32
	Conclusion générale et perspectives.....	33
	Bibliographie et Webographie.....	34



## Liste des figures

<b>Figure 1</b> :Classification des réseaux sans fil.....	3
<b>Figure 2</b> : Réseau mobile avec infrastructure.....	3
<b>Figure 3</b> :Un réseau Ad Hoc.....	4
<b>Figure 4</b> : Changement de topologie d'un réseau Ad Hoc.....	5
<b>Figure 5</b> : Changement de la topologie d'un réseau Ad Hoc.....	6
<b>Figure 6</b> :Mode de communication dans les réseaux Ad Hoc.....	7
<b>Figure 7</b> :Réseaux Véhiculaires.....	8
<b>Figure 8</b> :Les opérations de recherche et de secours.....	9
<b>Figure 9</b> :Les gares et Aéroports.....	10
<b>Figure 10</b> :Exemple de réseau vésiculaire.....	13
<b>Figure 11</b> :Nœud représentants les réseaux VANET.....	13
<b>Figure 12</b> :Communication de véhicule à véhicule (V2V).....	19
<b>Figure 13</b> :Communication de véhicule à infrastructure.....	20
<b>Figure 14</b> : Communication hybride.....	20
<b>Figure 15</b> : Génération d'un message d'alerte.....	22
<b>Figure 16</b> :Classification des protocoles de routage VANET.....	23
<b>Figure 17</b> :Architecture d'intégration entre les simulateurs.....	27
<b>Figure 18</b> : Zone de simulation.....	27
<b>Figure 19</b> :Exécution de la simulation.....	28
<b>Figure 20</b> :Arrangement des véhicules.....	29
<b>Figure 21</b> :L'arrivé du véhicule (V0) au point d'accident.....	29
<b>Figure 22</b> :L'envoi du message d'alerte d'accident.....	30
<b>Figure 23</b> :changement de la direction par V1 et V2.....	30
<b>Figure 24</b> :l'arrivée de V1 et V2 au point D.....	31
<b>Figure 25</b> :Disparition de l'obstacle.....	31

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : Caractéristiques de PC .....	24
<b>Tableau 02</b> : Paramètre de la simulation .....	28

---



## LISTE DES ABRÉVIATIONS :

### #

2G	2ème Generation
3G	3ème Generation
4G LTE	4ème Generation Long Term Evolution

### A

AP	Access Point
----	--------------

### B

Beacon	Bluetooth low energy
BSS	Basic Service Set

### D

DS	Distribution System
DSRC	Dedicated Short Range Communication
DVBSH	DVB-Satellite Services to Handhelds

### G

GPS	Global Positioning System
GMR	Geo Mobile Radio Interface

### I

IBSS	Independent Basic Service Set
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers

### M

MANET	Mobile Ad-Hoc Network
-------	-----------------------

### O

OBU	On Board Unit
-----	---------------

### R

RSU	Road Side Unite
-----	-----------------

### T

TA	Trust Authority
----	-----------------

### V

V2I	Vehicle to Infrastructure
V2V	Vehicle to Vehicle
VANET	Vehicular Ad-Hoc Network

### W

Wave	Wireless Ability in Vehicular Environments
WiFi	Wireless Fidelity
WiMax	Worldwide Ineteroperability for Microwave Access

# **Introduction générale**



---

## Introduction Générale

Ces dernières années, le monde a connu une révolution remarquable des moyens de transport public, et plus particulièrement les voitures. Par conséquent, l'Algérie, à l'instar des autres pays, s'est rapidement constaté une augmentation flagrante dans le taux d'achat des véhicules, comme principal moyen de déplacement. En effet, le parc automobile nationale était de 6.418.212 véhicules à la fin de l'année 2018, contre 6.162.542 véhicules à la fin de 2017, soit une hausse de 255.670 unités (3,98%) [1]. Cette croissance incontrôlable a engendrer malheureusement un véritable problème de circulation routière. De plus, ces derniers temps, les accidents de la route ont connu aussi une augmentation effrayante, ils font partie des dix principales causes de mortalité en Algérie [2]. Afin de réagir à cette situation urgente, l'amélioration de la circulation routière en terme de sécurité et de gestion du trafic automobile est devenue une première préoccupation des autorités.

Pour ce faire, Il faut adapter les villes et les routes à l'évolution technologique des voitures en imposant des solutions réseautiques tel que les réseaux véhiculaires ad-hoc.

Dans ce contexte, appliquer un réseau véhiculaire (Vanet) sur une zone routière, consiste précisément à organiser la circulation, et diminuer davantage les accidents en rendant les véhicules et les routes plus intelligents et plus interactifs par l'exploit des technologies sans fil, permettant aux véhicules de communiquer et réagir efficacement avec leur environnement.

Notre travail de fin d'étude, s'inscrit alors dans ce cadre de système de transport intelligent. Ainsi, nous avons simulé un simple réseau Vanet constitué de trois véhicules circulants d'un point de départ vers un point d'arrivée sur une zone urbaine comprenant quatre routes. Nous avons également provoqué un accident sur la dernière route menant vers la destination, afin de découvrir visuellement la réaction des véhicules en terme de communication et d'intelligence. Pour conclure, la technologie des réseaux Vanet fournit une meilleure solution aux autorités pour exploiter efficacement l'environnement routier et résoudre intelligemment les problème de circulation et de sécurité.

---

# **Chapitre 1**

## **Introduction aux réseaux Ad Hoc**

---

## 1 Introduction

Ces dernières années le développement de la technologie de transmission sans fil a offert de nouvelles perspectives dans le domaine des télécommunications. Les réseaux mobiles ad hoc constituent un nouveau type de réseaux basés sur cette technologie.

L'évolution récente de cette dernière et l'apparition des unités de calculs portables (les laptops par exemple), poussent aujourd'hui les chercheurs à faire des efforts afin de réaliser le but des réseaux : "l'accès à l'information n'importe où et n'importe quand".

Dans un tel contexte, il n'est pas surprenant de voir apparaître des solutions de communication sans fil de plus en plus performantes et évoluées. Un réseau ad hoc ne se base sur aucune infrastructure définie au préalable, ceci revient aux exigences de la nature des applications qui supportent le modèle Ad Hoc (fort dynamisme, surpassez le problème de structure, cout et délai d'installation, etc...).

Dans ce chapitre nous allons présenter les réseaux mobiles ad-hoc. Ainsi, nous allons évoquer leurs caractéristiques, domaines d'applications, leurs avantages et inconvénients.

## 2 Les réseaux sans fil (RSF) :

Un réseau sans fil (Wireless network) est un réseau informatique qui contient un ensemble d'appareils connectés entre eux et qui permet la transmission, et la réception des données sans l'aide d'une aucune connexion filaire.

La communication dans les réseaux sans fil est établit par des ondes radioélectriques (liaison radio ou liaison infrarouge) à la place des câbles habituels (coaxial, paire-torsadée ou fibre optique).

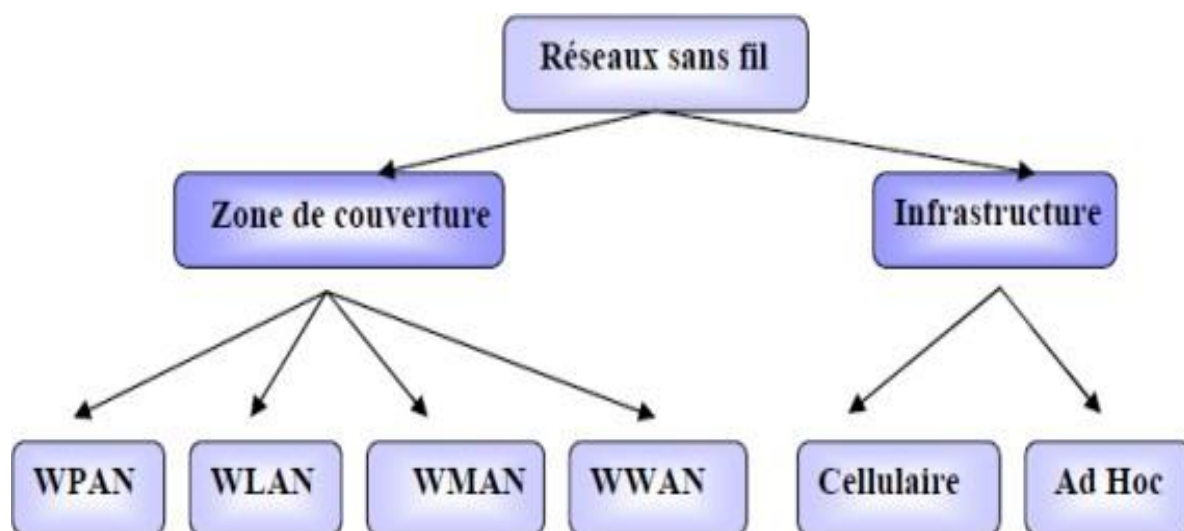
Grâce à cette connexion sans fil, les utilisateurs ont la possibilité de rester connecté tout en se déplaçant dans un périmètre géographique. [3]

### 2.1 Les catégories des réseaux sans fils :

Les réseaux sans fil peuvent avoir une classification selon deux critères :

Le premier est la zone de couverture du réseau. Au vu de ce critère il existe quatre catégories :les réseaux personnels, les réseaux locaux, le réseau métropolitain et les réseaux étendus.

Le second critère est l'infrastructure du réseau. Par rapport à ce critère, on peut diviser les réseaux sans fils en : Réseaux avec infrastructures et réseaux sans infrastructure [4].



**Figure 1:** Classification des réseaux sans fil. [4]

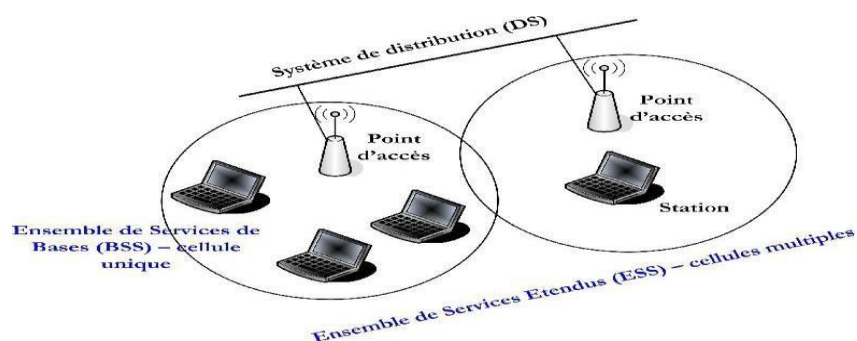
En effet, dans ce chapitre nous allons cibler cette dernière classification.

### 2.1.1 Réseaux avec infrastructure :

En mode infrastructure, un nœud mobile communique uniquement avec un nœud fixe, appelé point d'accès (AP Access Point) via une liaison sans fil.

L'ensemble formé par le point d'accès et les unités mobiles est appelé ensemble de services de base (en anglais *Basic Service Set*, noté BSS) et constitue une cellule.

