

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

**Université de Guelma**

**Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la matière**

**Mémoire de fin d'étude Master**



**Département d'Informatique**

**Spécialité : Ingénierie des médias**

**Thème :**

---

---

**Etude des modèles de mobilité de véhicules et leur  
simulation**

---

---

**Présenté par : Zaater hayet**

**Chaib rima**

**Sous la direction de :**

**M. Fares Mounir ZEMMOUCHI**

**Juillet 2011**



# Remerciements

Nous tenons à exprimer premièrement notre profonde gratitude à Dieu, qui nous a donné la santé et la volonté pour le parachèvement de ce travail.

Et nous voudrions exprimer toute notre gratitude à :

Notre encadreur : *M. Fares Mounir ZEMMOUCHI*, pour la confiance qu'il nous a témoignée en acceptant de diriger ce travail et pour nous avoir mis à notre disposition ses compétences et ses conseils pour une meilleure maîtrise du sujet.

Tous les enseignants du département d'informatique, qui ont assisté à nos débuts en informatique, pour leurs précieux conseils.

Notre vif remerciement aux membres du jury pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger ce travail. Notre remerciement aussi à mes professeurs, mes collègues, mes amis et toutes les personnes qui m'ont aidé durant mes études universitaires.



*À ma très chère mère,*

*À mon très cher père,*

*À mes frères,*

*À mes sœurs,*

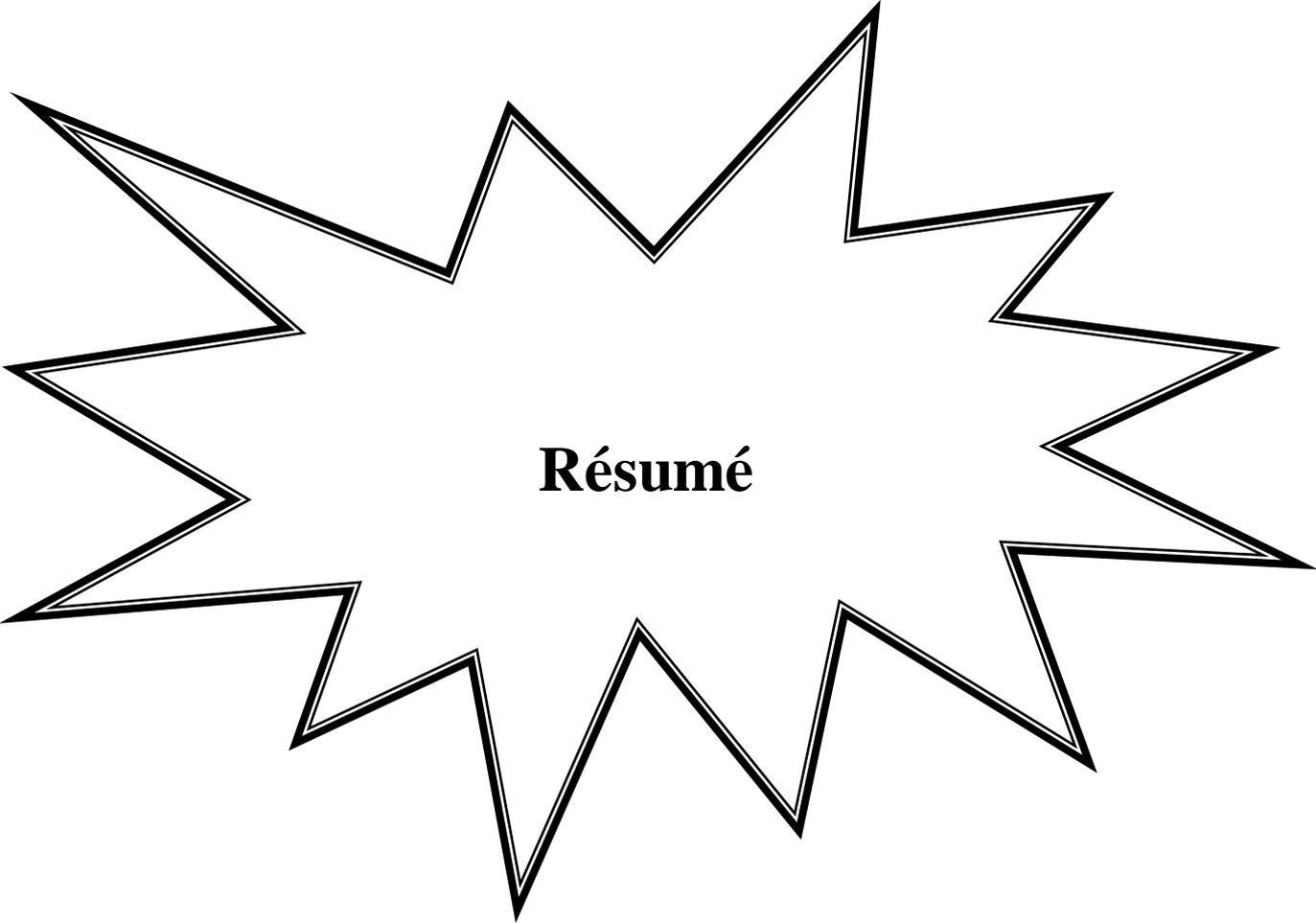
*À tout mes amis,*

*À tout les enseignants de l'université,*

*À tous ceux qui me sont chers,...*

*Je dédie affectueusement ce modeste travail.*

**HOUTA & RIMA**



# Résumé

## RESUME

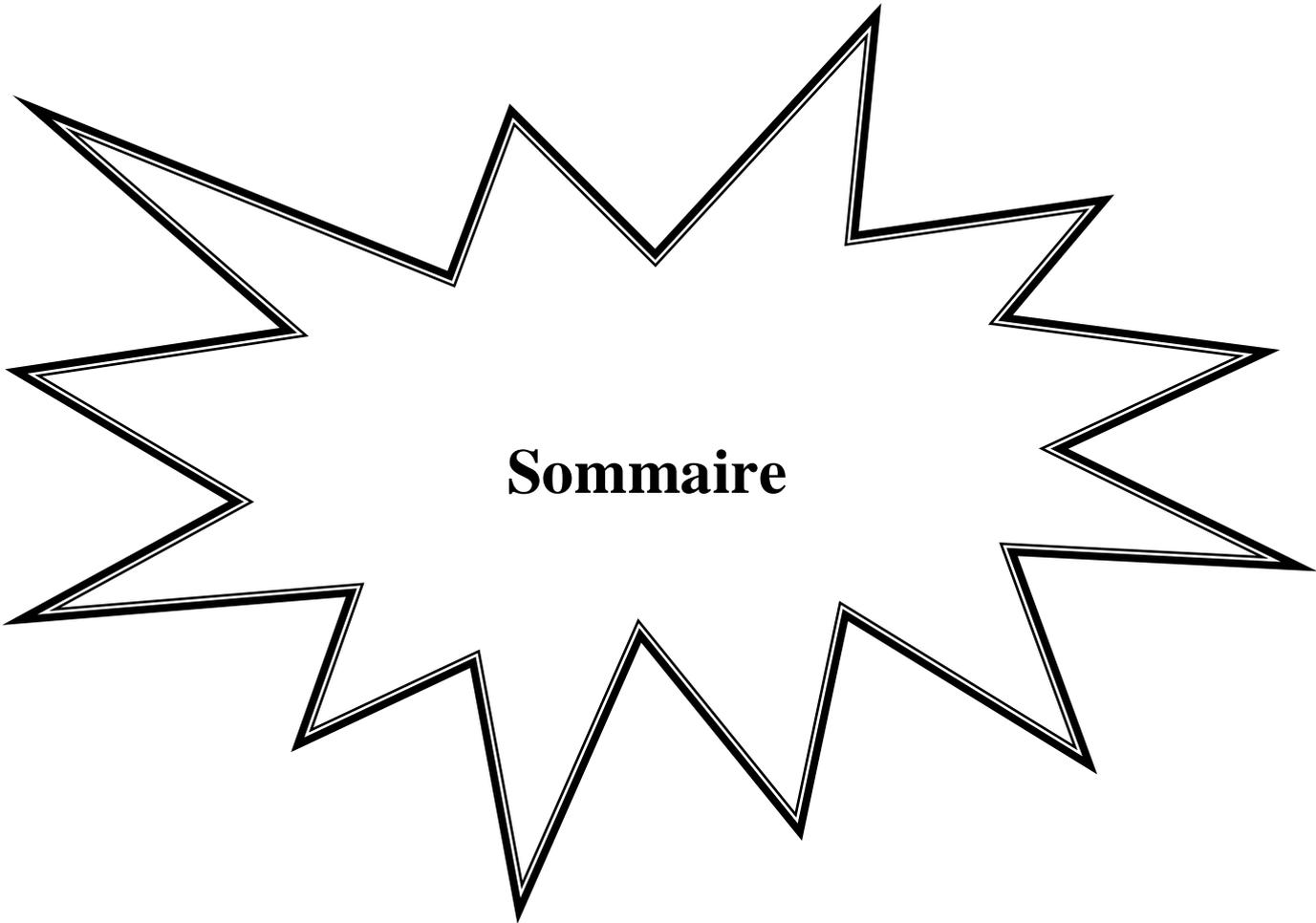
Dans les prochaines années à venir, les réseaux véhiculaires seront capables de réduire significativement le nombre d'accidents via les messages d'alerte échangés entre les véhicules de proximité.

Dans ce travail, nous avons étudié les réseaux de véhicules (dits VANETs : *Vehicular Ad hoc Networks*), qui connaissent de plus en plus d'intérêt aussi bien en recherche qu'en développement, dans ce domaine, il est nécessaire, plus que dans toute autre application, d'utiliser de la simulation pour évaluer les comportements et les performances des modèles de mobilité. Par ailleurs, les réseaux VANETs du fait de paramètres de mobilité aux caractéristiques spécifiques liées d'une part au réseau routier et d'autre part aux équipements communicants nécessitent, pour reproduire les déplacements, des logiciels adaptés.

Le but de se travaille est :

- étudier les paramètres qui interviennent dans les modèles de mobilité des réseaux VANETs.
- étudier les outils de simulation des réseaux VANETs.
- mettre en œuvre un programme Wireless matlab de simulation d'exemples de scénarios d'équipements mobiles.

**Mots clés** : Wireless matlab, Réseaux ad hoc, Routage, les modèles de mobilité, VANET.



**Sommaire**

---

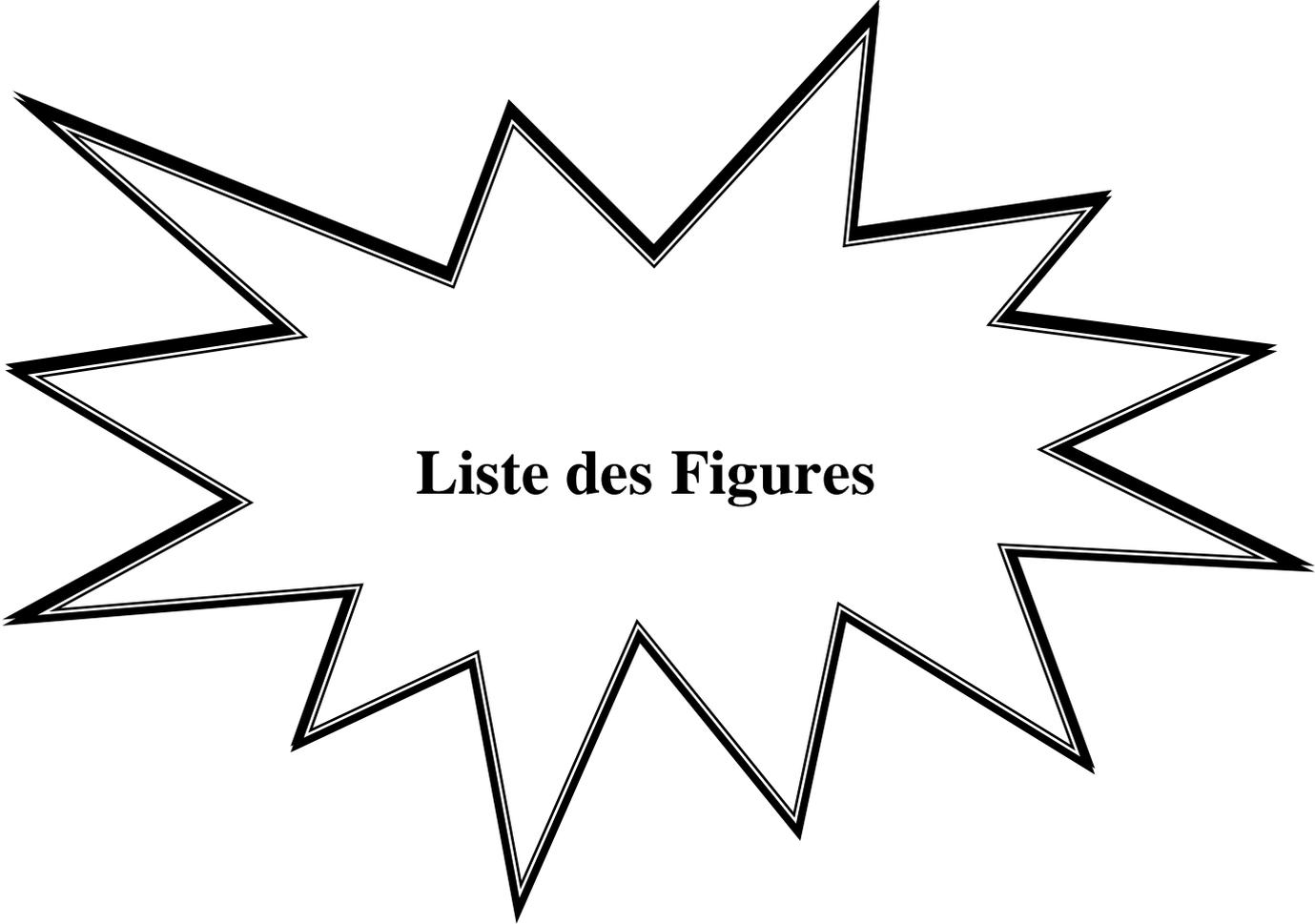
# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre 1: Généralités sur les réseaux Ad Hoc</b> .....	3
Introduction .....	3
1. Définition d'un réseau sans fil.....	4
Mode avec infrastructure.....	4
Mode sans infrastructure (ou le mode ad hoc) .....	6
2. Définition de réseau ad hoc .....	7
2.1 Les caractéristiques principales de réseau ad hoc .....	8
2.2 Avantages des réseaux ad-hoc.....	9
2.3 Applications .....	10
3. Les Réseaux mobiles Ad hoc .....	10
3.1. Définition .....	10
3.2. Caractéristiques des réseaux mobiles Ad hoc .....	11
3.3. Domaines d'utilisation des réseaux mobiles Ad hoc .....	12
4. Réseaux ad hoc véhiculaires .....	13
4.1. Définition VANETs .....	13
4.2. Les Caractéristiques des VANETs .....	14
4.3. Technologies utilisées dans la communication véhiculaire .....	15
4.3.1. Utilisation d'infrastructures.....	15
4.3.2. Utilisation de réseaux cellulaires.....	15
4.3.3. Communication directe .....	16
4.4. Applications des VANET.....	17
4.4.1. Les applications prévues avec cette technologie.....	17
4.4.2. Les applications en temps réel .....	17
4.5. Le Routage dans Les Réseaux Véhiculaires Ad Hoc .....	19
4.5.1. Définition du routage .....	19
4.5.2. Routage C(V2V) .....	19

---

4.5.3. Routage I(V2I) .....	20
4.6. Les services offerts par les réseaux VANET .....	22
Les services liés à la sécurité routière .....	22
Services liés au confort .....	22
Conclusion.....	23
<b>Chapitre 2 : Modèles de mobilité.....</b>	<b>24</b>
Introduction .....	24
1. Définition de la mobilité .....	25
2. Modèles de mobilité pour VANET .....	25
2.1. Modèle Freeway .....	25
2.2. Modèle Manhattan.....	26
2.3. Modèle TSM (Traffic Sign Model).....	27
Conclusion.....	31
<b>Chapitre 3: La conception.....</b>	<b>32</b>
Introduction.....	32
1. Objectifs de notre projet .....	33
2. Génération des modèles de mobilité .....	33
3. Conception et description du modèle .....	34
3.1 Fonctionnement des modèles de mobilité .....	34
3.1.1 Définition de l'environnement considéré.....	34
3.1.2. Les Nœuds Mobiles .....	35
3.1.3. Choix des chemins .....	35
3.1.4 Mobilité à l'intérieur d'un segment .....	37
3.1.4.1 L'accélération.....	37
3.1.4.2 Le dépassement .....	38
3.1.4.3 Distance de sécurité.....	38
3.1.4.4 Gestion des feux de circulation.....	38
3.1.5 Paramètres du modèle .....	39
Conclusion.....	41

<b>Chapitre 4: Implémentation</b> .....	42
Introduction.....	42
1. Environnement de simulation .....	43
2. Choix des modèles de mobilité .....	46
3. Réalisation et Interprétations .....	47
3.1 Simulation des modèles de mobilité.....	48
3.1.1 Etude de cas de modèle Freeway .....	48
3.1.2 Etude de cas de modèle Manhattan.....	50
3.1.3 Etude de cas de modèle TSM.....	51
3.1.4 La communication entre les vehicules .....	52
3.2 Résultats et interprétations .....	53
Conclusion.....	55
<b>Conclusion générale</b> .....	56
<b>Bibliographie</b> .....	58



# Liste des Figures

# Liste des Figures

## Chapitre 1

<i>Figure 1.1:</i>	Mode avec infrastructure .....	04
<i>Figure 1.2 :</i>	Mode avec infrastructure .....	05
<i>Figure 1.3 :</i>	Mode sans infrastructure.....	07
<i>Figure 1.4 :</i>	Exemple de transmission d'un message dans un réseau ad hoc.....	08
<i>Figure 1.5 :</i>	Un réseau mobile ad hoc .....	11
<i>Figure 1.6 :</i>	Changement de topologie.....	12
<i>Figure 1.7:</i>	Les éléments constituant le véhicule intelligent .....	14
<i>Figure 1.8:</i>	Exemple de réseau Vanets .....	17
<i>Figure 1.9:</i>	Fonction d'alerte entre véhicules.....	18
<i>Figure 1.10:</i>	Coopération entre véhicules .....	18
<i>Figure 1.11:</i>	Exemple de réseau C .....	20
<i>Figure 1.12:</i>	Exemple de réseau V2I .....	21

## Chapitre 2

<i>Figure 2.1:</i>	Déplacements dans le modèle Freeway.....	26
<i>Figure 2.2:</i>	Déplacements dans le modèle Manhattan .....	28

### **Chapitre 3**

<i>Figure 3.1:</i> Exemple d'une carte routière .....	35
<i>Figure 3.2:</i> Exemple de génération d'un chemin .....	36
<i>Figure 3.3:</i> La distance de sécurité entre les véhicules .....	38
<i>Figure 3.4:</i> Gestion des feux de circulation .....	39

### **Chapitre 4**

<i>Figure 4.1:</i> Communication unicast à travers un réseau VANET .....	43
<i>Figure 4.2:</i> Page d'accueil.....	47
<i>Figure 4.3:</i> Les modèles de mobilités.....	48
<i>Figure 4.4:</i> Le modèle Freeway.....	49
<i>Figure 4.5:</i> Le modèle Manhattan.....	50
<i>Figure 4.6:</i> Le modèle TSM .....	51
<i>Figure 4.7:</i> La comparaison entre les modèles de mobilités par rapport aux accidents.....	52

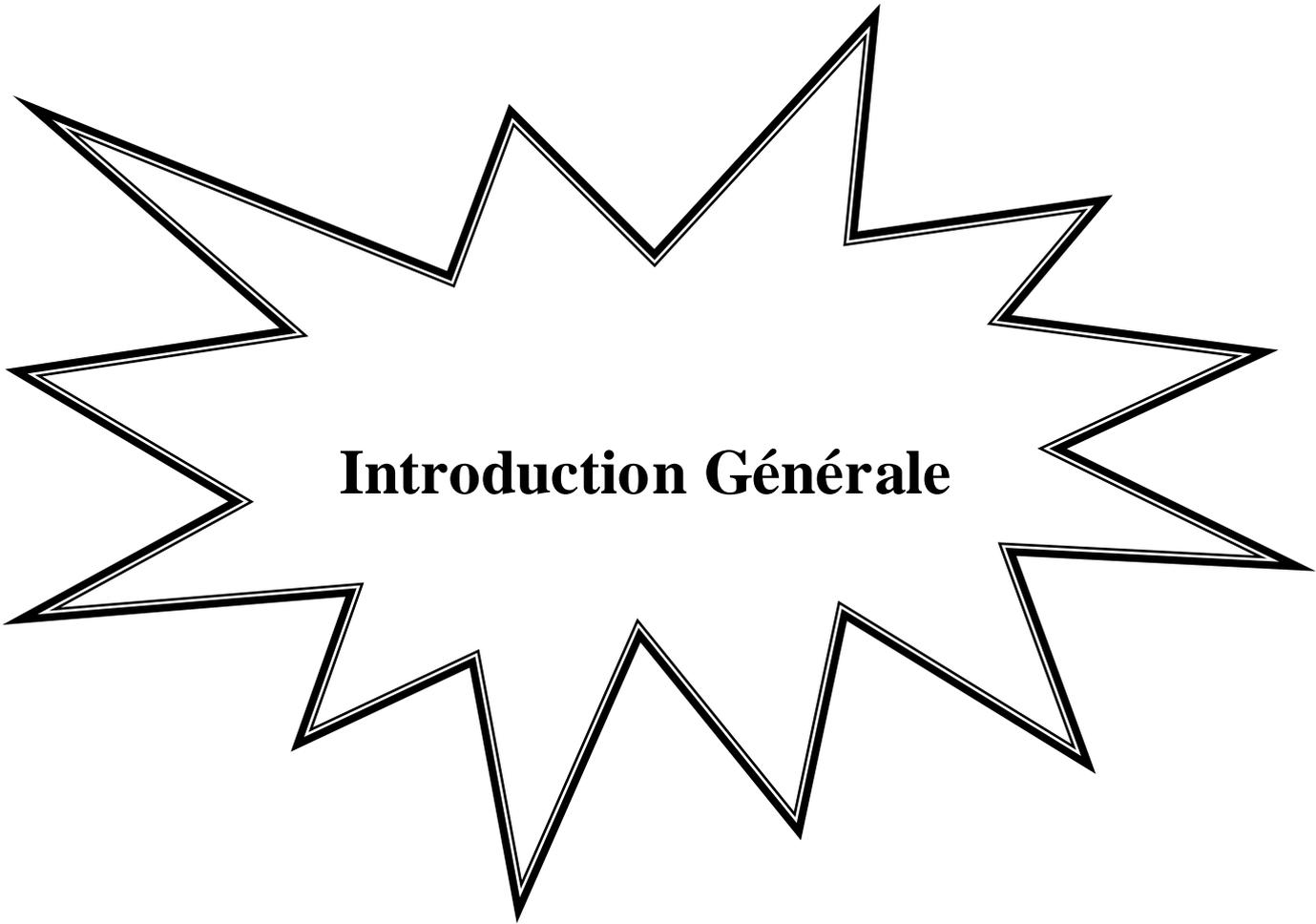


**Liste des Tableaux**

# Liste des Tableaux

## Chapitre 2

*Tableau 2.1:* Comparaison entre les Modèles de mobilité pour VANETs..... 30



**Introduction Générale**

## **Introduction générale**

De nos jours, l'utilisation de la technologie sans fil a adapté le marché des réseaux de télécommunication. Ce progrès technologique fait que les réseaux de télécommunication sans fil sont actuellement un des domaines de recherche de l'informatique les plus actifs.

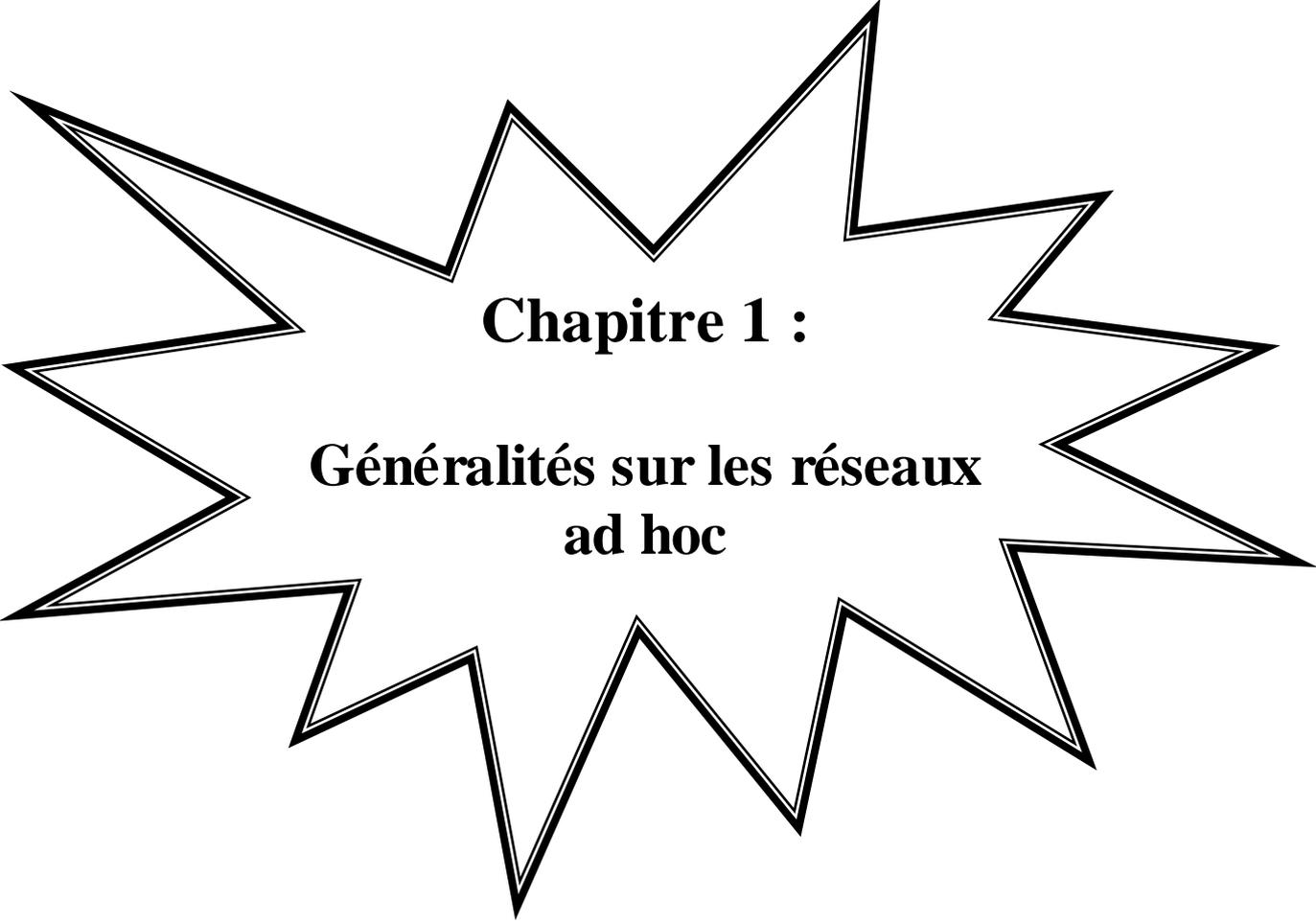
Ces réseaux se sont vite répandus depuis les lieux de travail aux domiciles en passant par les aires de distraction. Ainsi, l'introduction de ces réseaux dans les voitures est devenue une chose indispensable; d'où l'apparition des réseaux véhiculaires ad hoc (VANETs, pour Vehicular Ad hoc NETwork). Ce type de réseaux fait communiquer des véhicules entre eux via des interfaces sans fil.

Afin d'étudier les VANETs, le déploiement sur terrain réel n'est, malheureusement pas envisageable, d'où le recours à la simulation. Aujourd'hui, la recherche dans ce domaine est devenue très active et les constructeurs automobiles pensent à intégrer des systèmes de communication sans fil dans les véhicules. Le domaine de recherche concernant les réseaux sans fil de véhicules est très large, allant des applications concernant la sécurité, aux applications de divertissement ou de publicité. Lors d'une simulation, la mobilité est un paramètre à ne pas négliger, car les unités dans un VANET peuvent se déplacer à grande vitesse suivant un schéma de mobilité particulier. Pour modéliser la mobilité des VANETs, plusieurs modèles ont été conçus. Ces modèles de mobilité doivent prendre en considération les contraintes de la mobilité véhiculaire, pour que la simulation soit proche de la réalité.

L'objectif principal de notre travail est d'étudier l'importance du choix d'un modèle de mobilité dans la simulation des réseaux ad hoc véhiculaires, et l'impact de ce choix sur les résultats de la simulation. Pour effectuer cette étude, nous implémenterons quelques modèles de mobilité paramétrable inspirée des modèles les plus réalistes.

Ce mémoire est composé de cinq chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les réseaux ad hoc et particulièrement les réseaux VANET.
- Le deuxième chapitre porte sur la modélisation de la mobilité. Nous y parlerons des quelques modèles de mobilité spécifiques aux VANETs, utilisés dans le contexte des réseaux ad hoc.
- Le troisième chapitre comportera la conception de notre application.
- Le quatrième chapitre comportera l'implémentation et la réalisation, dans cette partie nous implémentons de quelque modèle de mobilité, nous y réaliserons des simulations en utilisant le simulateur wireless-matlab et nous interpréterons les résultats obtenus en comparant différents modèles de mobilité.



**Chapitre 1 :**

**Généralités sur les réseaux  
ad hoc**

# **Chapitre 1 :**

## **Généralités sur les réseaux ad hoc**

### **Introduction**

Depuis leur apparition, les réseaux sont devenus de plus en plus rapides et performants. Les premiers chaînons de cette évolution sont les réseaux filaires, qui sont encombrants et rigides. Les réseaux ont ensuite gagné en liberté avec l'adoption des technologies sans fil, offrant plus de souplesse, plus de rapidité et moins de frais. Ensuite, les réseaux informatiques sont entrés dans l'ère de la mobilité. De nouvelles technologies ont vu le jour, permettant aux unités du réseau de se déplacer librement, tout en étant connectées entre elles. Avec la prolifération des appareils légers (ordinateurs portables, téléphones mobiles...), la communication par réseaux mobiles est devenue plus efficace et plus accessible. Ces réseaux ont trouvé une large gamme d'applications, citons par exemple, la téléphonie, le partage rapide de données et la sécurité routière.

Dans ce chapitre nous allons donner des notions générales sur les réseaux sans fil. Nous parlerons des deux grandes classes de réseaux sans fil : les réseaux avec infrastructure et ceux sans infrastructure (ad hoc). Ensuite, nous aborderons les réseaux mobiles ad hoc (MANETs) pour enfin parler des réseaux ad hoc véhiculaires (VANETs).

## 1. Définition d'un réseau sans fil

Un réseau sans fil (en anglais *Wireless network*) est un réseau dans lequel plusieurs terminaux communiquent sans liaison filaire. Grâce aux réseaux sans fil, un utilisateur a la possibilité de rester connecté tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu, c'est la raison pour laquelle on entend parfois parler de "mobilité" [ABC].