La figure 2 illustre un exemple de réseau mobile avec infrastructure. Les points d'accès se relient entre eux par des liaisons appelées Système de Distribution (notée DS pour Distribution System) afin de constituer un ensemble de services étendus (*Extended Service Set* ou ESS). [5]



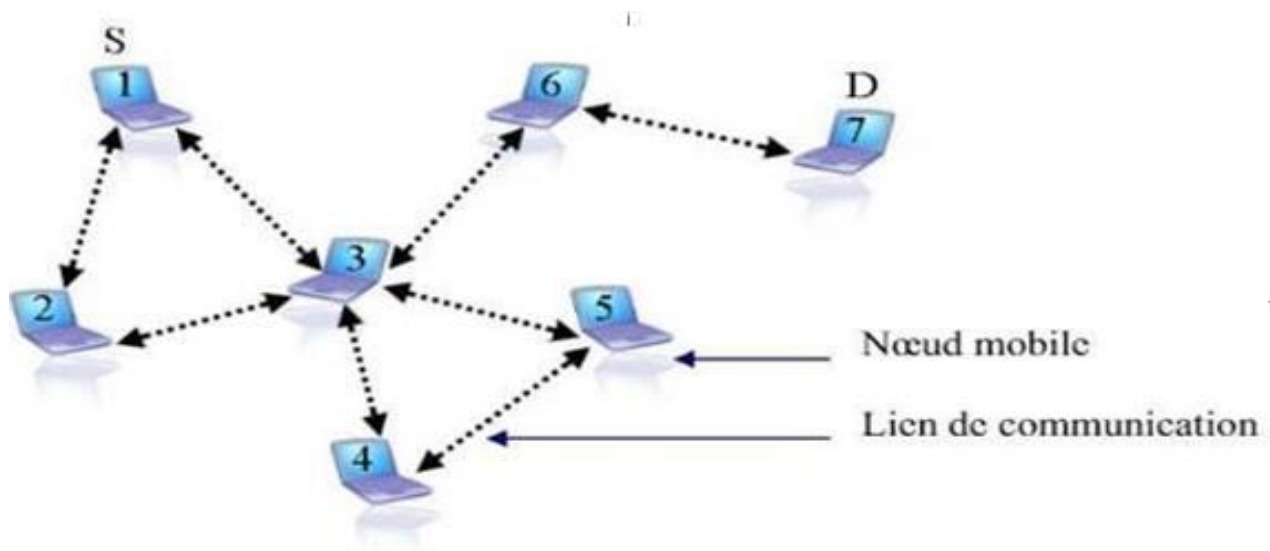
**Figure 2 :** Réseau mobile avec infrastructure [5]

## 2.1.2 Réseaux sans infrastructure :

Un réseau mobile sans infrastructure également appelé IBSS (Independent Basic Service Set) est un réseau indépendant capable de s'organiser sans aucune infrastructure. Toutes les stations du réseau se connectent entre elles afin de construire un réseau point à point (P2P pour Peer to Peer). Ainsi, chaque nœud peut être un client et en même temps un point d'accès, ce type de réseau s'appelle le réseau Ad-Hoc [6].

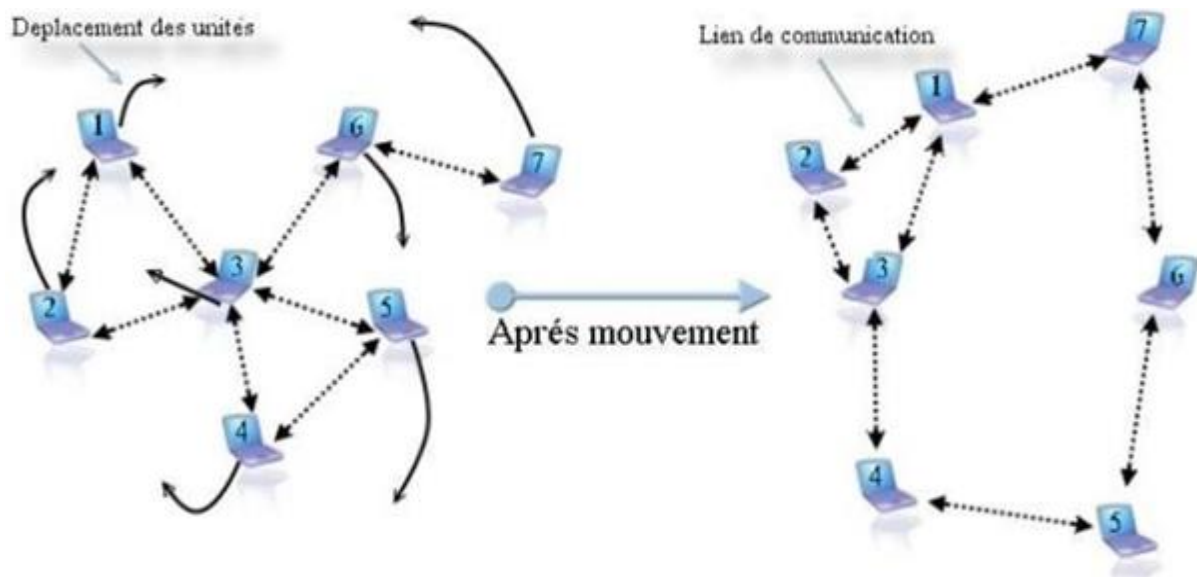
## 3 Réseaux Ad Hoc :

Un réseau mobile Ad hoc appelé généralement MANET (mobile Ad hoc Network) et constitué d'un ensemble d'unités mobiles communiquant via un medium radio qui ne requiert ni infrastructure fixe ni administration centralisée. [7]



**Figure 3 :** Un réseau « Ad hoc » [7]

La topologie du réseau peut changer à tout moment, elle est donc dynamique et imprévisible. Ce qui fait que la déconnexion des unités soit très fréquente.



**Figure 4 :** Changement de topologie d'un réseau « Ad hoc » [7]

Dans un réseau ad hoc, deux nœuds d'un réseau s'échangent des données sous forme de paquets à l'aide de nœuds appelés nœuds intermédiaire. Pour cela, le nœud initiateur de l'échange, appelé nœud source, transmet les paquets à la destination via ses voisins intermédiaires. Cette communication multi-saut est le point fondamental des réseaux mobiles ad-hoc.

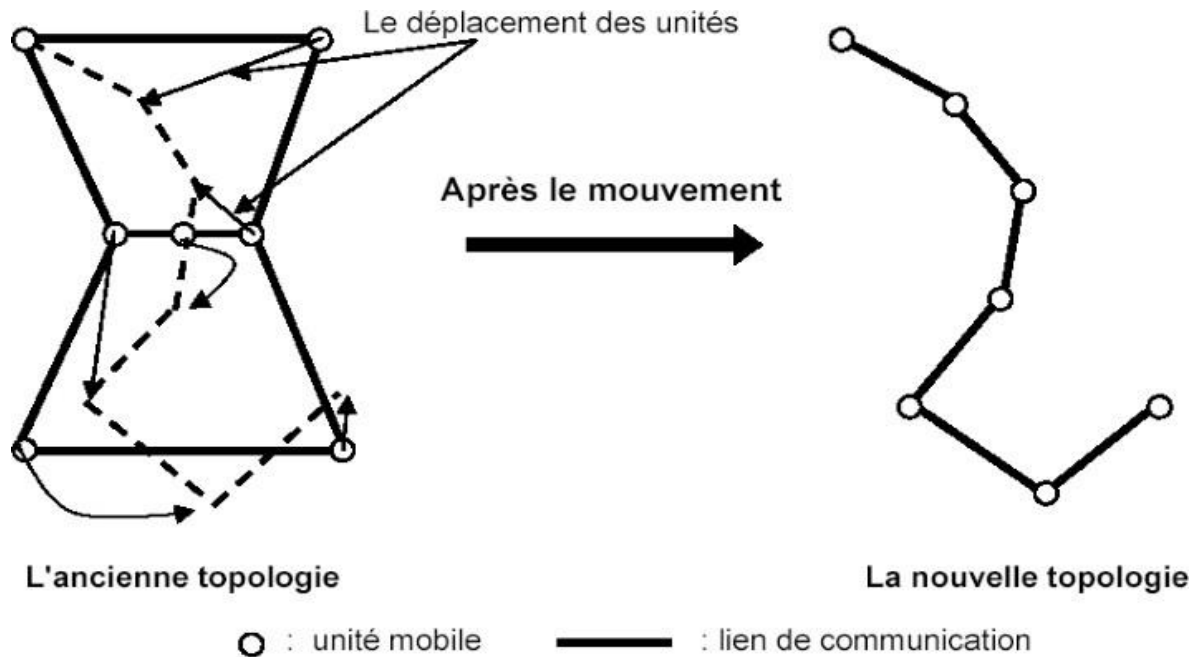
### 3.1 Les caractéristiques des réseaux mobiles Ad hoc [8][9]

Les réseaux mobiles ad-hoc présentent plusieurs caractéristiques dont les principales sont:

- **Une topologie dynamique**

Les unités mobiles du réseau, se déplacent d'une façon libre et arbitraire. Par conséquent la topologie du réseau peut changer, à des instants imprévisibles, d'une manière rapide et aléatoire.





**Figure 5:** Changement de la topologie d'un réseau ad hoc

- **Une bande passante limitée :**

Une des caractéristiques primordiales des réseaux basés sur la communication sans fil est l'utilisation d'un médium de communication partagée. Ce partage fait que la bande passante réservée à un hôte soit modeste.

- **Des contraintes d'énergie :**

Les hôtes mobiles sont alimentés par des sources d'énergie autonomes comme les batteries ou les autres sources consommables. Le paramètre d'énergie doit être pris en considération dans tout contrôle fait par le système.

- **Une sécurité limitée**

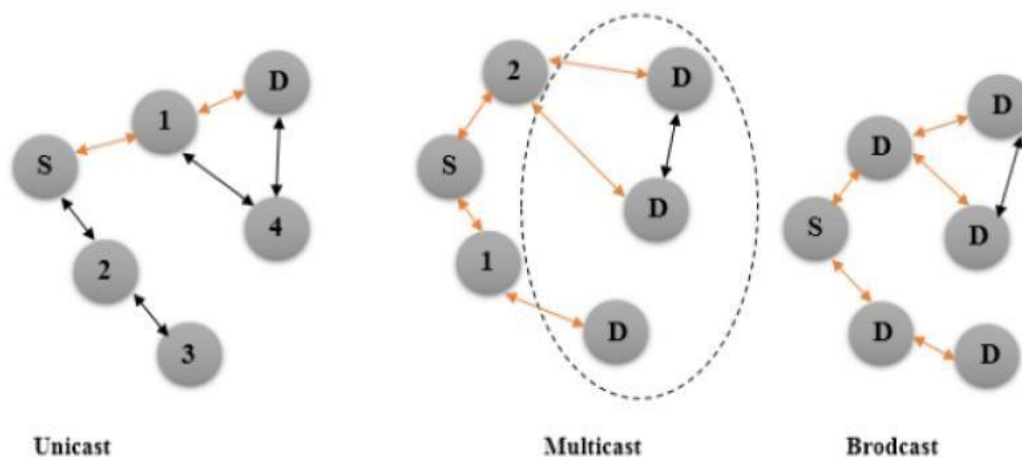
Les réseaux mobiles ad hoc sont plus touchés par le paramètre de sécurité, que les réseaux filaires classiques. Cela se justifie par les contraintes et limitations physiques qui font que le contrôle des données transférées doit être minimisé.

- **L'absence d'infrastructure**

Les réseaux ad hoc se distinguent des autres réseaux mobiles par la propriété d'absence d'infrastructures préexistante et de tout genre d'administration centralisée. Les hôtes mobiles sont responsables d'établir et de maintenir la connectivité du réseau d'une manière continue.