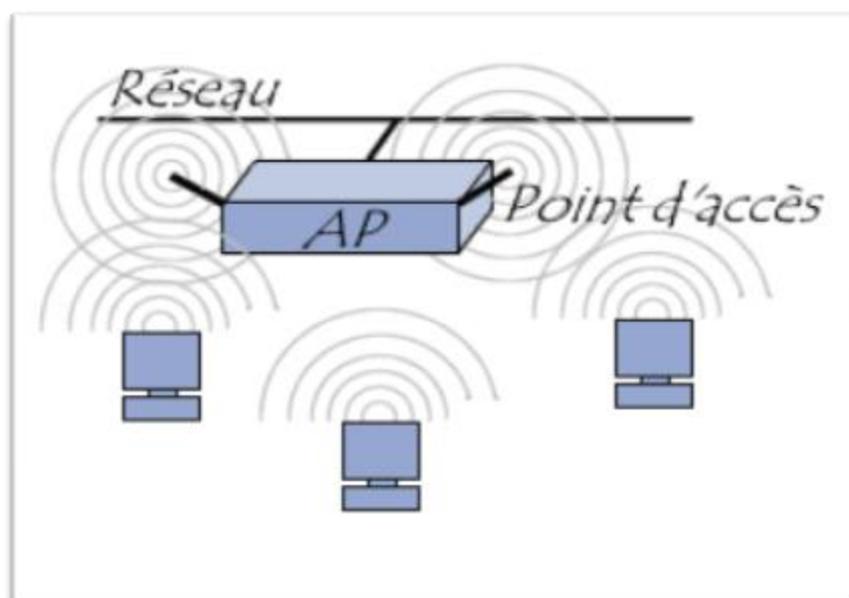
Sont basés sur une liaison utilisant des ondes radioélectriques (radio et infrarouge) à la place des câbles habituels.

Il existe plusieurs technologies se distinguant d'une part, par la fréquence d'émission utilisée, ainsi que le débit et la portée des transmissions (d'une dizaine de mètres à quelques kilomètres) [ABC].

Nous distinguons deux modes opératoires de fonctionnement dans les réseaux sans fil le mode avec infrastructure et le mode sans infrastructure [CAG].

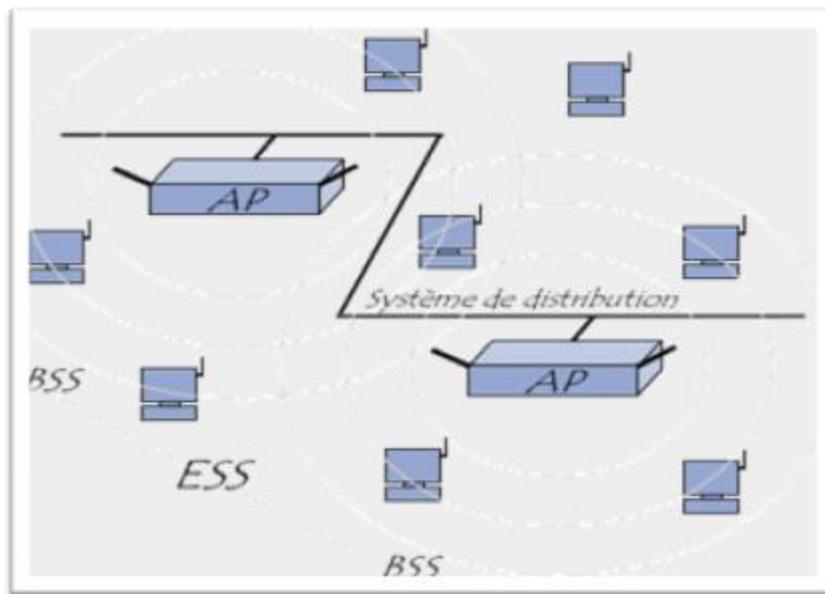
### ➤ Mode avec infrastructure

En mode infrastructure chaque ordinateur station (noter **STA**) se connecte à un point d'accès via une liaison sans fil. L'ensemble formé par le point d'accès et les stations situées dans sa zone de couverture est appelé ensemble de services de base (en anglais basic service set, noté **BSS**) (*Figure 1.1*).



*Figure 1.1 : Mode avec infrastructure [CAG].*

Il est possible de relier plusieurs points d'accès entre eux (ou plus exactement plusieurs BSS) par une liaison appelée système de distribution (noter **DS** pour *Distribution System*) afin de constituer un ensemble de services étendus (*Extended Service Set* ou *ESS*). Le système de distribution (DS) peut être aussi bien un réseau filaire, qu'un câble entre deux points d'accès ou bien même un réseau sans fil ! (*Figure 1.2*).



*Figure 1.2 : Mode avec infrastructure [CAG].*

Un ESS est repéré par un **ESSID** (Service Set Identifier), c'est-à-dire un identifiant de 32 caractères de long (au format **ASCII**) servant de nom pour le réseau. L'ESSID, souvent abrégé en **SSID**, représente le nom du réseau et représente en quelque sorte un premier niveau de **sécurité** dans la mesure où la connaissance du **SSID** est nécessaire pour qu'une station se connecte au réseau étendu.

Lorsqu'un utilisateur nomade passe d'un BSS à un autre lors de son déplacement au sein de l'ESS, l'adaptateur réseau sans fil de sa machine est capable de changer de point d'accès selon la qualité de réception des signaux provenant des différents points d'accès. Les points d'accès communiquent entre eux grâce au système de distribution afin d'échanger des informations sur les stations et permettre le cas échéant de transmettre les données des stations mobiles. Cette caractéristique permettant aux stations de "passer de façon transparente" d'un point d'accès à un autre est appelé itinérance (en anglais **roaming**).

- **La communication avec le point d'accès :**

Lors de l'entrée d'une station dans une cellule, celle-ci diffuse sur chaque canal une requête de sondage (*probe request*) contenant l'ESSID pour lequel elle est configurée ainsi que les débits que son adaptateur sans fil supporte. Si aucun ESSID n'est configuré, la station écoute le réseau à la recherche d'un SSID.

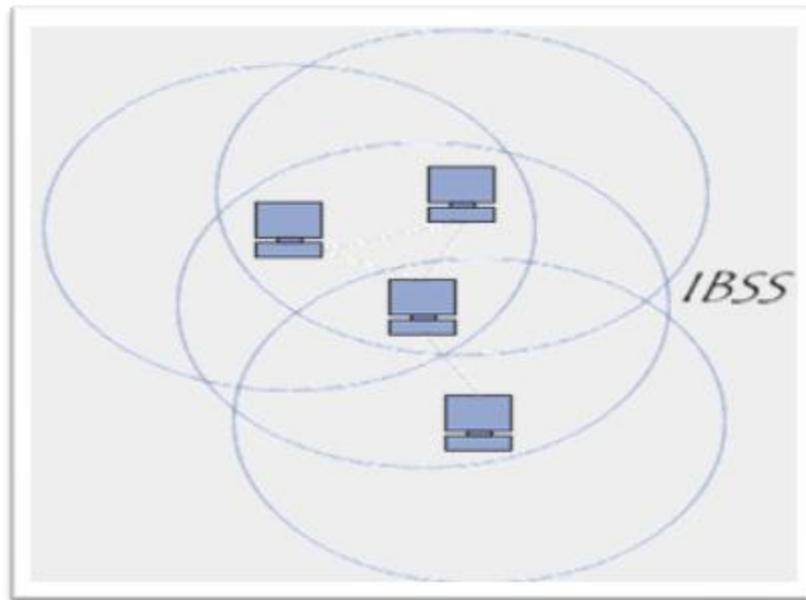
En effet, chaque point d'accès diffuse régulièrement (à raison d'un envoi toutes les 0.1 secondes environ) une **trame balise** (nommée **beacon** en anglais) donnant des informations sur son BSSID, ses caractéristiques et éventuellement son ESSID. L'ESSID est automatiquement diffusé par défaut, mais il est possible (et recommandé) de désactiver cette option.

À chaque requête de sondage reçue, le point d'accès vérifie l'ESSID et la demande de débit présent dans la *trame balise*. Si l'ESSID correspond à celui du point d'accès, ce dernier envoie une réponse contenant des informations sur sa charge et des données de synchronisation. La station recevant la réponse peut ainsi constater la qualité du signal émis par le point d'accès afin de juger de la distance à laquelle il se situe. En effet d'une manière générale, plus un point d'accès est proche, meilleur est le débit.

➤ **Mode sans infrastructure (ou le mode ad hoc)**

Dans le mode sans infrastructure, la notion de site fixe ou point d'accès n'existe pas. Toutes les stations du réseau se connectent les unes aux autres afin de construire un **réseau point à point** (*P2P pour peer to peer*). Ainsi, chaque machine joue en même temps le rôle de client et le rôle de point d'accès.

L'ensemble formé par les différentes stations est appelé ensemble de services de base Indépendants (en anglais **Independent Basic Service Set**, abrégé en IBSS) (*Figure 1.3*).



**Figure 1.3 :** Mode sans infrastructure [CAG].

Un IBSS est ainsi un réseau sans fil constitué au minimum de deux stations et n'utilisant pas de point d'accès. L'IBSS constitue donc un réseau éphémère permettant à des personnes situées dans une même salle d'échanger des données. Il est identifié par un SSID, comme l'est un ESS en mode infrastructure.

Dans un réseau ad hoc, la portée du BSS indépendant est déterminée par la portée de chaque station. Cela signifie que si deux des stations du réseau sont hors de portée l'une de l'autre, elles ne pourront pas communiquer, même si elles "voient" d'autres stations. En effet, contrairement au mode infrastructure, le mode ad hoc ne propose pas de système de distribution capable de transmettre les trames d'une station à une autre. Ainsi, un IBSS est par définition un réseau sans fil restreint.

## 2. Définition de réseau ad hoc

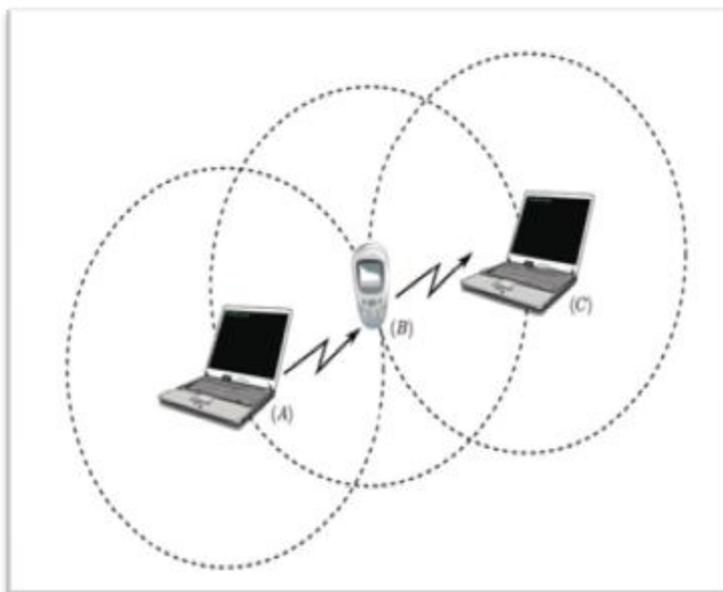
Un réseau ad hoc est un réseau sans fil capable de rendre transparentes aux utilisateurs mobiles les modifications de topologie qu'il subit.

Un réseau ad hoc comprend des plates-formes mobiles (par exemple, un routeur interconnectant différents hôtes et équipements sans fil) appelées nœuds qui sont libres de se déplacer sans contrainte (**Figure 1.4**).

Un réseau ad hoc est donc un système autonome de nœuds mobiles. Ce système peut fonctionner d'une manière isolée ou s'interfacer à des réseaux fixes au travers de passerelles.

Dans ce dernier cas, un réseau ad hoc est un réseau d'extrémité [SJ99].

La (*Figure 1.4*) montre un exemple de transmission d'un message dans un réseau ad hoc entre deux équipements distants A, et ce, comme ces deux derniers ne peuvent pas communiquer directement à cause de la portée limitée de supports de transmission utilisés, alors ils utilisent l'équipement B comme relai.



*Figure 1.4* : Exemple de transmission d'un message dans un réseau ad hoc [CB09].

## 2.1. Les caractéristiques principales de réseau ad hoc

Les caractéristiques principales qui différencient un réseau ad hoc d'un réseau classique [SJ99] :

- **Mobilité** : La mobilité des nœuds constitue à l'évidence une caractéristique très spécifique des réseaux ad hoc. Cette mobilité est intrinsèque au fonctionnement du réseau. Elle se distingue de la nomadisation (mobilité des seuls nœuds terminaux) ou de l'itinérance (équipements statiques, mais pouvant être déplacés). Dans un réseau ad hoc, la topologie du réseau peut changer rapidement, de façon aléatoire et non prédictible et les techniques de routage des réseaux classiques, basées sur des routes préétablies, ne peuvent plus fonctionner correctement.
- **Équivalence des nœuds du réseau** : Dans un réseau classique, il existe une distinction nette entre les nœuds terminaux (stations, hôtes) qui supportent les applications et les nœuds internes (routeurs par exemple) du réseau, en charge de

l'acheminement des données. Cette différence n'existe pas dans les réseaux ad hoc car tous les nœuds peuvent être amenés à assurer des fonctions de routage.

- **Liaisons sans fil** : Les technologies de communication sans fil sont indispensables à la mise en place d'un réseau ad hoc. Malgré des progrès très importants, leurs performances restent et resteront en deçà de celles des technologies des réseaux filaires. La bande passante est moins importante, alors que le routage et la gestion de la mobilité génèrent davantage de flux de contrôle et de signalisation que dans une architecture de réseau filaire. Ces flux doivent être traités de façon prioritaire pour prendre en compte rapidement les modifications de topologie.
- **Autonomie des nœuds** : La consommation d'énergie constitue un problème important pour des équipements fonctionnant grâce à une alimentation électrique autonome. Ces équipements intègrent des modes de gestion d'énergie et il est important que les protocoles mis en place dans les réseaux ad hoc prennent en compte ce problème.
- **Vulnérabilité** : Les réseaux sans fil sont par nature plus sensibles aux problèmes de sécurité. Pour les réseaux ad hoc, le principal problème ne se situe pas tant au niveau du support physique, mais principalement dans le fait que tous les nœuds sont équivalents et potentiellement nécessaires au fonctionnement du réseau. Les possibilités de s'insérer dans le réseau sont plus grandes, la détection d'une intrusion ou d'un déni de service plus délicate et l'absence de centralisation pose un problème de remontée de l'information de détection d'intrusions.

## 2.2. Avantages des réseaux ad hoc

Les réseaux ad hoc présentent plusieurs avantages, les plus importants sont [MK07] :

- **Déploiement facile, rapide et économique** : dans les réseaux ad hoc, la tâche fastidieuse du déploiement des stations de base (câblage, installation, etc.) n'est plus nécessaire. En conséquence, le déploiement est aussi plus rapide et se fait avec un faible coût.
- **Tolérance aux pannes** : un réseau ad hoc continue à fonctionner même si quelques nœuds tombent en panne, ceci est dû au fait qu'il ne comporte pas de nœuds centraux.

### 2.3. Applications

La nature décentralisée des réseaux ad hoc sans fil les rend appropriés à une variété d'applications où on ne peut pas compter dessus des nœuds centraux, et peut améliorer la flexibilité des réseaux ad hoc sans fil comparés aux réseaux contrôlés sans fil, bien que théorique [PR] et pratique [JDCR01] limites à la combinaison capacité de tels réseaux ont été identifiés.

La configuration minimale et le déploiement rapide rendent les réseaux ad hoc appropriés aux situations de secours comme des désastres normaux ou les militaires sont en conflit.

La présence d'un protocole de cheminement dynamique et adaptatif permettra aux réseaux ad hoc d'être formés rapidement.

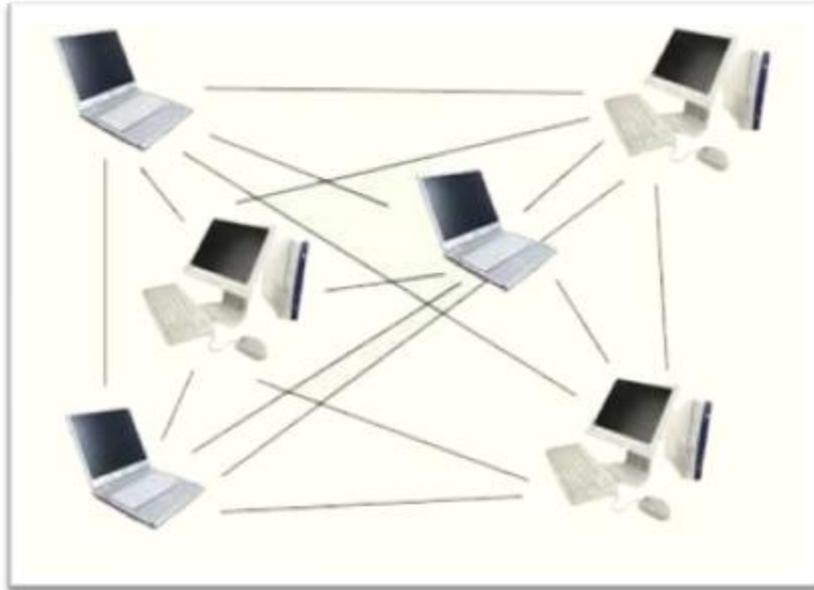
Des réseaux ad hoc sans fil peuvent être encore classifiés par leur application :

- Réseaux ad hoc mobiles (MANETs).
- Réseaux sans fil de maille.
- Réseaux sans fil de sonde.

## 3. Les Réseaux mobiles ad hoc

### 3.1. Définition

Un réseau mobile ad hoc, appelé généralement MANET (Mobile Ad hoc Networks), consiste en une grande population, relativement dense, d'unités mobiles qui se déplacent dans un territoire quelconque et dont le seul moyen de communication est l'utilisation des interfaces sans fil, sans l'aide d'une infrastructure préexistante ou administration centralisée (*Figure 1.5*) [BW].



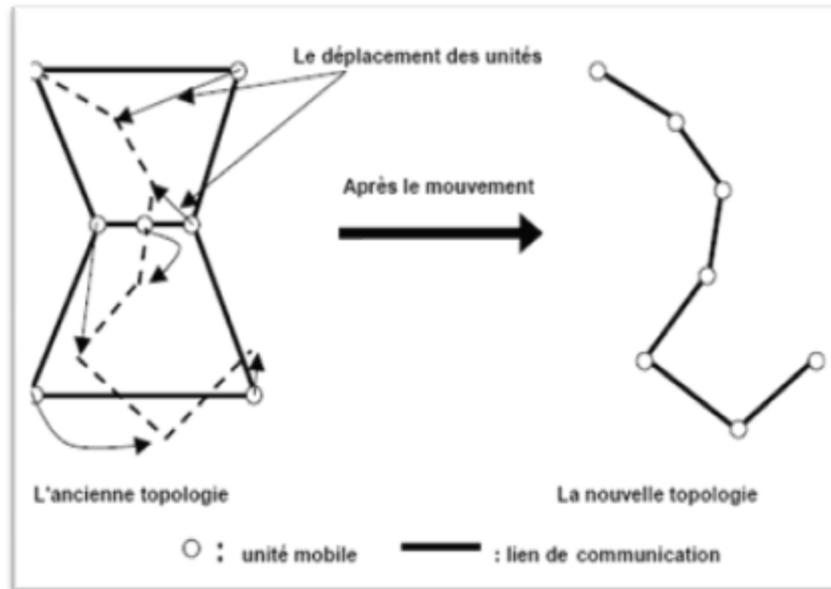
*Figure 1.5 : Un réseau mobile ad hoc [PDAF08].*

### 3.2. Caractéristiques des réseaux mobiles ad hoc

Les réseaux mobiles ad hoc ont un certain nombre de caractéristiques inhérentes à leur nature et à leur fonctionnement et dont nous citerons [MK07] :

- **Communications multi sauts** : dans un MANET, les nœuds qui ne peuvent directement atteindre les nœuds destinations auront besoin de relayer leurs données via d'autres nœuds. Ainsi, chaque nœud doit être capable d'accomplir la tâche de routage.
- **Contraintes de performances** : dans un réseau mobile ad hoc, les unités mobiles ont, en général, des performances et des capacités de stockage limitées.
- **Contraintes d'énergie** : Comme tous les calculateurs mobiles sont alimentés par batteries, l'objectif primordial des concepteurs est l'utilisation la plus efficace de cette énergie limitée.
- **Bande passante limitée** : le médium de communication sans fil a une capacité plus réduite que celui filaire. De plus, le débit effectif de la communication sans fil (avec prise en compte des effets du bruit, d'affaiblissement, des collisions, etc.) est souvent inférieur au débit maximal théorique. Une conséquence directe de la capacité relativement faible du médium sans fil est bien la congestion facile du réseau.
- **Interférences** : Les liens radios ne sont pas isolés, deux transmissions simultanées sur une même fréquence ou utilisant des fréquences proches peuvent interférer.

- **Topologie dynamique** : la mobilité, l'apparition et la disparition des nœuds, la présence d'obstacles (arbres, bâtiments, etc.), les conditions environnementales (pluie, neige, etc.) et les interférences des ondes, sont tous des facteurs qui affectent la qualité de propagation des ondes émises et se manifestent comme des changements de topologie (*Figure 1.6*).



*Figure 1.6: Changement de topologie [SJ99].*

- **Une sécurité physique limitée** : Vu leur mobilité ainsi que la nature des canaux de communication utilisés, les composants d'un réseau mobile ad hoc sont plus touchés par le paramètre de sécurité que les composants des réseaux filaires.

### 3.3. Domaines d'utilisation des réseaux mobiles ad hoc

On distingue une variété d'applications pour les réseaux de capteurs [IYE02]:

- **Applications militaires** : comme ces réseaux peuvent être déployés rapidement et avec très peu d'intervention humaine dans n'importe quelle situation, ils sont bien adaptés aux environnements hostiles tels que les champs de bataille [CB09].
- **Contrôle d'environnement** : des détecteurs (capteurs) éparpillés à travers une zone géographique peuvent être utilisés afin de collecter un ensemble d'informations (par Exemple : la température, l'humidité), et de l'envoyer à travers un réseau ad hoc à une station traitant ces informations.

- **Opérations de secours**: les unités de secours peuvent utiliser ces réseaux, lorsque les Infrastructures de télécommunications sont détruites (par exemple : à cause d'une catastrophe naturelle) et que l'établissement d'une liaison satellite pour chaque entité en communication est très coûteux.
- **Événements occasionnels**: les réseaux ad hoc peuvent être utilisés pour la mise en place instantanée d'un réseau reliant plusieurs ordinateurs portables entre eux. Ils s'avèrent particulièrement utiles lors de l'organisation d'événements tels que des conférences, des séminaires... etc.
- **Utilisation privée** : Ce type de réseau peut facilement être utilisé à l'intérieur d'une maison (réseau appelé *home network*), où un ensemble de robots ou bien d'équipements (audio/vidéo, alarme...) peuvent s'échanger des informations.
- **Mise en œuvre des réseaux véhiculaires** : (Vehicular Ad hoc NETwork) : Il se peut que des véhicules aient besoin de communiquer, soit entre eux, soit avec leur environnement, pour partager des informations ou par simple loisir. Étant donné que les véhicules circulent à grandes vitesses, il ne serait pas envisageable d'établir entre eux un réseau avec infrastructure. La solution ad hoc est donc la plus judicieuse.

## 4. Réseaux ad hoc véhiculaires

### 4.1. Définition VANETs

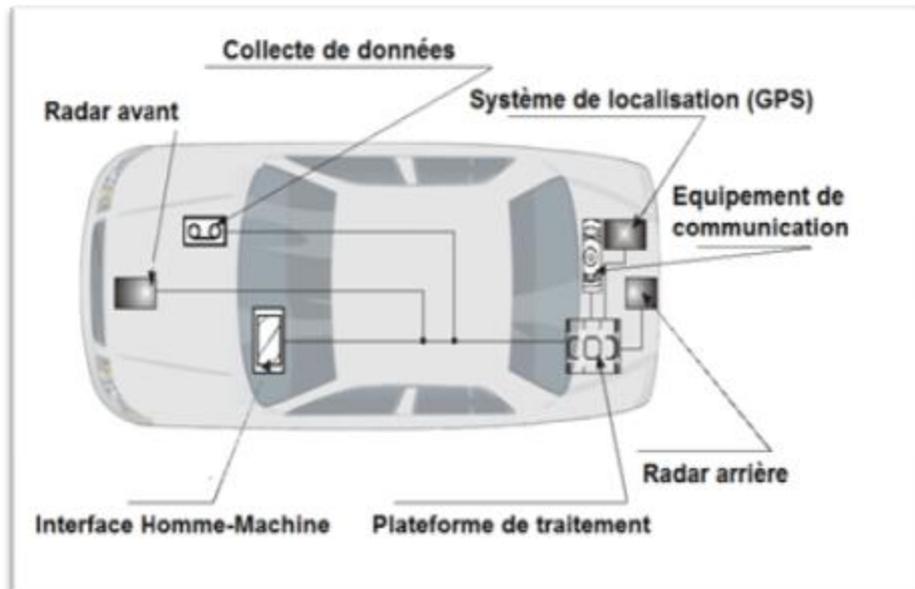
Réseau ad hoc véhiculaire, où VANET, est une forme de Réseau ad hoc mobile, pour fournir des communications parmi les véhicules voisins et entre les véhicules et l'équipement fixe voisin, habituellement décrit comme équipement de bord de la route.

Ce réseau tend à fonctionner sans n'importe quelle communication d'infrastructure ou de client et de serveur de legs. Chaque véhicule équipé du dispositif de VANET sera un nœud dans le réseau ad hoc et peut recevoir et transmettre par relais d'autres des messages par le réseau sans fil. L'avertissement de collision, les alarmes de signe de route et la vue sur place du trafic donneront au conducteur les outils essentiels pour décider le meilleur chemin le long de la manière [KAES06].

Le but principal de VANET fournit la sûreté et le confort pour des passagers. Pour la mise en place d'un tel réseau, certains équipements électroniques doivent être installés au sein

de véhicules (*Figure 1.7*), tels : les dispositifs de perception de l'environnement (radars, caméras), 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 : les réseaux sans fil de type 802.11, WIMAX, Bluetooth. Cependant, il existe une nouvelle famille de standards qui sont en cours de standardisation par l'équipe de travail IEEE1609 [JP04].



*Figure 1.7: Les éléments constituant le véhicule intelligent [JP04].*

#### 4.2. Les caractéristiques des VANETs

Les réseaux véhiculaires ont des caractéristiques spécifiques qui les distinguent de réseaux ad hoc mobiles, ces caractéristiques doivent être prises en compte lors de conception des protocoles pour les VANETs.

Dans cette partie, nous présentons quelques propriétés et contraintes concernant ce type de réseau :

- **La capacité d'énergie et stockage:** contrairement au contexte des réseaux MANET où la contrainte d'énergie représente un défi pour les chercheurs, les éléments du réseau VANET disposent suffisamment d'énergie [MJ08] qui peut alimenter les différents équipements électroniques d'une voiture intelligente. Donc, les noeuds sont censés avoir une grande capacité de traitement et de stockage de données.
- **La topologie et la connectivité:** comme les réseaux ad hoc mobiles, les réseaux VANET sont caractérisés par une connectivité sporadique, car un véhicule (noeud) peut rejoindre

ou quitter un groupe de véhicules en un temps très court, ce qui nous mène ainsi à avoir une topologie très dynamique constituée de plusieurs îlots séparés [MJ08].

- **Le modèle de mobilité:** plusieurs facteurs peuvent affecter la mobilité dans ces réseaux comme les infrastructures routières; par exemple : route, autoroute, panneaux de signalisation [MJFC07]. En outre, la mobilité dans les VANETs est liée directement au comportement des conducteurs et leurs réactions face à des obstacles ou des situations différentes et complexes rencontrées; par exemple: les heures d'embouteillage, les accidents... etc.
- **La sécurité et l'anonymat :** l'importance des informations échangées via les communications véhiculaires rend l'opération de sécurisation de ces réseaux cruciale qui constitue un pré-requis au déploiement des VANETs [SU09].

### 4.3. Technologies utilisées dans la communication véhiculaire

Par analogie à ce qui existe dans les réseaux sans fil, il est possible d'implémenter la communication inter-véhicules suivant trois approches [CB09] :

#### 4.3.1. Utilisation d'infrastructures

Cette approche repose sur le modèle client/serveur, où les véhicules sont les clients, et des stations installées le long de la route sont les serveurs.

Ces serveurs sont connectés entre eux via une interface filaire ou sans fil. Toute communication doit passer par eux. Ils peuvent aussi offrir aux utilisateurs des services concernant le trafic et même les connecter à d'autres réseaux comme Internet.

Cette solution n'est malheureusement pas appropriée pour cette situation pour des raisons de coût et de temps. L'installation et la maintenance des stations le long des routes sont deux tâches coûteuses. La mise en œuvre de cette solution nécessite également beaucoup de temps.

#### 4.3.2. Utilisation de réseaux cellulaires

Cette approche repose sur l'utilisation de réseaux cellulaires (GSM par exemple). Chaque véhicule est équipé d'une unité de communication sans fil qui communique avec les autres unités via une station de base.

Ces stations offrent des services concernant le trafic et peuvent être reliées à un centre d'observation ou à d'autres réseaux comme internet.

Cette solution repose comme la précédente sur le modèle client/serveur. L'unité mobile se connecte à une station lorsque le conducteur (ou le système du véhicule) a besoin d'informations ou d'assistance.

Il se peut également que la station envoie, périodiquement, des messages de notification sans demande du conducteur pour lui donner des informations sur le trafic.

Les inconvénients de cette approche sont : la difficulté pour une station de gérer un grand nombre de véhicules connectés simultanément, la nécessité d'installer une infrastructure physique coûteuse en temps et en argent et l'absence de couvertures de certaines zones rurales.

### **4.3.3. Communication directe**

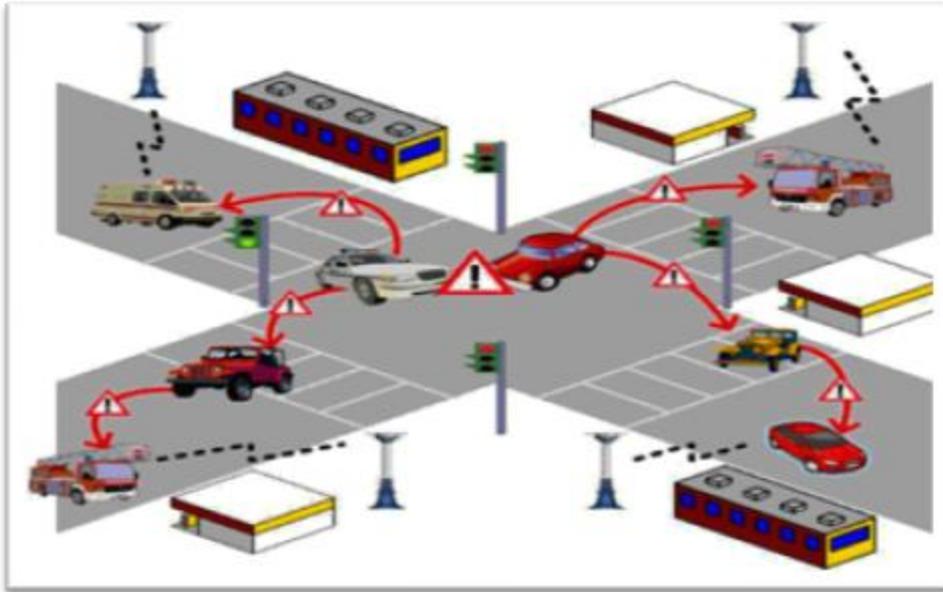
Un réseau mobile utilisant cette approche est appelé VANET (Vehicular Ad hoc NETWORK). Aucune infrastructure n'est utilisée et tous les véhicules sont équipés pour communiquer en full duplex directement entre eux. Aucun serveur n'est nécessaire dans la mesure où toutes les voitures peuvent communiquer deux à deux (*Figure 1.8*).