### 3.2 Modes de communications dans les réseaux Ad Hoc :[10]

- **La communication point à point ou unicast** : pour laquelle il y a une source et une seule destination.
- **La communication multipoints ou multicast** : qui permet d'envoyer un message à plusieurs destinations.
- **La diffusion générale ou broadcast** : envoie un message à tous les nœuds du réseau.



**Figure 6 :** Modes de communications dans les réseaux ad hoc

### 3.3 Types des réseaux ad hoc [11]:

- **Les réseaux personnels :**

PAN (Personal Area Network) désigne un réseau restreint d'équipement informatique habituellement utilisées dans le cadre d'une utilisation personnelle. Parmi les technologies

sans fil utilisées par les réseaux PAN, nous pouvons citer le Bluetooth, l'infrarouge(IR), ou la technologie 802.15.4.

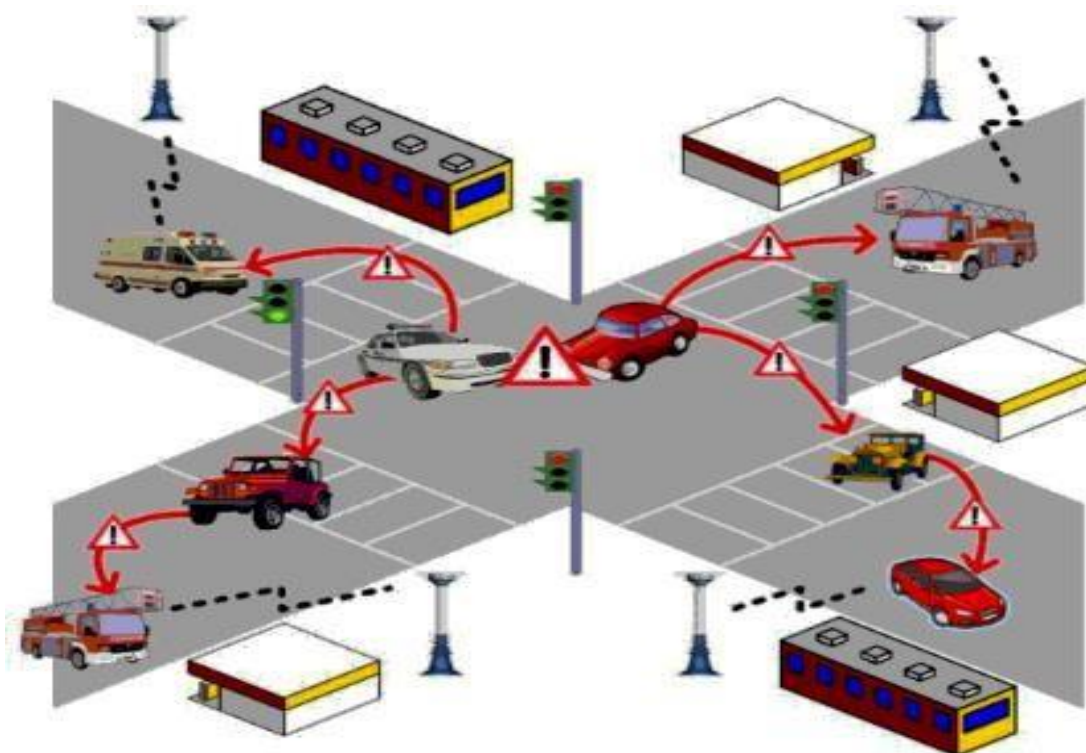
- **Les réseaux de capteurs**

Sont des réseaux composés de nœuds, intégrant une unité de mesure chargée de capter des grandeurs physiques (chaleur, humidité, vibration) et de les transformer en grandeurs numériques, une unité de traitement informatique, de stockage de données et un module de transmission sans fil.

- **Les réseaux véhiculaires**

Les voitures de nos jours embarquent de plus en plus de technologies, et ont de plus en plus, besoin de communiquer avec l'extérieur. Les voitures équipées par des capteurs , sur les toits et/ou les pare-chocs , sont capables de créer des plateformes des réseaux mobiles ad hoc et de relier en conséquence les automobiles les uns avec les autres.

Ainsi, Des prototypes ont déjà été développés pour les véhicules d'urgence (les ambulances, les voitures des pompiers...etc.).

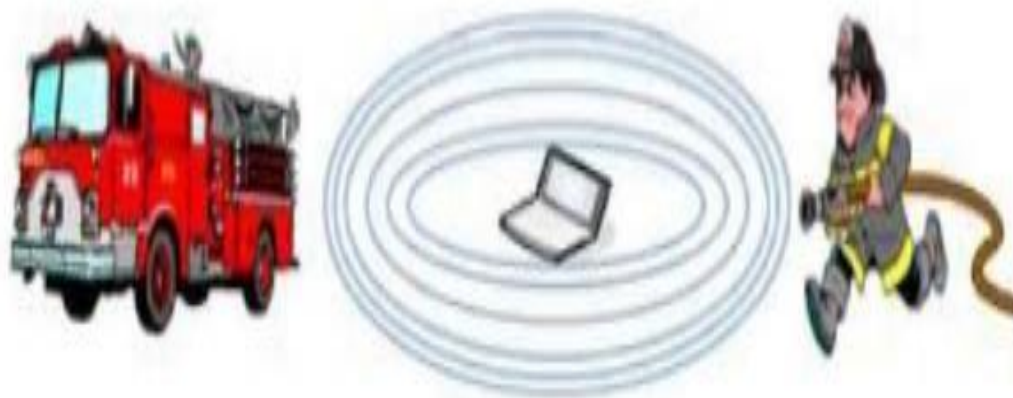


**Figure 7 : Réseaux véhiculaire**

## 3.4 Les applications des réseaux mobiles ad hoc [12]:

Les réseaux ad hoc sont rapides et faciles à déployer, ils sont particulièrement intéressants pour les applications militaires ou l'installation d'infrastructure fixe est souvent impossible, ils peuvent être aussi utilisées dans :

- **Les opérations de recherche et de secours :** En cas de tremblement de terre, de feux ou d'inondation, dans le but de remplacer rapidement l'infrastructure détruite.



**Figure 8 :** Les opérations de recherche et de secours

- **L'informatique embarquée :** Sur un réseau routier, les véhicules peuvent avoir besoin de communiquer entre eux ou avec l'environnement, afin de partager des informations dans le but de gérer et de réguler le trafic routier. Les réseaux ad hoc sont alors, la solution idéale.
- **Les entreprises :** Dans le cadre d'une réunion ou d'une conférence.
- **Les gares et aéroports :** Pour la communication et la collaboration entre les membres du personnel.



**Figure 9:** Les gares et aéroports

D'une façon générale, les réseaux ad hoc sont utilisés dans toute application où le déploiement d'un réseau fixe est trop contraignant, soit parce qu'il est difficile à mettre en place, soit parce que la durée d'installation du réseau ne le justifie pas.

#### 4 Avantages et inconvénients [13]

- Les réseaux ad hoc peuvent être déployés dans un environnement quelconque.
- Le coût d'exploitation du réseau est faible : aucune infrastructure n'à mettre en place initialement et surtout aucun entretien à prévoir.
- Le déploiement d'un réseau ad hoc est simple : ne nécessite aucun pré requis puis qu'il suffit de disposer d'un certain nombre de terminaux dans un espace pour créer un réseau ad hoc, et rapide puisqu'il est immédiatement fonctionnel dès que les terminaux sont présents.
- La souplesse d'utilisation : est un paramètre très important puisque les seuls éléments pouvant tombé en panne sont les terminaux eux-mêmes. Autrement dit, il n'y a pas de panne " pénalisante " de manière globale ( absence d'une station centrale qui doit être remplacée par une autre si elle tombe en panne).

- La connectivité limite les possibilités de communication. Ainsi, deux stations ne sont joignables que s'il existe un ensemble de stations pouvant assumer la fonction de routeur afin d'acheminer les paquets de données échangées entre les deux stations.
- Les liens entre les stations ne sont pas isolés les uns des autres et polluent le voisinage, par diffusion, lors de chaque émission ou réception de données. Par conséquent, tout paquet de diffusion émis vers une station en cours de communication va altérer la communication de cette station. la diffusion est un facteur qui alourdit aussi d'autres paramètres telle que la bande passante et la consommation de batterie.
- La sécurité dans les réseaux ad hoc est difficile à contrôler, parce que dans l'interface air l'écoute clandestine est très simple à réaliser.
- Enfin, la faible autonomie des batteries constitue un frein à une longue utilisation du terminal et à la mise en place de nouveaux services.

### 5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté brièvement les réseaux sans fil, et précisément les réseaux Ad Hoc. Ainsi, nous avons circonscrit ce dernier en mentionnant leurs caractéristiques, leurs modes de communication, leurs types, et leurs applications. De plus, nous avons évoqué leurs avantages et leurs inconvénients.

Dans le chapitre suivant, nous allons nous focaliser sur les réseaux véhiculaire ad hoc (VANETs).

---

## **Chapitre 2**

# **Réseau Véhiculaire Ad Hoc**

---

### 1 Introduction

Un réseau véhiculaire ad hoc (VANET) est un type particulier de réseaux mobiles ad hoc (MANETs), où les véhicules se représentent comme des nœuds mobiles. Dans un VANET, les véhicules se déplacent d'une manière organisée.

La communication avec les équipements de la route est basé sur un plan spécifique. De plus, la majorité des véhicules sont limités au niveau de leurs déplacements, par exemple ils doivent suivre une route bien définie. Les réseaux véhiculaires sans fil contiennent deux entités : les véhicules et les infrastructures. Ces infrastructures sont fixées et connectées généralement à l'Internet, elles pourraient participer dans la communication en tant que point d'accès pour les véhicules.

### 2 Définition d'un réseau véhiculaire Ad Hoc [14] :

Les réseaux sans fil véhiculaires aussi appelés VANET (Vehicular Ad-hoc Network) constituent une forme particulière des réseaux mobiles Ad-Hoc (MANET), où les nœuds mobiles sont des véhicules. Ils permettent d'établir des communications entre véhicules ou bien entre véhicules et infrastructure qui se situe aux bords de la route pour améliorer la sécurité routière ou assurer aux conducteurs l'accès à internet.

Pour la mise en place d'un tel réseau, certains équipements électroniques doivent être installés au sein de véhicules : (calculateurs, cartes réseaux, capteurs, un système de localisation GPS et bien sûr une plateforme de traitement). Plusieurs technologies peuvent être mises en œuvre pour l'établissement des communications véhiculaires, tel que : les réseaux sans-fil de type 802.11, WIMAX, Bluetooth...etc.



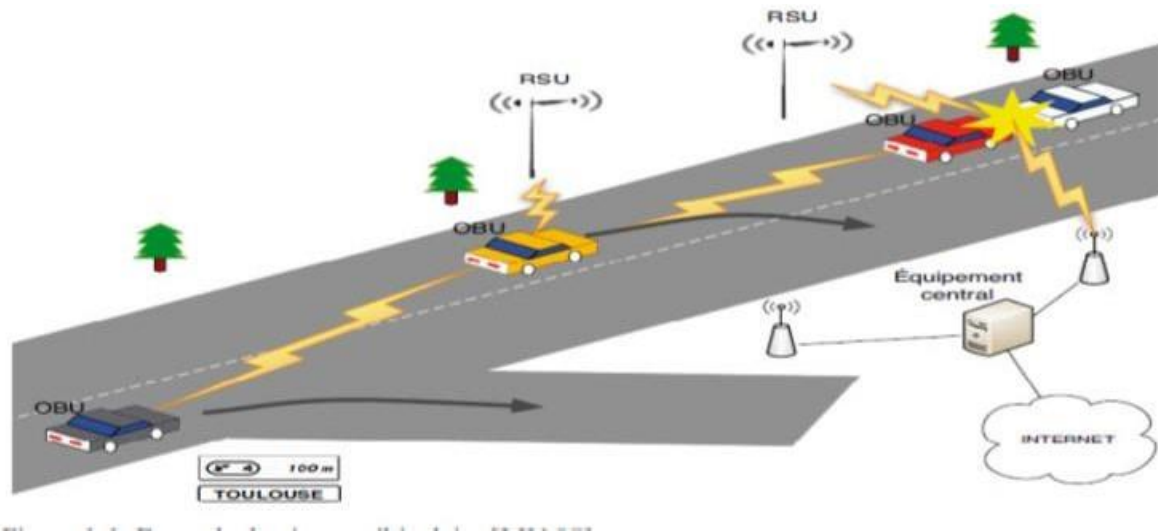


Figure 10 : Exemple de réseau véhiculaire

### 3 Nœud d'un réseau VANET :

Un nœud d'un réseau VANET est un véhicule équipé de plusieurs composants tels que les calculateurs, les interfaces réseaux ainsi que des capteurs capables de collecter les informations et de les traiter. Il s'agit du « véhicule intelligent » ou smart vehicle.

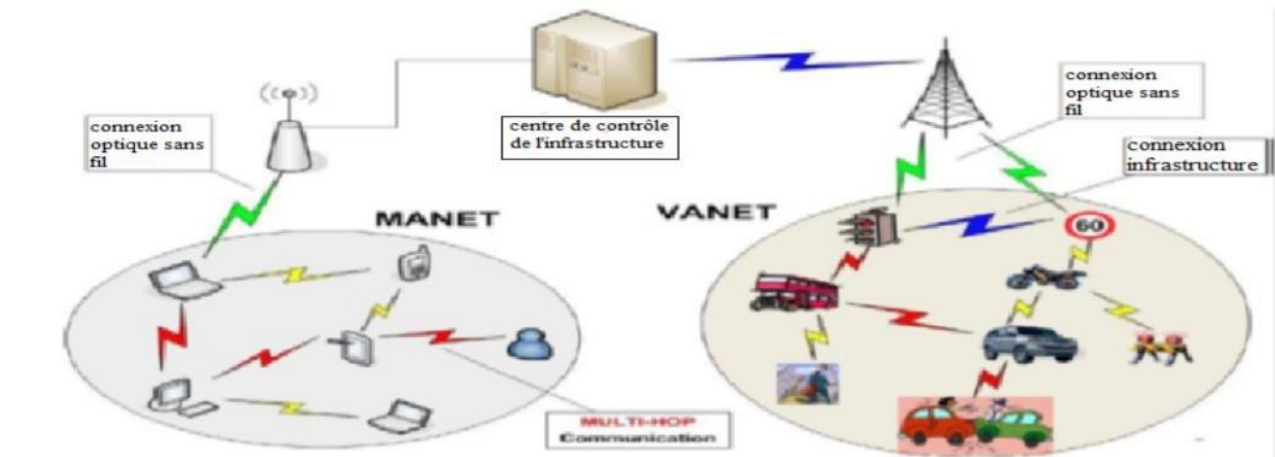


Figure 11 : Nœuds représentant les réseaux VANET.

### 4 Composants d'un réseau VANET [15]:

Un réseau VANET est constitué principalement de trois entités:

- **TA (Trusted Authority)(Autorité de Confiance) :**

C'est une source d'authenticité de l'information. Elle garantit la gestion et l'enregistrement de toutes les entités sur le réseau : RSU (Road Side Unit) et OBU (On Board Unit). TA est sensée connaître toutes les vraies identités des véhicules et au besoin de les divulguer pour les forces de l'ordre.

- **RSU (Road Side Unit)(Unité Coté Route) :**

Leur principale responsabilité est de soutenir la TA dans la gestion du trafic et des véhicules. Leurs installations est situées au bord des routes. Elles peuvent être aussi utilisées comme point d'accès au réseau pour diffuser aux véhicules les informations sur l'état du trafic et sur les conditions météorologiques et aussi de l'internet...etc.

- **OBU (On-Board Unit) (Unité Embarquée) :**

Ce sont des entités encastrés dans les Smart Cars. Elles réunies un ensemble de composants matériels et logiciels de hautes technologies tel : (GPS, radar, caméras, différents capteurs...etc). Leurs rôles sont d'assurer la localisation, la réception, le calcul, le stockage et l'envoi des données sur le réseau. Ce sont des émetteurs-récepteurs qui assurent la connexion du véhicule au réseau.

### 5 Caractéristique des réseaux VANET[16] [17] :

Les réseaux VANET se distinguent des réseaux sans fil traditionnels par un certain nombre de caractéristiques :

- **Capacité d'énergie :**

Parmi les spécificités des réseaux VANETs, elles disposent d'un système d'alimentation d'une grande capacité d'énergie contrairement aux réseaux Ad Hoc mobiles caractérisés par une limite énergétique.

- **Forte mobilité du réseau :**

Le nœud mobile dans un réseau VANET est caractérisé par une vitesse élevée, dans un temps très court, lui permettant de rejoindre ou quitter rapidement le réseau. Parmi les difficultés majeures des réseaux véhiculaires est l'impact de cette forte mobilité sur la connectivité du réseau.

- **Connectivité et partitionnement de réseau :**

Les réseaux VANETs sont caractérisés par une connectivité irrégulière et relativement faible, due essentiellement à la vitesse des véhicules, leurs déplacements aléatoires et leurs comportements face à des obstacles, qui peuvent réduire considérablement les durées des communications. En effet un véhicule peut rapidement rejoindre ou quitter un groupe de véhicules, ce qui entraîne une réorganisation de la topologie du réseau en plusieurs groupes séparés.

- **L'environnement de déplacement et modèle de mobilité :**

Dans un réseau MANET, les nœuds se déplacent aléatoirement, contrairement au réseau VANET où les véhicules suivent un modèle de mobilité spécifique, Les déplacements des véhicules sont liés aux infrastructures routières (limitation de vitesse, ronds-points, carrefours, etc...).

- **Diffusion d'informations particulières :**

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

### **6 Modes de transmission dans les réseaux VANET :[10]**

Les échanges de données entre un nœud et ses voisins dans un réseau véhiculaire peuvent être établis selon les quatre façons suivantes :

- **Le mode Unicast (Point-à-point)**

Dans ce mode l'information est envoyée d'un nœud source vers un nœud destinataire bien déterminé.

- **Le mode Broadcast (Diffusion)**

Un message est inondé ou diffusé en broadcast si la source envoie un message à tous les nœuds du réseau.

- **Le mode Multicast (Multipoint)**

Dans ce mode l'information est envoyée d'un nœud source vers un groupe de nœuds destinataires.

- **Le mode Géocast**

La transmission dans ce mode est multicast où le message est reçu par des nœuds destinataires appartenant à des zone géographique différentes.

### **7 Les applications des réseaux VANET [18]:**

Les principales applications des réseaux VANET peuvent être classées en trois catégories :

- **Applications de gestion du trafic routier**

Les applications de gestion de trafic sont axées sur l'amélioration des conditions de circulation dans le but de réduire les embouteillages et les risques d'accidents. Elles fournissent aux conducteurs un support technique leur permettant d'adapter leurs parcours vis-à-vis de la situation du trafic routier. Ces applications visent à équilibrer la circulation des véhicules sur les routes, pour une utilisation efficace de la capacité des routes et des carrefours, et à réduire par conséquent les pertes humaines, la durée des voyages et la consommation d'énergie...etc.

- **Applications de confort**

Cette catégorie comporte toutes les applications qui participent au confort du conducteur et qui ne relèvent ni de la gestion du trafic ni de la sécurité routière. Ces applications se présentent donc entant que services fournis au conducteur. Parmi ces applications, citons les panneaux d'annonces locales d'ordre, commercial : comme les offres de restaurants, la présence de stations-service à proximité, ou culturel : comme les informations relatives à la localisation des sites touristiques. Il y a aussi des services télématiques comme le péage à distance sur autoroute, le paiement automatique dans les stations-service (ce qui peut faciliter la vie des handicapés). Un autre type d'application de confort est la communication à vocation de divertissement. Une offre de connexion internet à bord avec vidéo à la demande en est un parfait exemple. À toutes ces applications s'ajoutent aussi les communications point à point entre deux conducteurs qui voyagent ensemble. Ils peuvent ainsi s'échanger des messages ou partager des données (vidéo, musique, itinéraires, jeux en réseau). La vie des usagers pourra aussi être facilitée par le contrôle à distance de véhicule de manière électronique (vérification du permis de conduire, contrôle technique, plaque d'immatriculation) pour les services compétents (police, douane, gendarmerie).

- **Applications de sécurité du trafic routier**

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

### **8 Technologies de communication et de diffusion pour les VANETs :**

Les réseaux véhiculaires mobiles sont en théorie capables d'utiliser un grand nombre de technologies de transmission, dont celles issues de la 3ème génération (3G) et 4ème génération (4G Long Term Evolution (LTE)) de la téléphonie mobile, le Wi-Fi, le WiMax, et le DSRC/WAVE. Les réseaux mis en place pour les véhicules peuvent utiliser une ou plusieurs de ces technologies. [19]

- **Wifi (Wireless Fidelity)**

Cette technologie utilise potentiellement plusieurs normes telles que IEEE 802.11 a/b/g/n. Elle peut être utilisée dans les VANET. La couverture va jusqu'à une centaine de mètres en fonction de la norme et de la configuration utilisée. Le débit peut aller de 1Mbit/s à 11Mbit/s pour 802.11b, de 6Mbit/s jusqu'à 54Mbit/s pour 802.11a/g, et à 300Mbit/s pour 802.11n. [20]

- **Bluetooth**

Le Bluetooth désigne une norme de communication sans fil par ondes radio capable de transmettre des données et de la voix entre deux appareils électroniques compatibles. Le Bluetooth est notamment très répandu sur les téléphones mobiles, les écouteurs et casques sans fil ou encore les enceintes nomades. En informatique, la norme est utilisée dans les claviers et les souris sans fil. Cette technologie est limitée par la portée de communication trop courte et donc non fiable. [21]

- **3G et 4G LTE**

Les VANETs utilisent les connexions ad-hoc. Afin de pouvoir se connecter au réseau global, et donc à Internet, le réseau cellulaire mobile peut être utilisé. Ce dernier utilise un certain nombre de transmissions, parmi lesquelles : 3G, 4GLTE. La technologie 2G/3G offre un débit de téléchargement maximal de 384Kbit/s (pour des vitesses de 3 km/h à 100 km/h) et de 144Kbit/s (Vitesse < 250 km/h). Avec UMTS il est de 2Mbit/s ; la 4G offre un débit de 100Mbit/s pour les utilisateurs à forte mobilité. Ainsi, puisque les réseaux véhiculaires mobiles sont hautement dynamiques, ces technologies sont peu adaptées[19].