Contrairement aux deux approches précédentes, aucune installation n'est nécessaire sur les routes, ce qui donne lieu à une communication moins coûteuse et plus flexible.

Les véhicules peuvent par conséquent communiquer n'importe où, que ce soit sur des autoroutes, des routes de montagnes ou des routes urbaines.

Cette approche souffre de certains inconvénients dont nous citons, les délais de communication qui est élevée, étant donné que la communication se fait en utilisant le multi hop.

Les déconnexions fréquentes, dues au fait que les véhicules sont mobiles et la sécurité réseau très limitée.



*Figure 1.8: Exemple de réseau Vanets[FER].*

Après une étude des trois approches, la dernière semble la mieux adaptée pour la mise en œuvre d'un réseau véhiculaire sous la condition que la proportion de véhicules équipés d'outils de communication soit importante.

En effet, elle permet une communication décentralisée et peu coûteuse, et satisfait aux mieux les contraintes d'un système de sécurité active.

#### 4.4. Applications des VANET

Les VANET peuvent être utilisés pour [SAA] :

##### 4.4.1. Les applications prévues avec cette technologie

- Appel d'urgence.
- Transfert de données (musique MP3, fichiers en provenance du bureau ou de la maison).
- Accès à Internet.
- Péage électronique.

##### 4.4.2. Les applications en temps réel

- **La prévention et la sécurité routière** : les VANETs peuvent améliorer la prévention routière de façon significative, en alertant le conducteur d'une situation dangereuse. Ils permettent également d'élargir le champ de perception du conducteur à celui de l'ensemble des véhicules avec lesquels il peut communiquer (*Figure 1.9*).

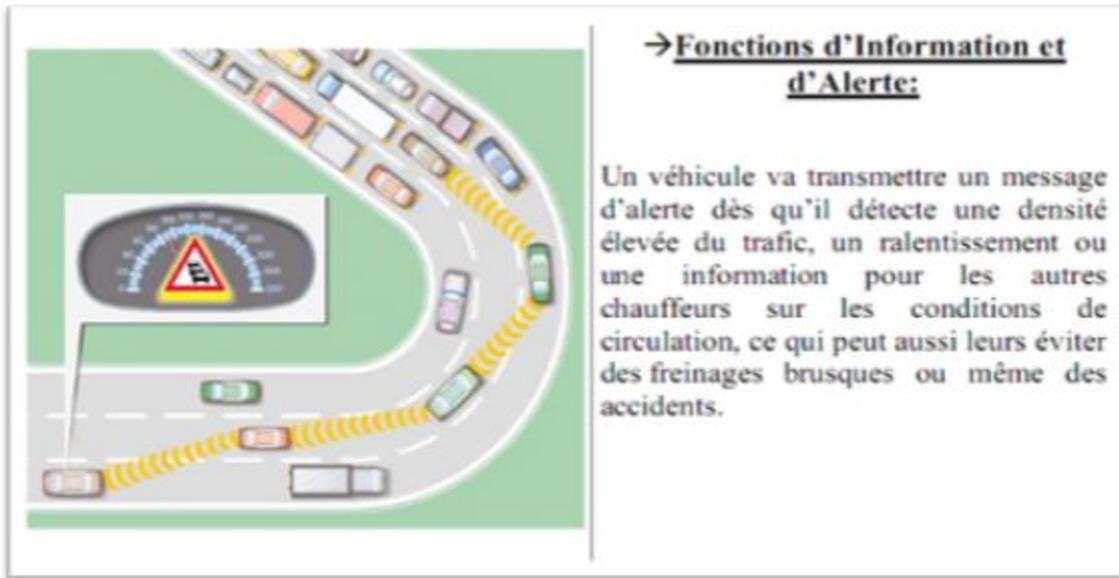


Figure 1.9 : Fonction d'alerte entre véhicules [SAA].

➤ **Coopération entre véhicules :**

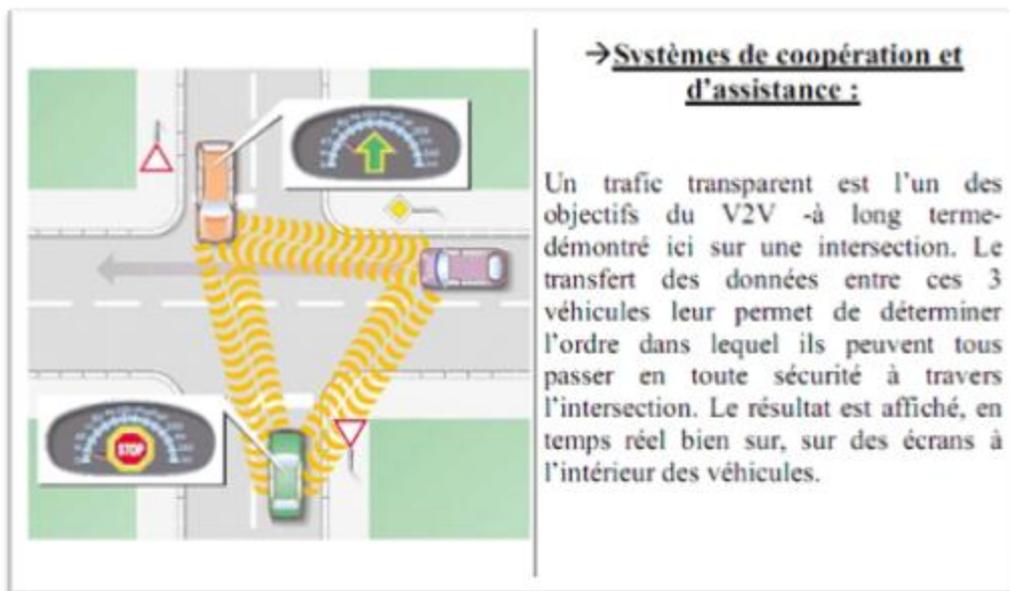


Figure 1.10: Coopération entre véhicules [SAA].

- **L'optimisation du trafic :** le trafic automobile peut être grandement amélioré grâce à la collecte et le partage des données collectées par les véhicules. Une voiture peut, par exemple, être avertie d'un embouteillage, d'un éboulement de rochers ou d'un accident avant qu'elle ne s'en approche, ce qui lui permet de ne pas emprunter la route qui y mène.

- **Le confort des passagers** : les réseaux véhiculaires peuvent aussi améliorer le confort des passagers, en leur offrant des services, comme l'accès à internet.

## 4.5. Le Routage dans Les Réseaux véhiculaires ad hoc

### 4.5.1. Définition du routage

Le routage est une méthode d'acheminement des informations à la bonne destination à travers un réseau de connexion donné.

Le problème de routage consiste à déterminer un acheminement optimal des paquets à travers le réseau au sens d'un certain critère de performance.

Le problème consiste à trouver l'investissement de moindre coût en capacités nominales et de réserves qui assure le routage du trafic nominal et garantit sa serviabilité en cas de n'importe quelle panne d'arc ou de nœud [AAB].

### 4.5.2. Routage C(V2V)

L'idée, déjà évoquée auparavant, est de permettre aux voitures de communiquer entre elles. Sous les initiales C se cache donc un système d'échange d'informations qui va permettre de meilleures réactions dans des situations comme des bouchons, des routes gelées, enneigées, des accidents de la route, etc..

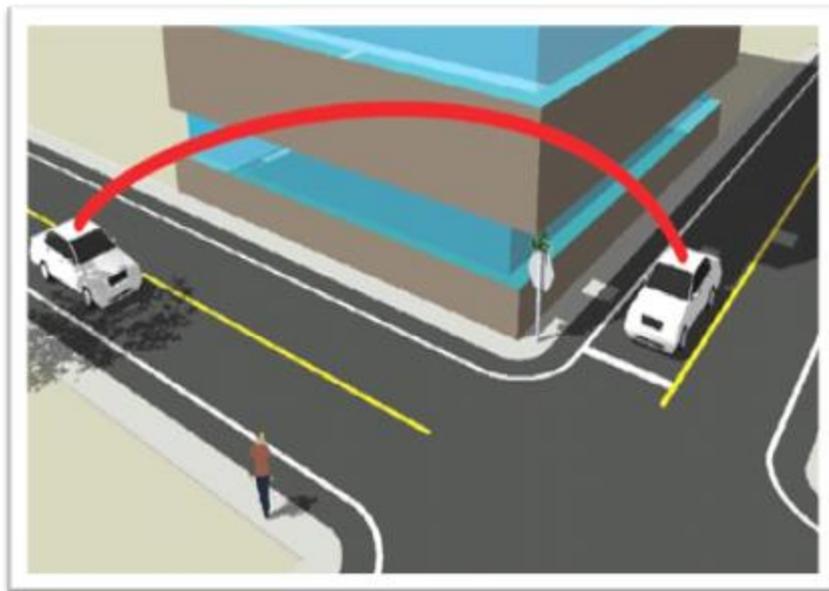
De cette manière, tous les futurs véhicules équipés du système Car2Car seront capables de communiquer entre eux, quelle que soit leur marque, afin de véhiculer des informations importantes.

Les relais sont tout simplement les véhicules qui acheminent l'information de l'un à l'autre sans avoir à passer par un maillage d'émetteurs et récepteurs externes pour couvrir le territoire. L'exemple introductif donné par Car2Car est simple. Imaginez qu'un accident arrive sur la route que vous prenez, quelques kilomètres devant vous. Les véhicules accidentés vont envoyer un signal aux voitures arrivant sur le lieu de l'accident. Ces dernières vont reproduire l'information vers les voitures derrière elles et ainsi de suite.

De cette manière, les automobilistes pourront être prévenus quasiment en temps réel des accidents de la circulation et ils pourront modifier leur itinéraire en conséquence. Cet exemple peut être appliqué à d'autres cas de figure qui ne concernent pas forcément un accident, mais d'autres aléas du trafic. On peut imaginer que Car2Car pourra également

concerner un problème sur un véhicule en panne ou accidenté seul dans un endroit inaccessible. L'information sera alors transmise de voiture en voiture jusqu'au point de surveillance central de l'état de la circulation et du trafic jusqu'aux premiers secours. Car2Car est basé sur la norme **WiFi 802.11**.

À côté des applications sur la conduite et le trafic, Car2Car sera particulièrement bien adapté à d'autres émissions et réceptions d'informations en temps réel. Car2Car annonce déjà qu'à travers cette norme, il sera possible de récupérer de la musique depuis son PC installé dans sa maison vers sa voiture et vice versa. Le (*Figure 1.11*) illustre la communication entre deux voitures pour gérer le trafic [SAA].



*Figure 1.11 : Exemple de réseau C [SAA].*

#### 4.5.3. Routage I(V2I)

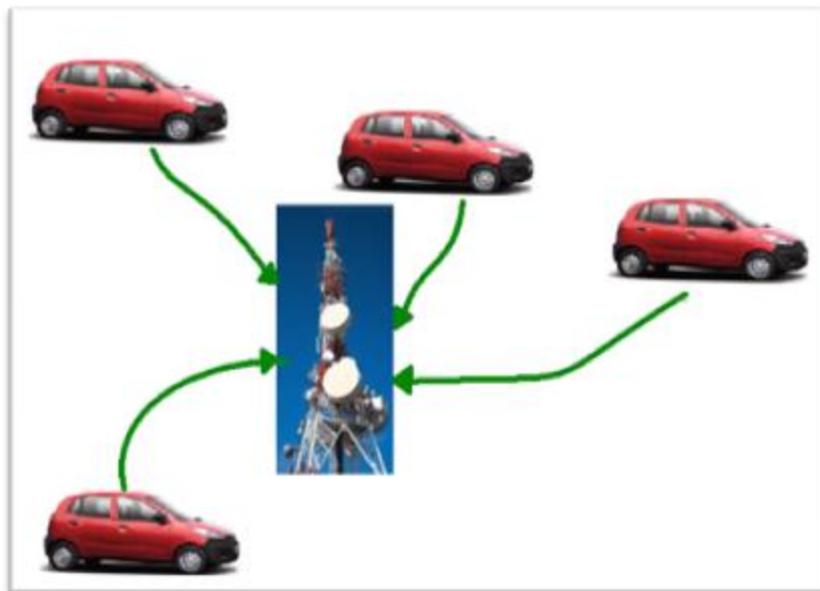
Parmi les nouvelles technologies sans fil utilisées par les conducteurs et les passagers, à courte portée de la communication sans fil basée sur **IEEE 802.11** qui a reçu une attention considérable dans le monde entier. Grâce à son faible coût, sa disponibilité et son déploiement à grande échelle, il est attendu que les futures voitures seront équipées de dispositifs de bord d'unités offrant des interfaces sans fil **IEEE 802.11** et les antennes (*Figure 1.12*).

La technologie sans fil permet une répartition intégrale des véhicules de communication dans un réseau basé sur l'auto-organisation et d'auto-coordination des nœuds du réseau ad hoc.

La combinaison de la technologie courte-portée de la communication sans fil et des réseaux ad hoc facilite la communication voiture - infrastructure regroupée sous CAR-2-I, et elle est considérée comme une pierre angulaire pour l'avenir des systèmes de transport intelligents (ITS).

Un objectif majeur de la CAR-2-I est l'amélioration de la sécurité de la route la réduction durable de décès dus aux accidents de la route. En outre, la communication CAR-2-I permet aux d'améliorer l'efficacité du trafic où les fréquences dédiées seront allouées pour la sécurité et l'efficacité de la circulation pour la fréquence considérée.

C' est pourquoi une grande gamme de possibilités est offerte , pour un intérêt commun et public, de la part des gouvernements, et du monde industriel pour standardiser et déployer la technologie CAR-2-X technologies de la communication existe[SAA].



*Figure1.12: Exemple de réseau V2 I [SAA].*

#### 4.6. Les services offerts par les réseaux VANET

➤ **Les services liés à la sécurité routière :**

Ces services concernent les applications ayant un impact direct sur la sécurité des personnes et des biens, c'est-à-dire les applications qui permettent de réduire le nombre des accidents routiers et d'améliorer les conditions de circulation.

Les services liés à la sécurité routière 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'il s'approche d'une intersection, avant même de la voir.

Certains services peuvent automatiquement effectuer les actions appropriées pour éviter les accidents alors que d'autres services se contenteront d'assister les conducteurs [NC].