- **WiMax**

Le WiMax est défini par la norme IEEE 802.16. Sa couverture peut atteindre 60 km. Son débit minimum est de 110Mbit/s et le maximum de 365Mbit/s dans la version 2. Cette norme peut être utilisée dans les VANETs. De son côté, WiMax permet une transmission portant sur une zone géographique étendue. Il reste donc intéressant comme moyen de communication entre les véhicules et les infrastructures, afin de permettre un accès à

internet au réseau ad-hoc formé par les véhicules. Cependant WiMax n'est pas non plus idéal dans les situations à très grande mobilité. [19]

- **Satellite**

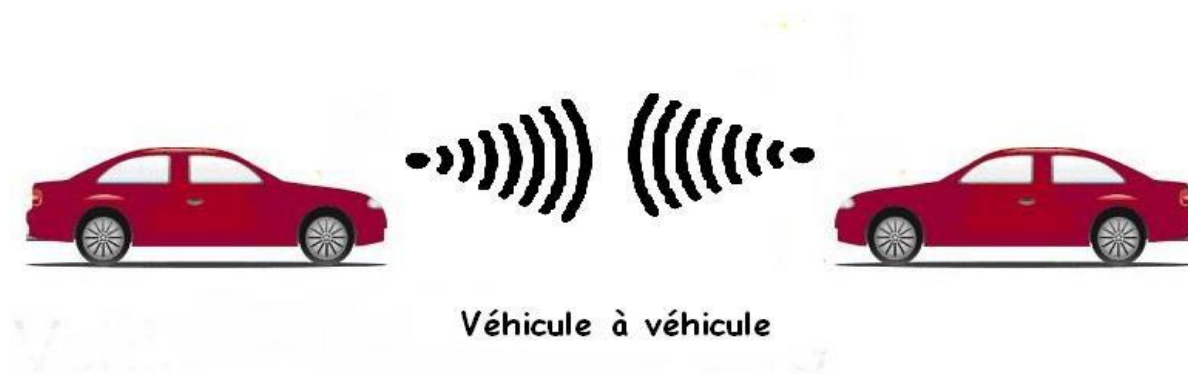
Les satellites peuvent présenter de grands avantages en raison de leur large couverture. Parmi les technologies satellites que nous pouvons utiliser, existent « GEO Mobile Radio Interface (GMR) » et « DVB-Satellite services to Handhelds (DVBSH) ». En revanche, elles sont connues par leurs coûts potentiellement élevés. [19]

### 9 Architectures des réseaux VANET [22][23]

Dans les réseaux VANETs, on trouve principalement, les entités fixes qui constituent l'infrastructure (RSU et TA) et les entités mobiles (les véhicules). Pour pouvoir échanger les différentes informations liées à la sécurité et au confort des usagers de la route, ces différentes entités doivent établir des communications entre elles. Pour cette raison, on distingue trois types de communications véhicule à véhicule (V2V) et véhicule à infrastructure (V2I) et Hybride.

- **Communications de Véhicule à Véhicule (V2V)**

Dans ce mode, aucune infrastructure n'est utilisée, aucune installation n'est nécessaire sur les routes, chaque véhicule est équipé pour communiquer directement avec un autre véhicule, s'il se situe dans sa zone radio.



**Figure 12 :** Communication de Véhicule à Véhicule (V2V)

- **Communications de Véhicule à Infrastructure (V2I)**

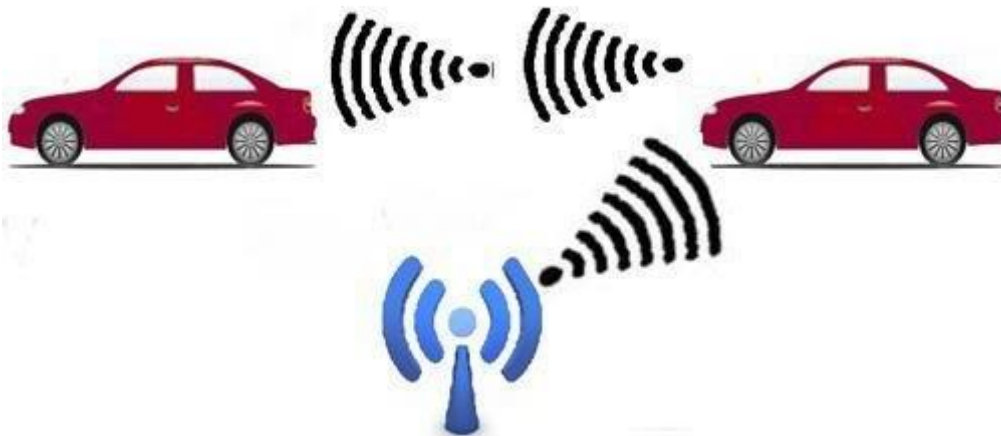
Ce mode de communication permet une meilleure utilisation des ressources partagées et démultiplie les services fournis (accès à Internet, échange de données de voiture-à-domicile, communications de voiture à garage de réparation pour le diagnostic distant, etc.) grâce à des points d'accès RSU (Road Side Units) situés aux bords des routes.



**Figure 13 :** Communications de Véhicule à Infrastructure

- **Communication hybride**

Ce mode est une combinaison des communications véhicules à véhicules avec les communications de véhicules à infrastructures. Il est utilisé dans le but d'élargir les zones de communication et minimiser l'installation des infrastructures.



**Figure 14 :** Communication hybride



### 10 Types de messages [23] :

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 d'autre.

- **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. Grâce aux messages de contrôle, chaque véhicule se crée une vue locale de son voisinage. Le véhicule peut aussi prédire et anticiper des situations d'accidents ou de congestion. Le message de contrôle est l'équivalent du message HELLO des protocoles de routage. Chaque véhicule connaît ainsi son voisinage direct.

- **Message d'alerte**

Le message d'alerte est généré lorsqu'un évènement est détecté : un accident, 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 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.



**Figure 15 :** Génération d'un message d'alerte

- **Autres messages**

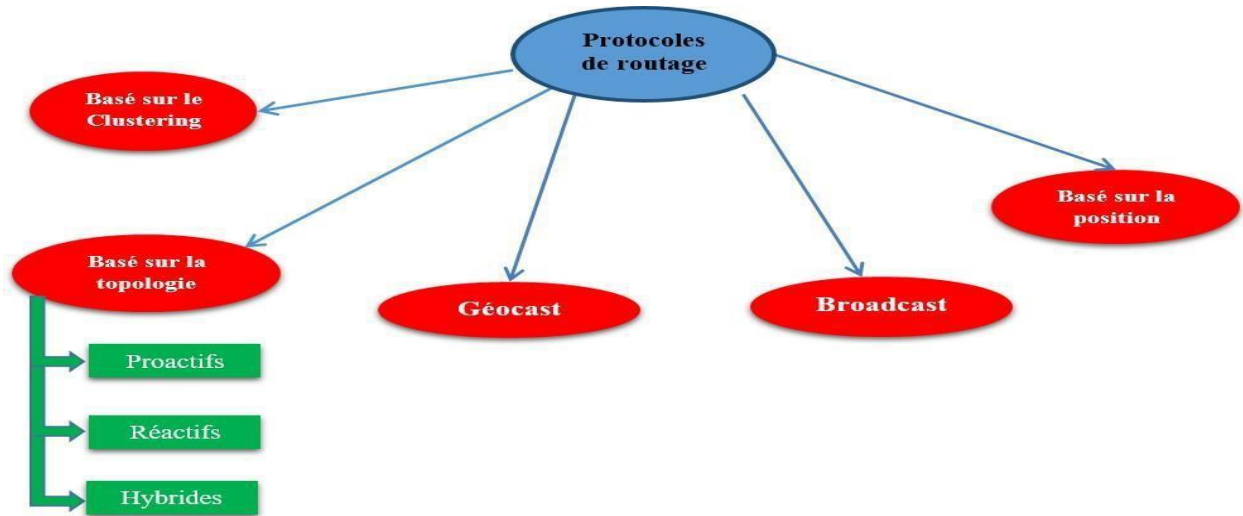
Ce type de message contient tous les messages qui ne sont pas des messages d'alerte ou de contrôle. Ces messages ne sont généralement pas répétés à intervalle régulier. En effet, cela peut être par exemple un message de transaction financière ou l'envoi de courrier électronique. Tous les messages reçus seront stockés dans un cache des messages récemment reçus. Chaque message se verra associer une durée de vie dans le cache.

### **11 Protocoles de routage pour VANET [24] :**

Le routage joue un rôle très important dans les VANET puisque tous les services supportés se basent sur des communications multi-saut pour l'acheminement des données. Pour réaliser les échanges, les protocoles de routage utilisent des informations locales (voisinage immédiat), ou globales, concernant tout le réseau, afin de déterminer les nœuds relais qui participent à l'acheminement des données.

Un grand nombre de protocoles de routage existe dans les VANETs sous formes de cinq catégories principales:

1. Les protocoles basés sur la topologie.
2. Les protocoles basés sur les clusters.
3. Les protocoles basés sur le mode de diffusion « Géocast ».
4. Les protocoles basés sur le mode de diffusion « Broadcast ».
5. Les protocoles basés sur la position géographique.



**Figure 16 :** Classification des protocoles de routage VANETs

Pour que les véhicules puissent communiquer entre eux, un protocole de routage doit être défini pour des objectifs précis tels que :

- Découvrir dynamiquement les routes de la source vers la ou les différentes destinations.
- S'il existe plusieurs routes vers la destination voulue, il permet de sélectionner l'itinéraire le plus optimal possible.
- Mettre à jour le plus vite possible, les routes considérées comme meilleures.
- Empêcher les boucles de routage.

## 12 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les VANETs, en évoquant leurs composants, leurs caractéristiques, leurs applications, leurs modes de communications et leurs technologies de transmissions. De plus, la communication dans les réseaux véhiculaires a été également détaillée. Ainsi, nous avons cité les principaux protocoles de routage qui permettent un bon acheminement des messages entre les véhicules.

---

# **Chapitre 3**

## **Simulation et résultats**

---

**1 Introduction :**

Actuellement, l'installation d'un réseau véhiculaire reste difficile à mettre en place aussi bien sur le plan économique que logistique. Afin de contourner ce problème, la simulation est constatée comme l'outil le plus pratique pour mettre en œuvre un réseau Vanet virtuel. Dans ce chapitre, nous allons décrire les différents outils et bibliothèques utilisés dans notre simulation. Ensuite, nous allons présenter notre scénario de simulation, à savoir ; un scénario d'accident permettant d'apercevoir la communication entre véhicules d'une part et de visualiser leur comportement d'une autre part.

**2 Outils d'implémentation et de simulation :****2.1 Environnement matériel :**

Notre projet a été réalisé en utilisant un ordinateur "Acer Aspire ES1-571 " dont la configuration est décrite à travers le tableau suivant :

Processeur	i3-5005U (2.0 Ghz, 3MB L3 Cache)
Mémoire vive (RAM)	4 GB DDR3 L
Disque dur (stockage)	500 GB HDD
Carte Graphique	Intel HD Graphics 5500
Système d'exploitation	Windows 10 Professionnel (64 Bits)

**Tableau 1 :** caractéristiques du PC

**2.2 Environnement logiciel :****2.2.1 Simulateurs utilisés :**

Dans la simulation des VANETs, nous distinguons deux types de simulateurs : le simulateur du trafic routier et le simulateur de réseaux.

- Simulateur de trafic: utilisé pour la réalisation de la carte du réseau routier et la génération du trafic routier souhaité (types de véhicules, vitesses, évènements de la route, etc.).

- Simulateur de réseaux : chargé d'assurer la communication entre véhicules, de garantir leur circulation d'un point de départ vers un point d'arrivée, et d'évaluer aussi les performances des protocoles exploités. Autrement dit, il est censé fournir tous les différents services réseautiques.

### **2.2.1.1 SUMO (Simulation of Urban Mobility) (version 1.8.0) [25]:**

SUMO est un simulateur de trafic routier utilisé pour simuler efficacement une large plage de scénarios de circulation routière. Un fichier réseau est requis pour que SUMO puisse obtenir des informations telles que les nœuds, les arêtes et les connections entre eux. Ce fichier réseau (OSM) est généré par une application de cartographie digitale (OpenStreetMap) visant à créer une carte du monde gratuite, éditable ou conçue manuellement avec deux autres fichiers (node et edge) créés eux-mêmes manuellement selon le réseau souhaité. De plus, SUMO exploite un fichier des itinéraires contenant tous les circuits que chacun des véhicules traverse lors de la simulation. Des informations supplémentaires telles que les cycles de feu de signalisation et les arrêts de bus se trouvent dans des fichiers additionnels. Lors de la simulation de la circulation, l'API TRACI (Traffic Control Interface) se charge de la manipulation des paramètres de mobilité véhiculaire ; un ID unique, la position de départ/arrivée, l'heure de départ et l'heure d'arrivée sont attribués à chaque véhicule. Cet API contrôle à distance et de façon automatique la conduite et les stratégies de gestion du trafic.

### **2.2.1.2 OMNET++ (version 5.6.2) [26]:**

OMNet ++ est un simulateur de réseaux permettant d'évaluer l'efficacité d'un ensemble d'algorithmes de routage et d'analyser les données qui en résultent. OMNet ++ est une source publique C++ , basé sur un évènement simulateur pour modéliser un réseau de communication susceptible d'être maillé à d'autres systèmes distribués ou parallèles. Il représente une approche cadre qui fournit une machinerie basique et des outils nécessaires aux simulations.

**2.2.2 Bibliothèques exploitées :****2.2.2.1 INET Framework (version 4.2.2) [27]:**

INET Framework est une bibliothèque de modèles open source pour l'environnement de simulation OMNeT++. Il fournit des protocoles, des agents et d'autres modèles pour les chercheurs travaillant sur les réseaux de communication. Ainsi, INET est particulièrement utile pour la conception et la validation de nouveaux protocoles. Plusieurs autres cadres de simulation prennent INET comme une API de base et l'étendent dans des directions spécifiques, telles que les réseaux de véhicules, les réseaux peer-to-peer ou LTE.

**2.2.2.2 Veins (Vehicles in Network Simulators) (version 5.1) [28]:**

VEINS est un Framework de simulation véhiculaire open source qui sert de pont reliant SUMO et OMNeT++. Il permet également la mise en place, le fonctionnement et la surveillance de la simulation. Son premier objectif est d'écrire le code de simulation d'une application spécifique et de contrôler nécessairement les paramètres de chaque simulation. Ce Framework supervise la modélisation des détails du protocole, la mobilité des nœuds, et la collecte des résultats pendant et après la simulation. VEINS contient des modèles de simulation qui servent de boîte à outils à la mise en œuvre de simulation complète et hautement détaillée. Il permet également de laisser circuler les deux simulateurs OMNeT++ et SUMO en parallèle, en les connectant l'un à l'autre via une prise TCP. Le protocole de cette communication a été standardisé par TRACI, et permet une simulation bidirectionnelle reliant le trafic de route au réseau du trafic. La mobilité des nœuds dans SUMO est émulée dans OMNeT++ par TRACI.

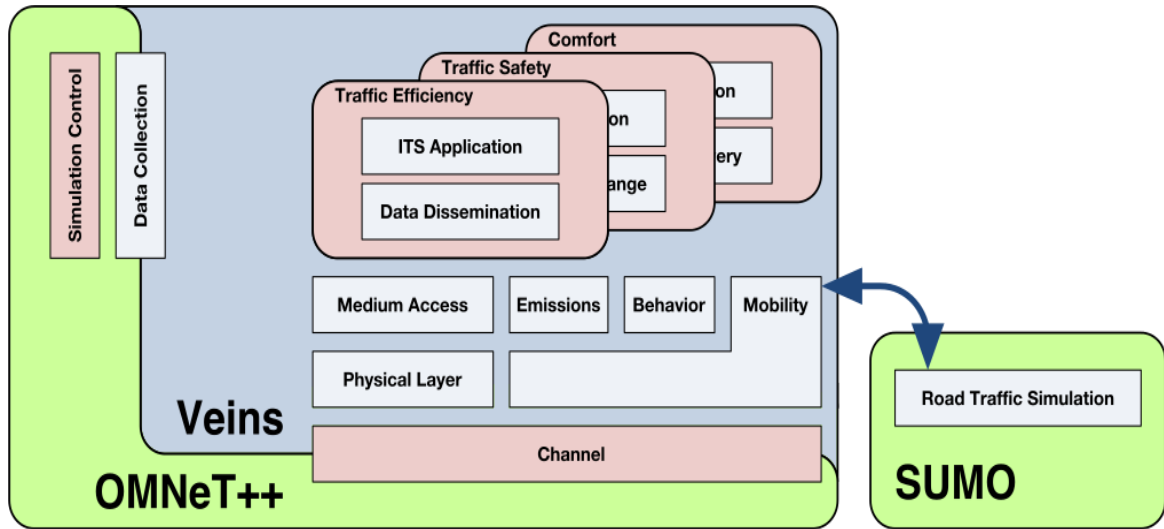


Figure 17 : Architecture d'intégration des simulateurs

### 3 Scénario de simulation :

Notre scénario fait appel à une zone urbaine, comportant quatre routes bidirectionnelles à plusieurs voies (voir la figure ci-dessus). De plus, le tableau ci-dessus résume tous les paramètres essentiels à la simulation.

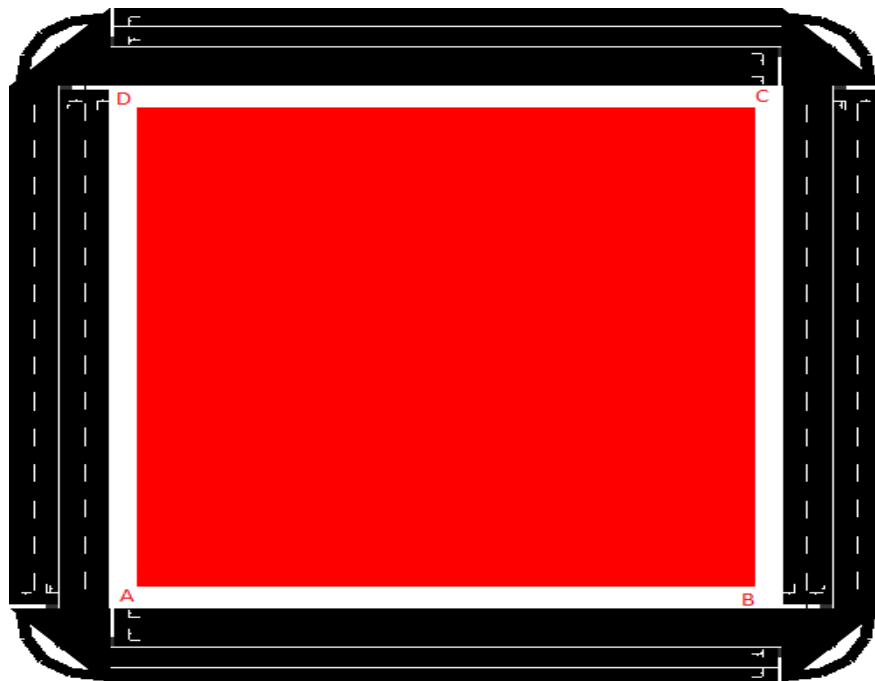


Figure 18 : Zone de simulation



Temps de simulation	60 s
Nombres de routes	4 routes (AB, BC, CD et DA)
Nombre de véhicules	3 Véhicules (V0, V1 et V2)

**Table 2** : Paramètre de la simulation

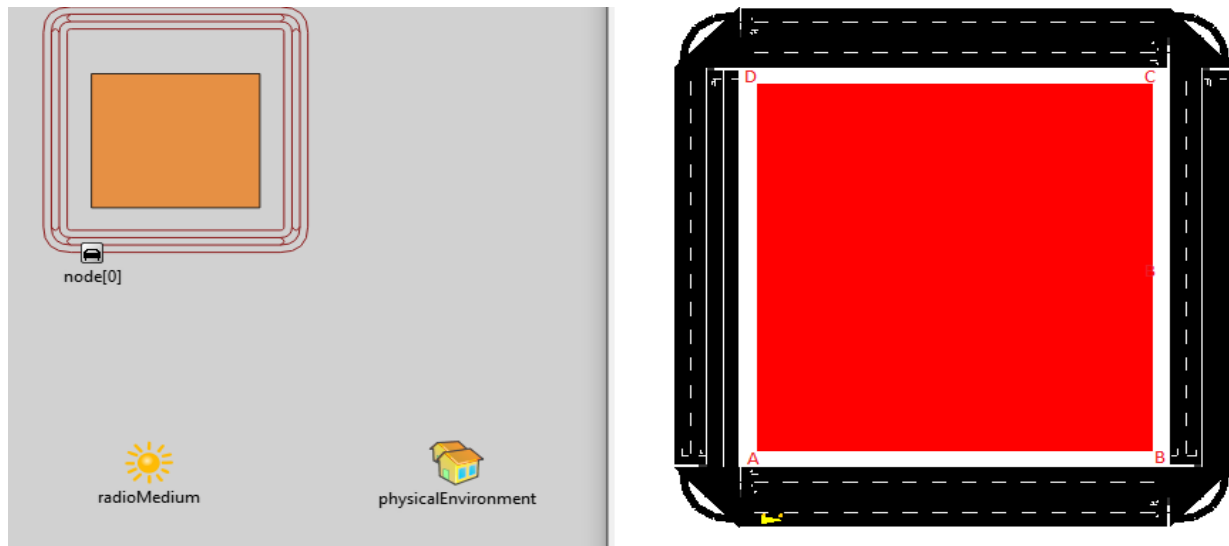
### 3.1 Explication du scénario d'accident:

En premier lieu, nous avons créé 4 routes bidirectionnelles (AB, BC, CD et DA), trois véhicules (V0, V1 et V2) démarrant de **A vers D**. En deuxième lieu, nous avons provoqué un accident sur la route **C-D**.(voir les figures 19 et 20).

En conséquence, lorsque Le véhicule (V0) accède à la route **C-D**, pour aller au point d'arrivée D, rencontre le point d'accident, dont il n'a aucune possibilité d'échapper (voir la figure 21). A cause de cet obstacle, V0 envoie un message d'alerte aux autres véhicules qui se trouvent hors du chemin bloqué (voir la figure 22).

Grâce à l'alerte d'accident transmise par le véhicule V0, les véhicules V1 et V2 allant au point d'arrivée D en passant par la voie C-D, vont changer leur itinéraire en accédant à la route **C-B**, ensuite **B-A**, pour atteindre la destination **D** (voir les figures 23 et 24).

Après la disparition de l'obstacle (accident), la route C-D devient disponible pour le véhicule V0 circulant au point D (voir la figure 25).