➤ **Services liés au confort:**

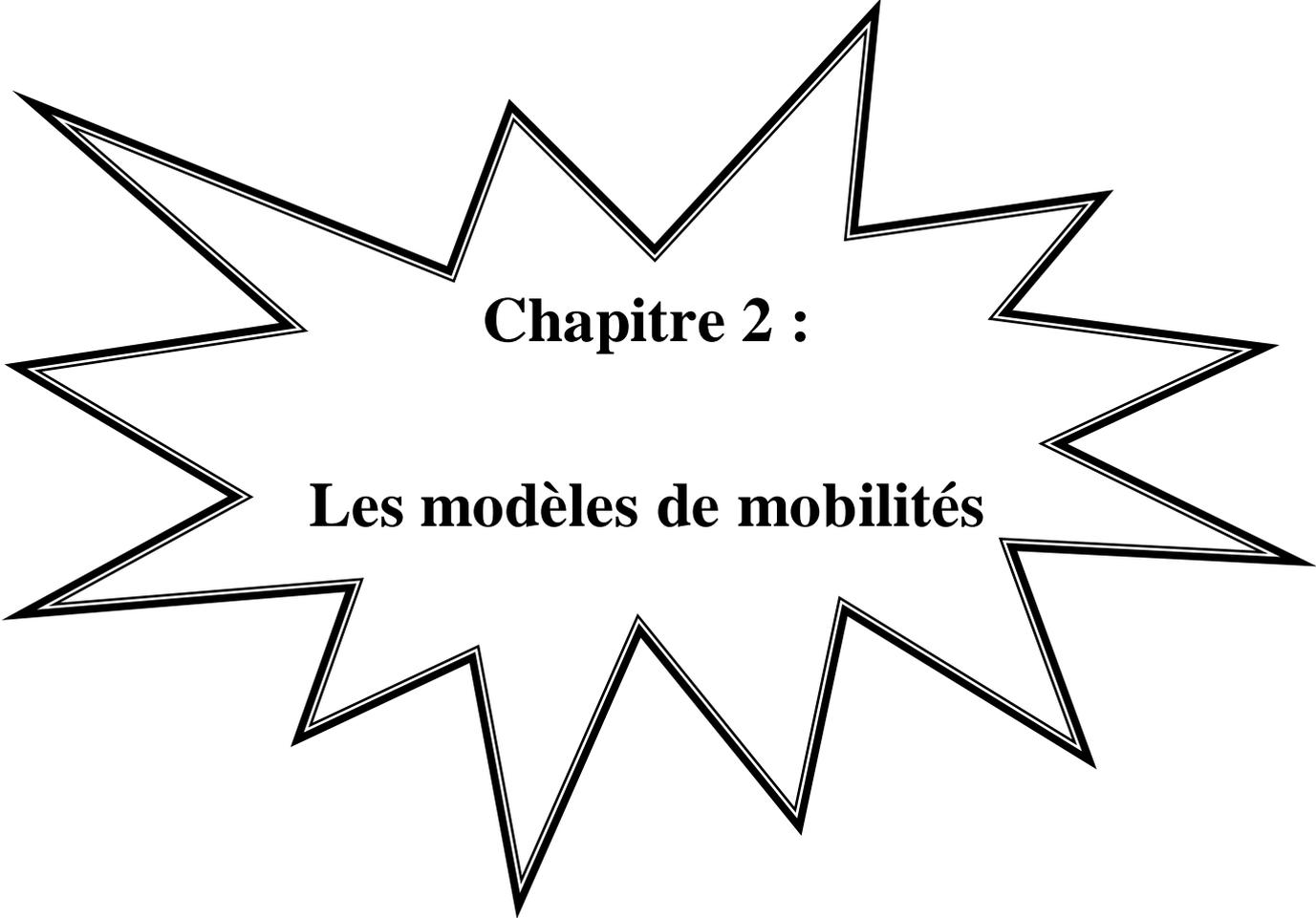
Les réseaux VANET ne se contenteront pas seulement à offrir des services liés à la sécurité des véhicules et leurs occupants, mais permettront aussi d'assurer le confort de ces derniers durant leurs voyages; ces services comprennent, entre autres : la messagerie instantanée, les jeux en réseau, l'accès à Internet, les paiements automatiques et la diffusion d'informations utiles sur la disponibilité de l'espace de stationnement dans les parkings en indiquant aux conducteurs les espaces libres. Le champ d'application de ces services, à ce stade, est très large et offre des perspectives intéressantes aux opérateurs de télécommunications en leur permettant de réaliser des bénéfices supplémentaires [NC].

## **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons montré que les communications véhiculaires avec ces deux modes V2I et V2V permettent d'améliorer d'une part la sécurité routière grâce aux messages échangés entre les véhicules, et de rendre d'autre part les routes plus agréables grâce à la diversité des services offerts.

L'objectif principal de ce chapitre a été de donner une approche sur les réseaux ad hoc mobiles (MANET) en général, et les réseaux ad hoc véhiculaires (VANET) en particulier. Les VANET représentent un axe de recherche récent comportant plusieurs domaines. Vu l'importance de la simulation dans le test de ces réseaux, de plus en plus d'équipes de recherche s'intéressent à un aspect de la simulation qui est la modélisation de la mobilité.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter quelques modèles de mobilité spécifiques aux VANETs ainsi que la notion de la mobilité.



**Chapitre 2 :**

**Les modèles de mobilités**

## **Chapitre 2 :**

### **Les modèles de mobilités**

#### **Introduction**

Le choix du modèle de mobilité est l'un des paramètres de simulation les plus critiques elle doit être suffisamment réaliste a fin de prendre en compte le comportement des unités mobiles et relativement simples pour ne pas générer une charge de calcul trop importante il dépend principalement des applications simulées et des scénarios utilisés.

La mobilité est un paramètre primordial dans les VANET, avec un bon simulateur, plus le modèle de mobilité est réaliste, plus les résultats de la simulation sont proches de la réalité.

Dans cette partie, nous allons choisir quelques modèles de mobilité spécifiques aux VANETs (Freeway, Manhattan, modèle de TSM (Traffic Sign Model)).

## 1. Définition de la mobilité

La mobilité est très importante dans la simulation de réseaux de véhicules. En effet, c'est elle qui va déterminer si deux pairs sont proches et peuvent communiquer et une des spécificités des réseaux de véhicules est que le déplacement des véhicules est caractérisé par les infrastructures (routes, feux, tricolores, carrefour...). La prise en compte des dépassements, des bouchons sont très importants pour la représentation de la réalité.

Afin de définir un modèle de mobilité adéquat pour les réseaux de véhicules, on distingue les environnements suivants [FNA03]:

- **Autoroute** : environnement ouvert caractérisé par une grande vitesse de déplacement (avec des limites : vitesse min et vitesse max), avec des dépassements de véhicules, et une densité de noeuds fonction de l'heure de la journée.
- **Ville** : vitesse modérée avec une probabilité d'intersection plus grande. Il existe des endroits d'arrêt aux feux, une grande densité de voitures, et l'existence de certaines routes plus fréquentées que d'autres (routes principales, endroit commercial ou touristique par exemple).
- **Rase campagne** : caractériser par des vitesses moins importantes avec une densité de voitures plus faible.

## 2. Modèles de mobilité pour VANET

La mobilité véhiculaire est restreinte à des routes et obéit à des mécanismes de contrôle de trafic. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre des modèles adéquats suivant certains scénarios.

Ces modèles spécifiques aux VANET sont plus gourmands en temps et en mémoire que les modèles généraux, mais sont plus adaptés aux déplacements véhiculaires [FNA03].

### 2.1 Modèle Freeway

Le modèle de mobilité Freeway [FNA03] est défini une mobilité basée sur une carte pour imiter le déplacement des voitures. Plusieurs autoroutes (d'où le nom : Freeway) sont situées sur la zone de simulation, comme la montre la (*Figure 2.1*).

Chaque autoroute est composée de plusieurs voies permettant de circuler dans les deux directions (une voie ne permet de se déplacer que dans un seul sens). Au début de la

simulation, les nœuds sont placés aléatoirement sur les voies et circulent avec des vitesses qui dépendent d'un historique :

$$V(t+1) = V(t) + \text{random} * a(t).$$

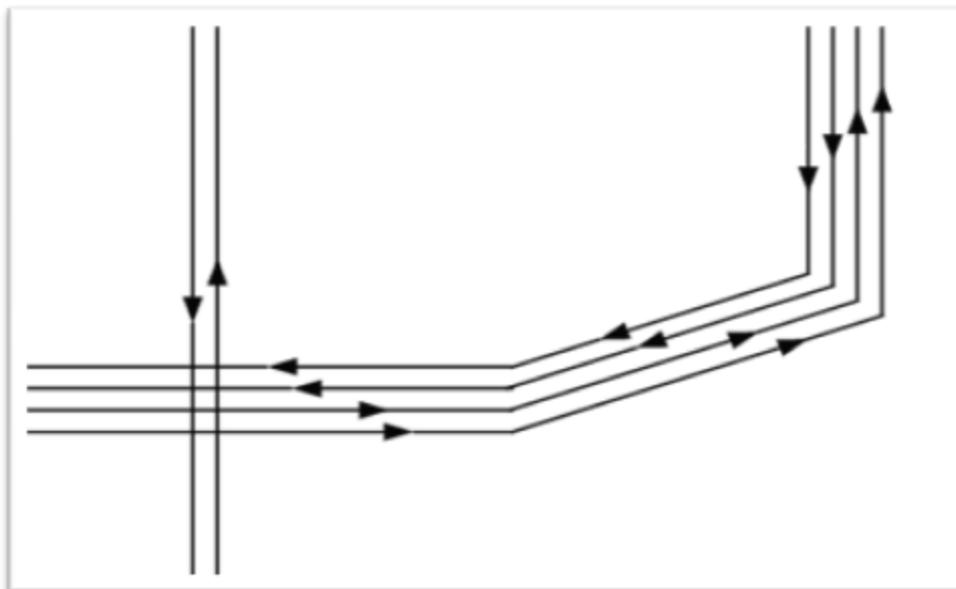
- $V(t)$  : la vitesse du nœud à l'instant  $t$ .
- $\text{random}$  : Valeur aléatoire uniformément choisie dans l'intervalle  $[-1,1]$ .
- $a(t)$  : Accélération d'un nœud à l'instant  $t$ .

Une distance de sécurité est également définie pour ce modèle entre deux véhicules qui se suivent sur la même voie. Ainsi, si un nœud A suit un autre nœud B, il doit se déplacer à une vitesse inférieure ou égale à celle de B. Cette règle peut être modélisée par la formule suivante:

Quelque soit  $i, j, t$  :  $D_{ij}(t) < SD \Rightarrow V_i(t) \leq V_j(t)$ .

Tq le nœud  $j$  se trouve devant le nœud  $i$  sur la même voie.

- $D(t) i, j$  : Distance entre les nœuds  $i$  et  $j$  à l'instant  $t$ .
- $SD$  : Distance de sécurité entre les nœuds.
- $V(t) i$  : Vitesse d'un nœud  $i$  à l'instant  $t$ .



**Figure 2.1** : Déplacements dans le modèle Freeway.

La dernière règle de ce modèle est qu'un nœud ne peut changer de voie, et s'il sort de la zone de simulation, une nouvelle voie lui est choisie aléatoirement parmi les voies disponibles [FNA03].

Ce modèle présente certaines contraintes supplémentaires :

- ✓ Les nœuds ne peuvent changer de voie au niveau d'intersection.
- ✓ Les nœuds ne s'arrêtent jamais, ce qui n'est pas le cas dans la réalité.
- ✓ L'absence des mécanismes de contrôle, où les véhicules s'arrêtent devant les feux de circulation, les stops.

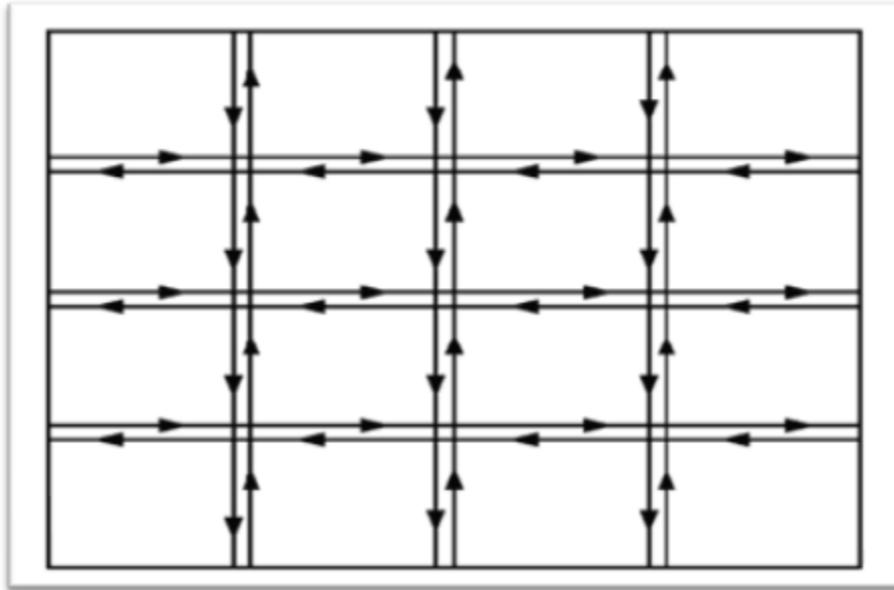
## 2.2 Modèle Manhattan

Comme le modèle Freeway, ce modèle est repose sur une carte pour modéliser les mouvements véhiculaires. Il est utilisé pour simuler un environnement urbain. Avant de commencer la simulation, une carte contenant des rues horizontales et verticales est générée (**Figure 2.2**). Chaque rue comporte deux voies permettant de circuler dans les deux sens (Nord et Sud pour une voie verticale, est et Ouest pour une voie horizontale).

Lorsque la simulation commence, les véhicules sont placés de façon aléatoire pour circuler suivant des vitesses qui dépendent d'un historique (la formule utilisée est la même que celle du modèle Freeway). Lorsqu'un nœud atteint une intersection (croisement entre une voie horizontale et une voie verticale), il choisit une direction à prendre : continuer tout droit, tourner à droite ou à gauche.

La vitesse, quant à elle, est régie par une seule règle : un nœud ne doit pas se déplacer plus vite qu'un nœud qui se trouve devant lui, à une distance inférieure à la distance de sécurité qui est un paramètre du modèle [FNA03].

Le modèle Manhattan ressemble au modèle Freeway en termes de restriction de la mobilité et de règles de déplacement. Cependant, il apporte une plus grande liberté de mouvement, étant donné qu'un nœud peut changer de voie au niveau des intersections.



*Figure 2.2 : Déplacements dans le modèle Manhattan.*

### 2.3 TSM (Traffic Sign Model)

Ce modèle utilise une carte réelle. Cependant, il intègre le mécanisme de contrôle de trafic. Ce mécanisme est : les feux de circulation.

Dans le modèle TSM, les feux de signalisation sont placés sur chaque intersection, obligeant chaque véhicule à s'arrêter pour une certaine durée de temps. Les voitures s'arrêtent lorsque le feu est rouge, et traversent lorsqu'il est vert. Le comportement des véhicules avec ces feux est le suivant :

Quand un nœud s'approche d'une intersection et se trouve en tête de queue (s'il y a une queue), il décide avec une probabilité  $p$  de s'arrêter (donc, il décide de continuer avec une probabilité de  $(1-p)$ ). S'il décide de s'arrêter, un temps d'attente lui sera choisi aléatoirement entre 0 et une valeur fixée  $w$ .

lorsqu'une file est formée au niveau d'une intersection, chaque nœud est obligé d'attendre le restant du temps d'attente du nœud qui le précède, plus une seconde (pour simuler le délai de démarrage d'un véhicule dans la queue).

Chaque fois que le feu devient vert, les véhicules commencent à traverser l'intersection, l'un après l'autre jusqu'à ce que la voie soit vide.

Le prochain véhicule qui arrive en tête de queue va encore décider avec une probabilité  $p$  de traverser, et avec une probabilité de  $1-p$  de s'arrêter et le processus recommence.

Dans ce modèle, les nœuds mobiles qui se suivent doivent respecter une distance de sécurité.

Les emplacements initiaux des nœuds et leurs destinations sont aléatoires. Les chemins qu'empruntent les nœuds entre points de départ et destinations sont générés grâce à un algorithme du plus court chemin [ANKA].

Le modèle offre plus de réalisme que les précédents, en intégrant des mécanismes de contrôle du trafic.

Ce modèle présente certaines contraintes supplémentaires :

- ✓ La disposition des feux de circulation sur les cartes ne sont pas réalistes, car il est impossible de trouver une zone où toutes les intersections comportent des feux.
- ✓ Ne prends pas en charge la notion du doublement si le nœud se trouve derrière un véhicule plus lent.

Le **Tableau 1.1** représente un récapitulatif des modèles de mobilité pour VANETs présentés dans ce parti.

Les modèles de mobilité	Freeway	TSM	Manhattan
Utilisation de cartes réelles	NON	OUI	NON
Nombre de voies	Plusieurs dans les 2 sens	1 Dans chaque sens	1 Dans chaque sens
Change ment de voies	NON	Au niveau d'intersections	Au niveau d'intersections
Mécanismes de contrôle du trafic	NON	Stop	NON
Doublement	NON	NON	NON
Distance de sécurité	OUI	OUI	OUI
Présence d'intersections	NON	OUI	OUI
Temps de pause	NON	OUI au niveau des intersections	NON

*Tableau 2.1 : Comparaison entre les Modèles de mobilité pour VANETs.*

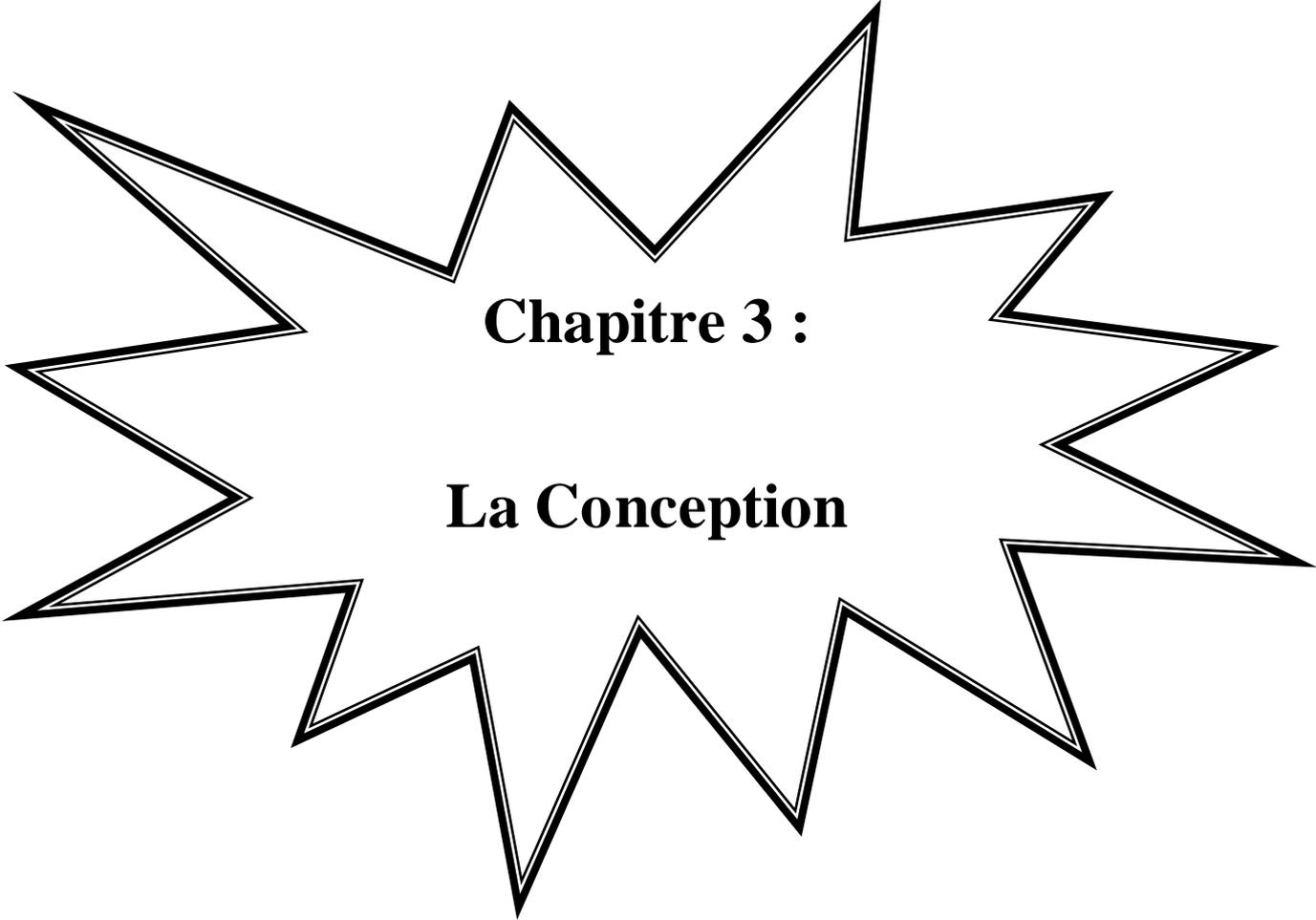
## **Conclusion**

Ce chapitre a pour objet de définir la notion de modèle de mobilité qui est un élément plus important dans la simulation des réseaux mobiles.

Nous avons présenté le modèle Freeway (qui assure que les nœuds mobiles se déplacent sur des cartes routières) et Manhattan (représentant le mouvement des nœuds dans une zone urbaine).

Enfin, nous avons présenté le modèle TSM qui permet des simulations sur des cartes réelles et qui intègrent des mécanismes de contrôle du trafic.

Dans le chapitre suivant, nous nous intéressons donc à la conception de la plateforme ainsi qu'à la description de nos modèles adaptés dans le cadre de ce travail.



**Chapitre 3 :**

**La Conception**

## **Chapitre 3 :**

# **La Conception**

### **Introduction**

Nous avons présenté dans le chapitre précédent quelques modèles de mobilité pour simuler des déplacements véhiculaires proches de la réalité.

Le modèle gère les déplacements à l'intérieur de la zone de simulation, qui est dans le cas des VANETs, une carte routière d'une certaine dimension et d'une certaine disposition.

Dans ce chapitre, nous décrivons les modèles adoptés dans le cadre de ce projet et la conception générale de la plateforme d'étude.

L'objectif de cette plateforme est de fournir des mesures via des modèles proches de la réalité.

## 1. Objectifs de notre projet

Les objectifs liés à la réalisation de ce projet sont multiples :

- Étudier les modèles de mobilité mis en place dans le cadre de réseaux VANET.
- Comprendre le fonctionnement de ces modèles.
- Tester les modèles d'après notre compréhension
- Voir ses performances, la densité du réseau de véhicules: nombre de véhicules, nombre de voies, etc.
- Simuler un réseau mobile et dégager des résultats quant à la fiabilité des liens, les délais...
- Dégager des résultats comparatifs de chacune des simulations.

## 2. Génération des modèles de mobilité

Plusieurs aspects sont étudiés ou mis en œuvre dans le cadre de ce projet. En effet, la plateforme de simulation que nous allons mettre en place devrait offrir la possibilité de rapprocher les modèles de simulation des modèles réels à travers les mesures qu'elle va offrir. C'est pour cette raison que nous avons adopté plusieurs modèles pour toucher de proche les défis et les problèmes qu'on peut confronter lors de planification des modèles.

La mobilité est introduite dans plusieurs simulations à travers ses différentes composantes, que ce soit vitesse, longueur des routes, distribution des véhicules, etc.

- Les vitesses par exemple vont être choisies par l'utilisateur de la plateforme dans plusieurs simulations comme paramètres d'entrée, où on fixe donc les vitesses maximales, les vitesses minimales ou les vitesses moyennes selon le cas de la simulation. Ceci a été adopté pour rendre la plateforme flexible et adaptable à plusieurs cas de figure.
- La distribution des véhicules est simulée, pour dégager ensuite les paramètres qui nous intéressent.
- Les longueurs des routes sont aussi fixées par l'utilisateur selon le modèle qu'il voulait simuler.

### 3. Conception et description du modèle

Dans la conception du modèle, l'utilisateur de la plateforme contribue de manière très flexible au choix des paramètres de simulation : ceci a pour objectif de le rapprocher de ses besoins et pouvoir ainsi obtenir des résultats, Il pourra ainsi obtenir des prédictions concernant les paramètres nécessaires, etc.

La conception du modèle est représentée par une succession d'étapes : chaque étape sera modélisée par une fenêtre dans laquelle l'utilisateur peut choisir un modèle de simulation d'après ce qui lui est exposé. Les étapes de la simulation seront faciles à mettre en œuvre dès la première utilisation de notre modèle que nous avons essayé d'y maintenir un couplage entre l'efficacité et la simplicité.

#### 3.1. Fonctionnement des modèles de mobilité

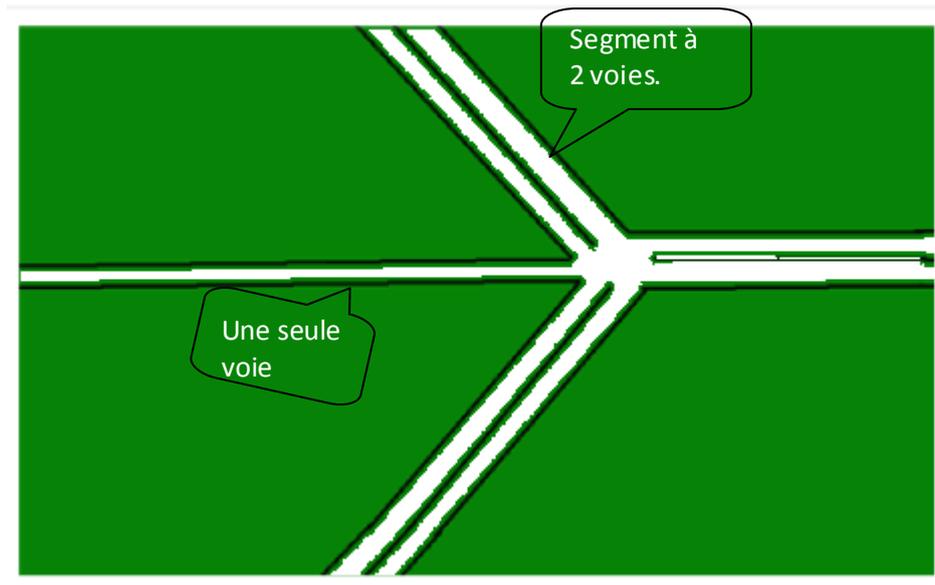
Le modèle de mobilité que nous avons implémenté est un modèle de mobilité pour la simulation des réseaux véhiculaires. Il utilise des cartes routières pour la simulation Il intègre également des contraintes de réalisme que nous développerons dans les sections suivantes.

##### 3.1.1. Définition de l'environnement considéré :

Comme nous venons de le mentionner, l'environnement concerné par notre étude est formé par une zone.

Lorsque l'on a recours à la simulation des réseaux, on se doit de fournir une zone de simulation appropriée au scénario désiré. Dans le cas des VANETs, la zone de simulation se présente comme étant une carte routière. Cette carte est soit une carte existante, soit générée par l'utilisateur.

La carte est composée d'intersections reliées par des bouts de routes appelés segments (*Figure 3.1*). Chaque segment a un type donné qui est défini par le nombre de voies qui le composent, et permet une circulation dans les deux sens. Nous avons affecté des vitesses maximales suivant le type du segment, du fait de l'absence d'informations sur les vitesses maximales autorisées par segment.



*Figure 3.1 : Exemple d'une carte routière.*

### 3.1.2. Les Nœuds mobiles,

Les nœuds mobiles représentent les véhicules dont la mobilité est simulée par le modèle. Chaque nœud est représenté par des paramètres définitifs (gardant les mêmes valeurs le long de la simulation) qui sont l'accélération standard et le ralentissement standard et par des paramètres temporaires (qui changent de valeur à tout instant), à savoir la vitesse et l'accélération actuelle.

En général, le paramètre d'accélération actuelle prend l'une des trois valeurs suivantes : AccMax en phase d'accélération, AccMin en phase de ralentissement.

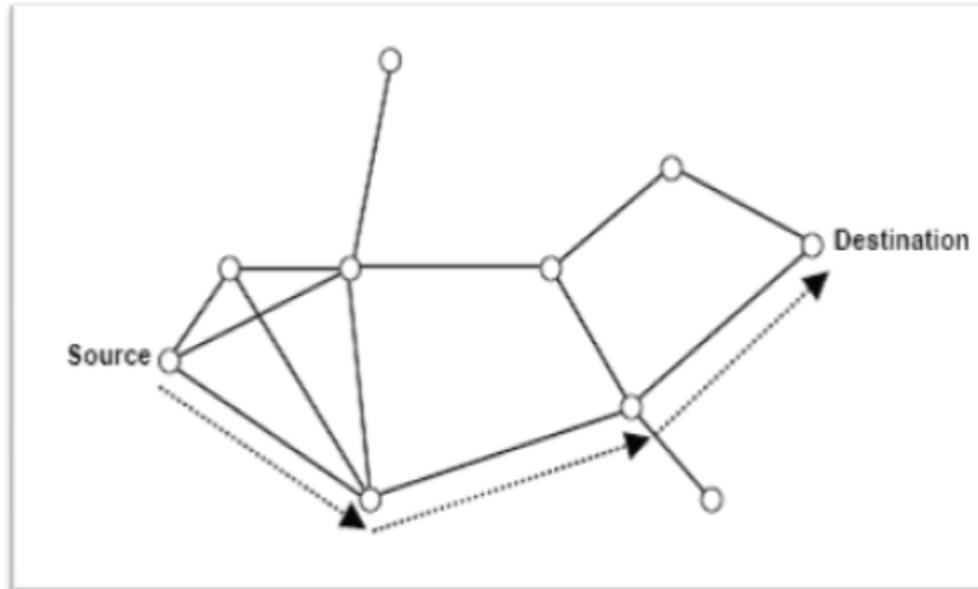
Comme le modèle assure l'absence de collisions entre les nœuds, il se peut, dans de rares cas, que l'accélération prenne d'autres valeurs que les valeurs standards. Par exemple, lors d'un freinage d'urgence, le taux de ralentissement est très grand.

### 3.1.3. Choix des chemins :

Le choix des chemins se fait de deux manières possibles. Dans la première, le chemin est choisi aléatoirement : dès qu'un nœud se trouve à une intersection, il choisit uniformément une direction parmi celles qui s'offrent à lui (il ne peut, cependant, pas faire demi-tour). Le nombre de segments qu'il devra parcourir avant de s'arrêter (ce qui représente la longueur du chemin) est choisi aléatoirement.

La deuxième manière de choisir un chemin est de le générer par un algorithme du plus court chemin en utilisant l'algorithme de *vecteur de distance de Bellman-Ford* (*distance vector*) ou chaque véhicule échange d'information (vecteurs de distance) avec ses voisins

directs, le nœud mobile choisit une destination aléatoire (un segment) et calcule le chemin le plus court pour l'atteindre. (*Figure 3.2*) montre un exemple généré par l'algorithme du plus court chemin.



*Figure3.2 : Exemple de génération d'un chemin.*

La méthode de génération aléatoire donne moins de réalisme dans la simulation, mais permet d'avoir des temps de calcul inférieur par rapport à la première.

- **La méthode du vecteur de distance (*Distance Vector*) :**

Dans cette méthode, chaque nœud diffuse sa propre vision des distances qui le sépare des autres nœuds du réseau. Ainsi, chaque nœud pourra trouver le chemin le plus court, en utilisant l'algorithme de Bellman Ford Distribué (DBF), vers n'importe quelle destination en faisant un certain calcul. Ce processus se répète à chaque changement de distance. L'algorithme DBF est basé sur des messages de mise à jour. Un message de mise à jour contient un vecteur où chaque entrée contient la distance d'un nœud donné [NJ10].

Il est à noter que cet algorithme souffre de plusieurs problèmes, à savoir :

1. Il prend trop de temps lors de la mise à jour.
2. L'absence de coordination entre les nœuds, lui pose un réel problème de performance. En plus de cela, l'algorithme ne possède pas de mécanisme qui permet de déterminer l'arrêt de l'incrément de la distance qui correspond à une destination donnée (comptage à l'infini).