**Figure 19** : Exécution de la simulation

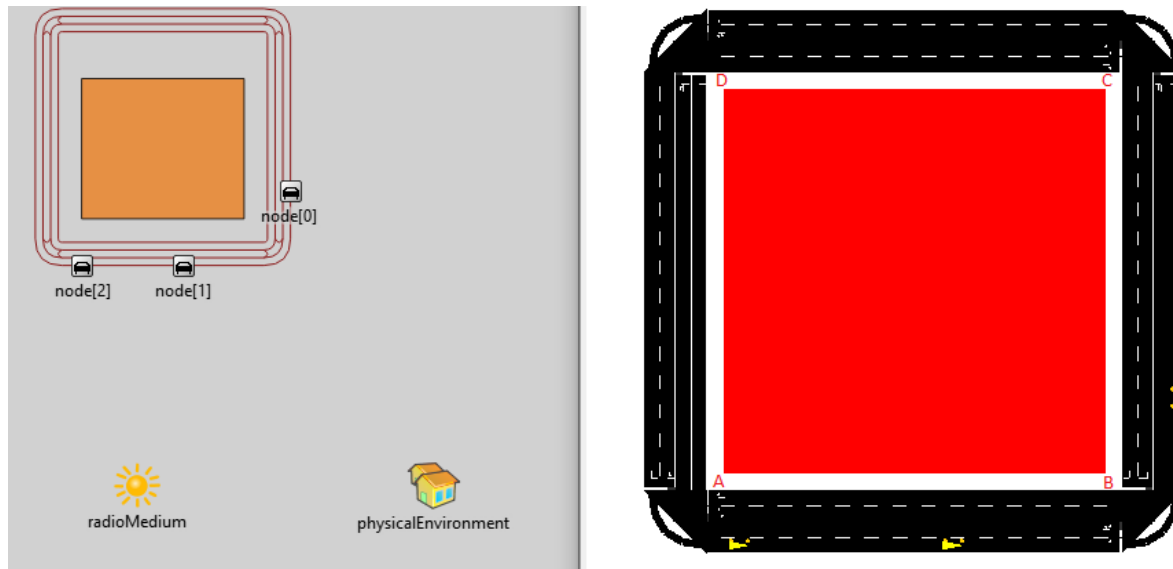


Figure 20 : Arrangement des véhicules

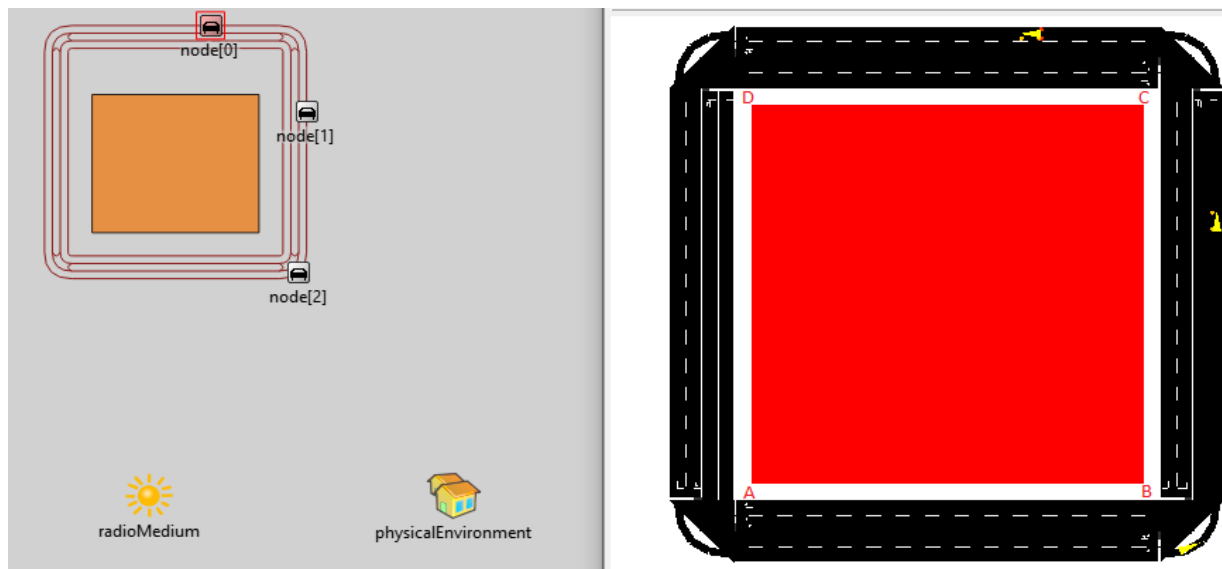


Figure 21 : L'arrivée de véhicules (V0) au point d'accident

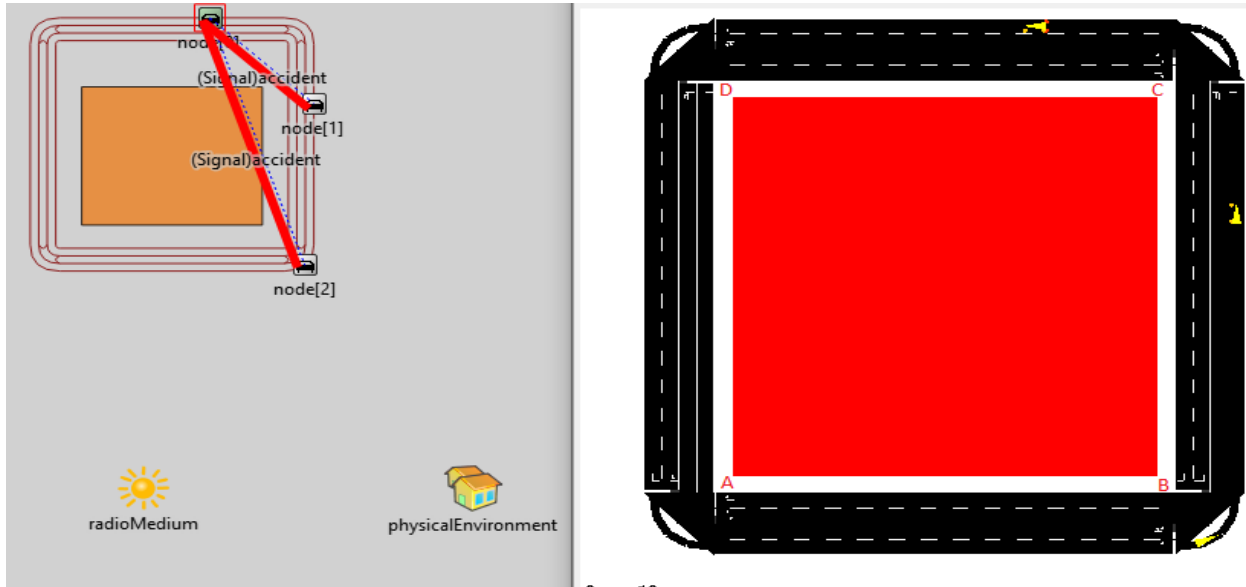


Figure 22 : L'envoi du message d'alerte d'accident

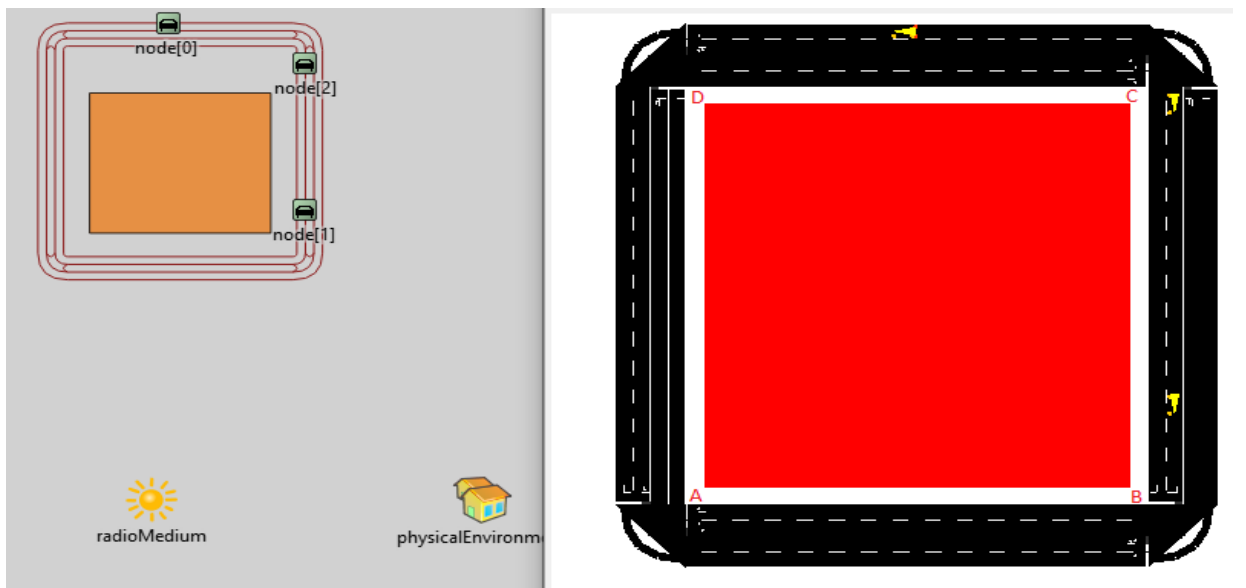


Figure 23 : Changement de la direction par V1 et V2

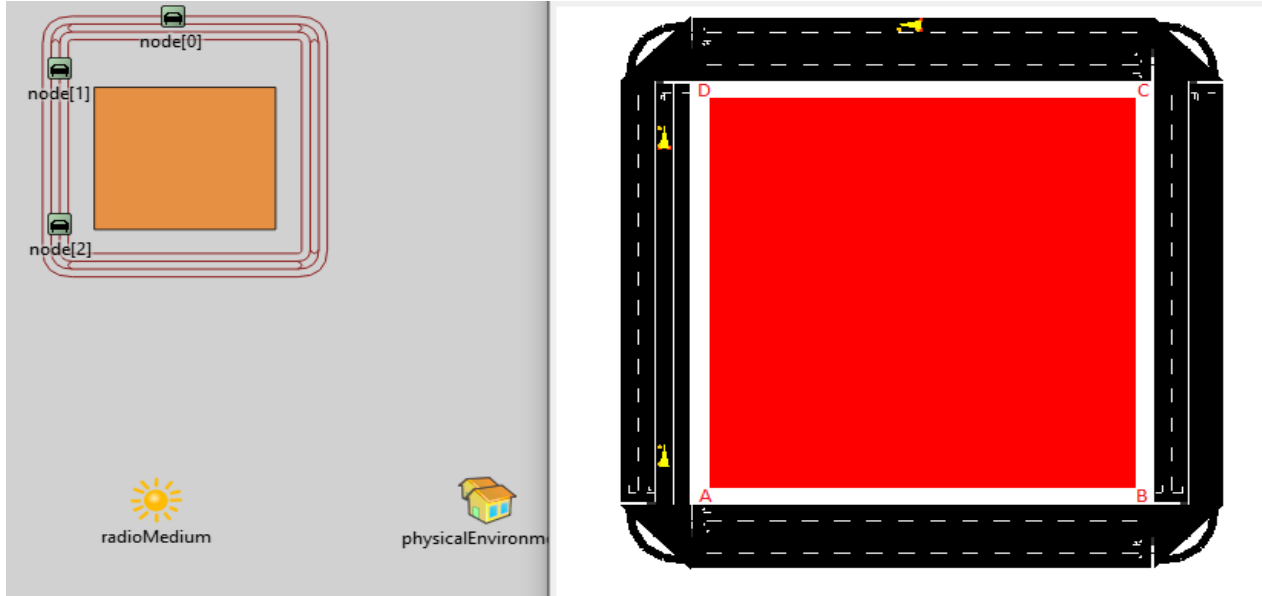


Figure 24 : L'arrivée de V1 et V2 au point D

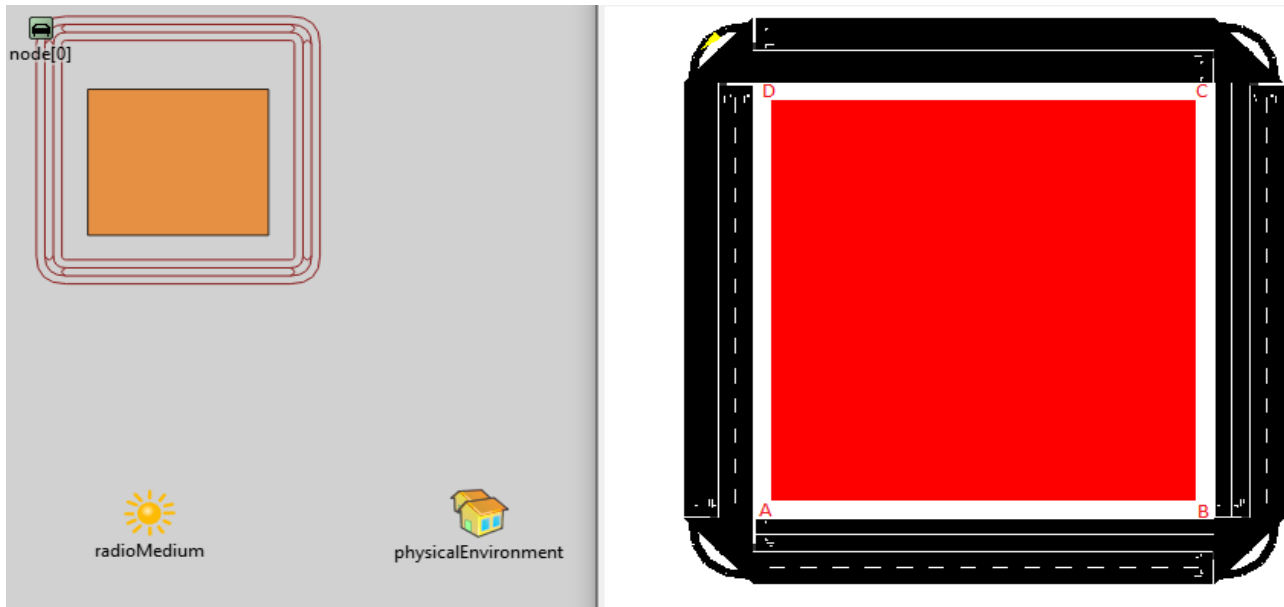


Figure 25 : Disparition de l'obstacle

### 4 Conclusion:

Dans ce dernier chapitre, nous avons décrit en détail la partie simulation. En effet, nous avons simulé un simple réseau VANET constitué de trois véhicules circulants sur une zone urbaine comprenant quatre routes bidirectionnelles. De plus, nous avons provoqué un accident sur la dernière route menant vers la destination, afin de découvrir visuellement la réaction des véhicules en termes de communication et de changement de voies. Egalement, à l'aide du message d'alerte diffusé par le véhicule V0 se trouvant en difficulté de circulation, les autres véhicules ont pu s'adapter rapidement à cet évènement et éviter la route tombée en panne en parcourant un second itinéraire conduisant à la destination.

---

# **Conclusion générale et perspectives**

---

---

## **Conclusion générale :**

Le développement des nouvelles technologies a favorisé une formidable évolution des réseaux véhiculaires. Cette évolution vise à rendre les réseaux plus sûrs, plus efficaces, plus fiables et plus écologiques aussi bien du point de vue de l'industrie automobile que des opérateurs de réseaux et services. Les réseaux véhiculaires VANET sont en effet une classe émergente des réseaux mobiles Ad Hoc, permettant des échanges de données entre véhicules ou encore véhicules et infrastructure. Ils suscitent un intérêt certain à la conception des systèmes de transport intelligent.

Dans ce travail nous avons présentés brièvement les réseaux sans fil, puis une partie était développée sur les réseaux mobiles Ad Hoc. Ensuite, nous avons détaillé sur les réseaux véhiculaires VANET. Enfin nous avons simulé un simple réseau VANET dans un environnement urbain qui se rapproche de la réalité, afin de découvrir visuellement la réaction des véhicules en termes de communication et de changement de voies.

D'après les résultats qu'on a obtenus, nous avons déduit que le mouvement des véhicules joue un rôle très important dans l'étude des performances d'un réseau VANET. Pour cela, il est nécessaire de choisir un protocole de routage réaliste pour que les résultats de la simulation soient fiables.

## **Perspectives :**

Nous proposons d'enrichir ce scénario, en se basant sur les points suivant:

- Ajouter des véhicules, des routes, des panneaux de signalisation.
- Utiliser une carte géographique réelle de ville de Tiaret pour s'approcher de la réalité du terrain et simuler les points noirs de la ville.
- Provoquer d'autres points d'encombrement pour apercevoir le comportement des véhicules et son impact sur la circulation routière globale.
- Exploiter une autre technique de communication à la place de la diffusion générale (Broadcast) en adoptant, par exemple, un protocole de routage des messages basé sur la topologie.
- Sécuriser les communications entre véhicules afin de rendre le réseau plus fiable et plus performant.
- Simuler les communications entre véhicules et routes pour rendre le réseau plus interactif et plus efficace.
- Utiliser l'application GetComSUMO afin de réduire les erreurs de configuration et de simulation et simplifier davantage la liaison entre SUMO et OMNET++.

---

# **Bibliographie et Webographie**

---



---

## Bibliographie :

- [4] Boudjaadar Amina ; « Plateforme basée Agents pour l'aide à la conception et la simulation des réseaux de capteurs sans fil ». Thèse de Magistère ; Université de Skikda ; 2009/2010.
- [5] M. Brahma, «Etude de la QoS dans les réseaux ad hoc : intégration du concept de l'ingénierie du trafic».
- [6] Boulkamh Chouaib, « *Prise en Compte de la QoS par les Protocoles de Routage dans les Réseaux Mobiles Ad Hoc* », Mémoire de Magistère de l'Université El Hadj Lakhdar de Batna, Discipline : Informatique Industrielle, Soutenue 2008,
- [7] Haas(z.),Gerla(M.),Jhonson(D.),Perkins(C.),Pursley(M.),streentrup(M.),et Toh(C.),-Special issue en wireless ad hoc networks. IEEE Journal on selected Areas in communications, vol.17,N :8,1999.
- [8] Boussad AIT-SALEM, « *Sécurisation des Réseaux Ad hoc : Systèmes de Confiance et de Détection de Répliques* », Thèse de Doctorat de l'Université de Limoges Spécialité : Informatique, 2011.
- [9] Messaoud BELLOULA, « *La géolocalisation dans les réseaux de capteurs sans fils* », Mémoire de Magistère de l'Université El Hadj Lakhdar de Batna, Spécialité : Ingénierie des Systèmes Informatiques (ISI).
- [10] B. Tavli, W. Heinzelman; "Mobile Ad Hoc Networks: Energy-Efficient Real-Time Data Communications"; Netherlands, Springer, ISBN-13 978-1-4020-4633-9, 2006.
- [11]Allouache Souad, Tayeb Cherif Rahma, Etude comparative entre AODV et AOMDV dans le cadre des réseaux ad hoc,mémoire de fin d'étude, université de Bejaïa, 2016/2017.
- [12]Mirar Youcef, Djettou Brahim Khalil, Etude des réseaux ad hoc par la théorie des jeux, mémoire de fin d'étude, Université Akli Mohand Oulhadj Bouira, 2018/2019.
- [13] Tahar Abbes Mounir, <proposition d'un protocole à économie d'énergie dans un réseau hybride GSM et Ad Hoc>, Mémoire de doctorat, Université d'Oran, Année 2011/2012.
- [14] James Bernsen, and D. Manivannan, « *Unicast Routing Protocols for Vehicular Ad Hoc Networks: A Critical Comparison and Classification*», Elsevier Journal of Pervasive and Mobile Computing, vol. 5, pp. 1-18, 2009.
- [15] Y. Park, K. H. Rhee and C. Sur, "A Secure and Location Assurance Protocol for Location-Aware Services in VANETs", 5th International Conference on Innovative Mobile and Internet

- 
- [16] Grégory Gillot, les réseaux véhiculaires (VANET), SlidePlayer.fr Inc, 2019.
- [17] KHELLAF HAROUN, Élaboration d'un système coopératif basé sur les réseaux Vanet : application aux accidents de la route, Université BADJI MOKHTAR ANNABA, 2017.
- [18] Djamel BEKTACHE, Thèse de Doctorat, Application et Modélisation d'un protocole de communication pour la sécurité routière.
- [19] Olivier Rivaton, « *Le routage de l'information dans les réseaux véhiculaires mobiles* », Mémoire de l'Université LAVAL Québec, Canada, 2016.
- [20] Ayoub Benchabana et Ramla Bensaci, « *Analyse des protocoles de routage dans les réseaux VANET* », Mémoire Master Académique de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla, Spécialité : Informatique Industrielle, 2014.
- [22] K. Moghraoui, Gestion de l'anonymat des communications dans les réseaux véhiculaires AD HOC sans fil (VANETs). Thèse de doctorat, université du Québec à trois-rivieres, 2015.
- [23] D. Bektache, Application et Modélisation d'un protocole de communication pour la sécurité routière, thèse doctorat, université de Badji Mokhtar Annaba, 2014.
- [24] M. Arif Khan, A.Zia, Li hong Zheng Vehicular Ad-Hoc Networks (VANETs) , School of Computing and Mathematics, CharlesSturt University, Australia.
- [25] Behrisch, Michael and Bieker, Laura and Erdmann, Jakob and Krajzewicz, Daniel (2011) SUMO – Simulation of Urban MObility: An Overview. In: Proceedings of SIMUL 2011, the Third International Conference on Advances in System Simulation. ThinkMind. SIMUL 2011, 23.-28. Okt. 2011, Barcelona. ISBN 978-1-61208-169-4
- [26] Varga, A & Hornig, R. An overview of the OMNET++ simulation environment. Proceedings of the 1st International Conference on Simulation Tools and Techniques for Communications, Networks and Systems & Workshops, Simutools, (2008).

### **Webographie**

- [1] Site Web : <https://countrysimeters.info/fr/Algeria> (Le: 06/09/2021).
- [2] Site Web : <https://www.aps.dz/economie/97673-le-parc-automobile-a-depasse-6-4-millions-de-vehicules-a-la-fin-2018> (Le: 06/09/2021).
- [3] Site Web: [https://lifisir2014.files.wordpress.com/2013/12/cours2\\_wlan.pdf](https://lifisir2014.files.wordpress.com/2013/12/cours2_wlan.pdf) (Le: 04/10/2021).
- [21] Site Web : <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/electronique-bluetooth-16527/> (Le: 15/09/2021).
-

---

[27] Site Web: <https://inet.omnetpp.org/Introduction.html> (Le: 29/10/2021).

[28] Site Web: <https://veins.car2x.org/documentation/> (Le: 29/10/2021).