En effet, en général, un véhicule ne circule pas de façon aléatoire, mais suivant un chemin que le conducteur choisit et qui est, dans la plupart des cas, le chemin le plus court. La méthode de génération aléatoire donne moins de réalisme dans la simulation.

#### **3.1.4. Mobilité à l'intérieur d'un segment :**

Ce module gère la mobilité du nœud mobile depuis son entrée dans un segment jusqu'à sa sortie :

##### **3.1.4.1. L'accélération :**

L'accélération dépend des caractéristiques du segment et de l'emplacement des autres nœuds. Les caractéristiques du segment sont la forme. Nous avons défini la vitesse maximale autorisée par segment (120 km/h).

De ce fait, un nœud accélérera si sa vitesse actuelle est inférieure à la vitesse maximale autorisée sur le segment qu'il parcourt, sinon, il gardera une vitesse constante égale à cette vitesse limite.

La forme du segment joue aussi un rôle sur l'accélération et par conséquent sur la vitesse d'un nœud. Un segment qui présente un grand nombre de virages impose aux nœuds de ralentir à l'approche de ces virages. Il est parfaitement clair que, plus l'angle des virages est petit, plus la vitesse ne doit être réduite.

Les autres nœuds présents sur le même segment et sur la même voie influent aussi sur l'accélération. Deux véhicules roulant sur la même voie doivent respecter une certaine distance de sécurité afin d'éviter d'éventuelles collisions.

Il se peut également qu'un véhicule s'arrête, si trouve devant une intersection (feux de circulation). Dans ce cas, il doit entrer en phase de ralentissement suffisamment tôt pour pouvoir marquer un arrêt absolu.

La marche à suivre pour tous les cas vus précédemment est la même. Chaque cas impose une vitesse limite à ne pas dépasser :

- Dans le cas d'un virage, le nœud ne doit pas dépasser la vitesse maximale autorisée pour franchir ce virage.
- Dans le cas où le nœud est derrière un autre, la vitesse à ne pas dépasser est égale à la vitesse du nœud qui le précède, tout en gardant une distance de sécurité
- enfin, dans le cas d'un arrêt, la vitesse limite est zéro.

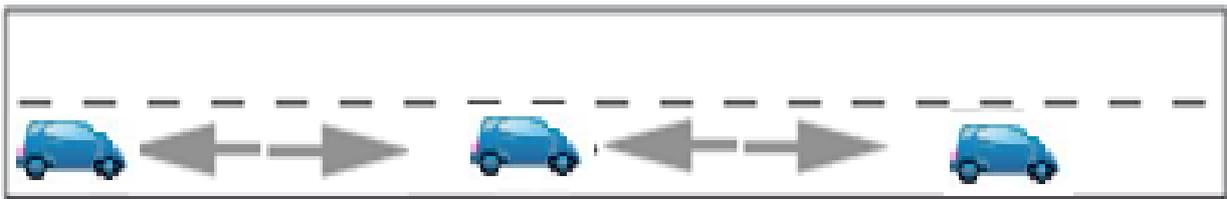
### 3.1.4.2. Le dépassement

Nous avons implémenté un mécanisme de dépassement qui permet à un noeud de dépasser (ou doubler) le noeud qui le précède, dans la mesure du possible, si cela lui permet de se déplacer plus rapidement. Le dépassement ne concerne que les véhicules se trouvant sur des segments à plusieurs voies dans chaque sens (4 voies et 6 voies).

Sur les segments à plusieurs voies les noeuds rapides peuvent dépasser les noeuds plus lents. Par contre, sur les segments à une voie les noeuds rapides doivent ralentir et respecter la distance de sécurité.

### 3.1.4.3. Distance de sécurité

Deux véhicules roulant sur la même voie doivent respecter une certaine distance de sécurité afin d'éviter d'éventuelles collisions (*Figure 3.3*).



*Figure 3.3 : La distance de sécurité entre les véhicules.*

### 3.1.4.4. Gestion des feux de circulation :

Nous avons intégré un mécanisme de contrôle du trafic, afin d'éviter les collisions au niveau des intersections. Le mécanisme utilisé est le feu de circulation à deux états : Vert pour permettre aux noeuds de le franchir, et rouge, pour les empêcher de passer. Toutes les intersections de la carte routière ont autant de feux de circulation que de segments s'y croisant (*Figure 3.4*).

Pour une intersection donnée, à chaque instant, un seul feu est vert, les autres sont rouges et obligent les véhicules qui se trouvent devant eux à s'arrêter et à attendre que leurs feux respectifs passent au vert.

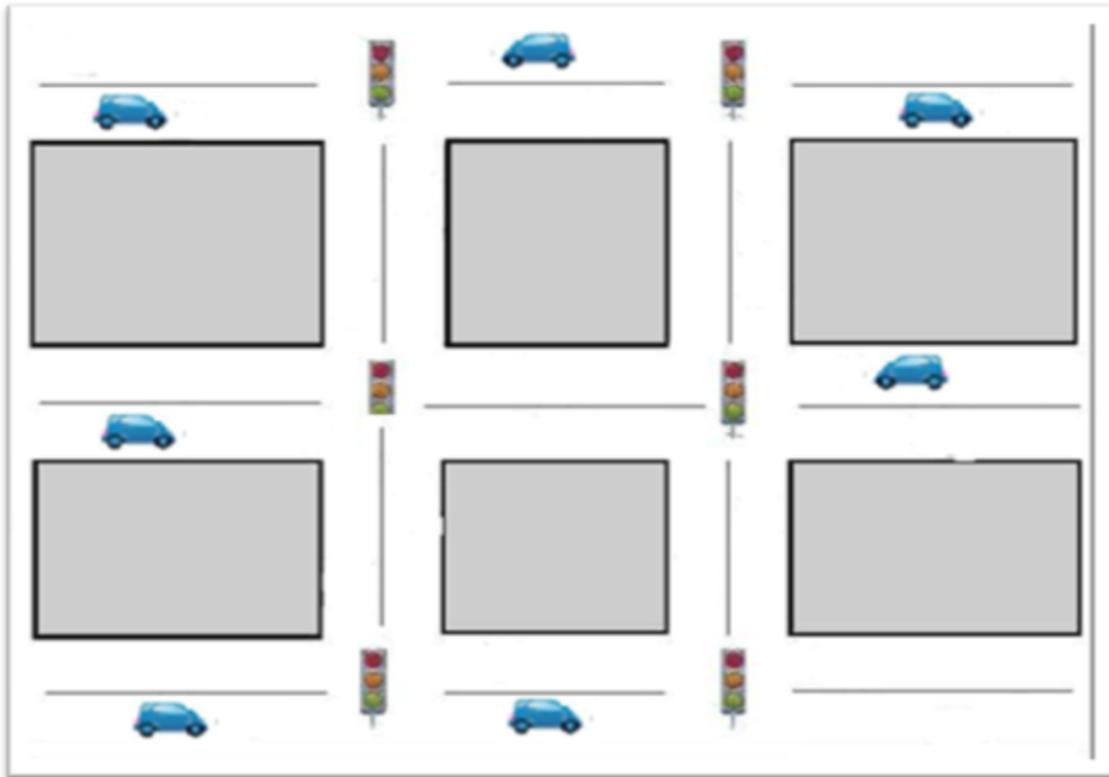


Figure 3.4 : Gestion des feux de circulation.

### 3.1.5. Paramètres du modèle

Pour créer un scénario donné, il est nécessaire de régler les paramètres du modèle. Il existe deux types de paramètres : les paramètres du modèle de mobilité, et les paramètres du scénario.

Le premier type de paramètres permet de choisir un modèle de mobilité parmi un certain nombre de modèles possibles. En effet, le modèle de mobilité que nous avons implémenté peut être considéré comme un ensemble de modèles grâce de ses paramètres. En donnant différentes valeurs aux paramètres, on obtient différents schémas de mobilité. Les paramètres de ce type sont :

- L'utilisation de la méthode RANDOM ou de la méthode du plus court, chemin pour la génération des chemins.
- L'utilisation des feux de circulation au niveau des intersections ou non.
- Le réglage du temps de pause.
- L'autorisation de dépasser : il est possible d'autoriser les nœuds rapides à dépasser les nœuds lents, comme il est possible de les obliger à rester derrière eux sur la même voie.

Le deuxième type de paramètres permet de mettre en place un scénario de simulation. Ces paramètres sont :

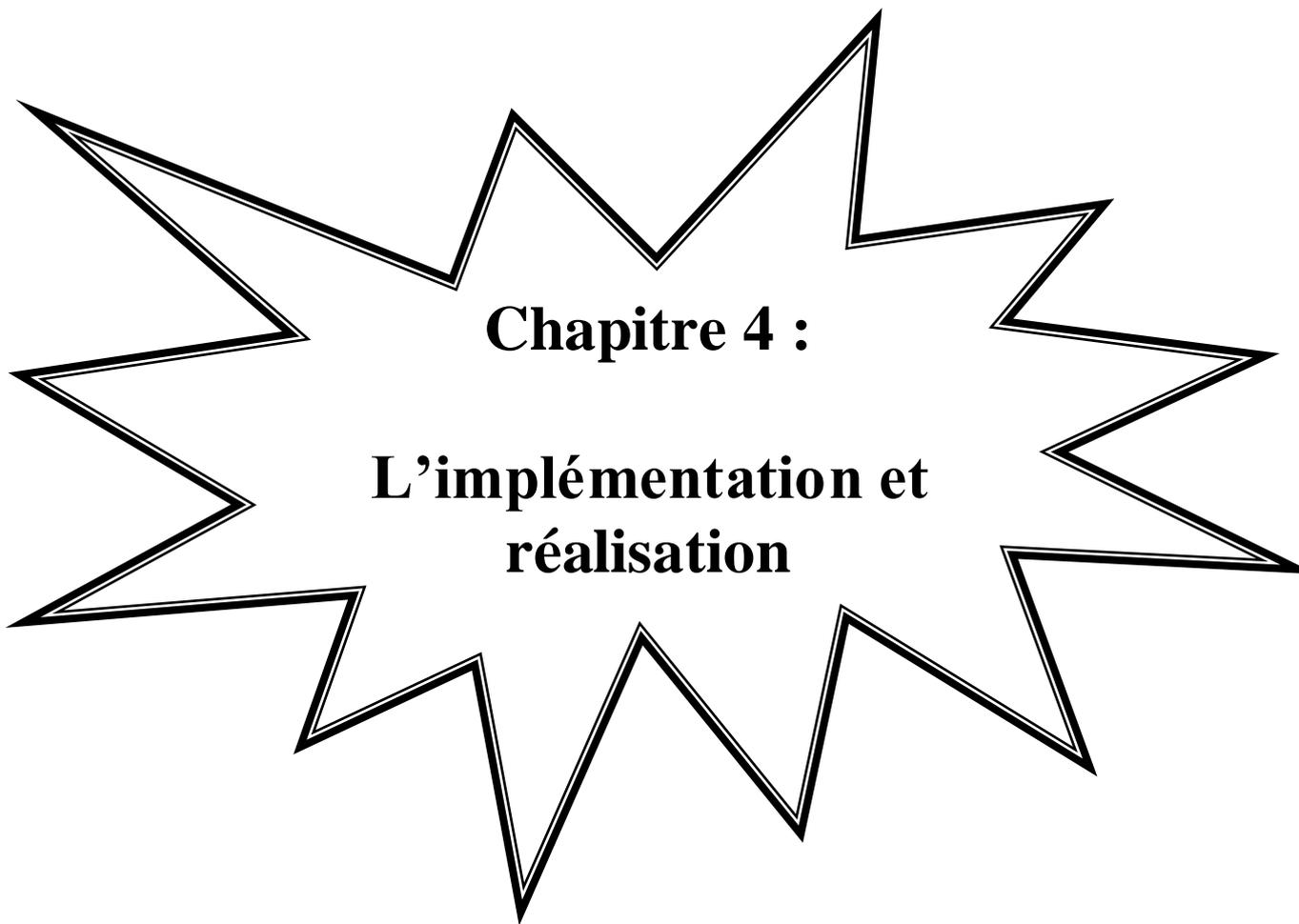
- Le type de la carte en entrée (réelle ou non)
- Le nombre de nœuds participant à la simulation.
- Le temps d'attente aux feux rouges Plus ce paramètre est grand, plus le nombre de véhicules s'amassant au niveau des intersections est grand.

## **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons défini l'approche que nous avons adoptée pour la mise en œuvre de la plateforme d'étude. Nous avons présenté les scénarios et construit le modèle de mobilité.

Nous avons parlé des différents modules composant le modèle : la gestion de la zone de simulation qui se présente sous forme d'un ensemble de segments reliés par des intersections et les différents paramètres du modèle.

Dans le chapitre suivant, nous allons décrire la réalisation du logiciel, ses applications et ses performances. Pour cela, des simulations seront présentées et des résultats seront fournis.



## **Chapitre 4 :**

# **L'implémentation et réalisation**

## **Chapitre 4 :**

# **L'implémentation et Réalisation**

### **Introduction**

Dans ce chapitre nous allons aborder la phase de l'implémentation et d'études des effets de la mobilité sur les performances d'un réseau ad hoc.

Les réseaux étudiés étant les VANETs, nous nous intéresserons à l'impact que peut avoir une mobilité véhiculaire sur les résultats d'une simulation. En effet, un modèle de mobilité non représentatif de la réalité risque de donner des résultats erronés pour toutes les expérimentations, nous utiliserons le simulateur Wireless-Matlab et nous choisirons des scénarios de simulation qui utilise 3 modèles de mobilité judicieusement choisis : Freeway et Manhattan et TSM et en fin on fait une comparaison entre ces trois modèles que nous avons implémentés pour étudier les accédants.

## 1. Environnement de simulation

Wireless-Matlab est très connu et est très utilisé par la communauté scientifique vu qu'il permet de simuler différents types de réseaux, surtout spécifiques aux réseaux ad hoc .il est simple, mais complet simulateur de réseau mobile sans fil dans Matlab.

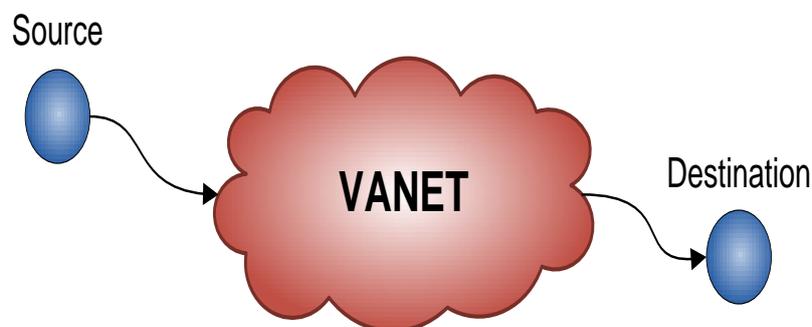
Matlab est une plateforme informatique qui permet aux différents projets de simulation. Il a été notamment utilisé pour l'étude de la couche PHY communications sans fil. Mais en général, Matlab est un langage facile à utiliser qui peut faire plus [KHE].

### Qu'est-ce que Wireless-Matlab (sans fil-matlab) fournir? [KHE]

- La propagation radio: espace libre, deux-ray...
- Mobilité: le modèle random waypoint.
- capture de paquets SNR, de radiodiffusion, le taux de transmission dynamique et la puissance: PHY .
- MAC: IEEE 802.11 (CSMA / CA, détection de porteuse virtuelle, et RTS-CTS-DATA-ACK)
- NET: routage ad hoc.
- APP: superposition des protocoles de routage.

### Le fonctionnement d'un Wireless matlab :

Le but de Wireless-Matlab est donc de permettre une communication entre une source et une destination au travers d'un réseau de type VANET. Une des particularités de ce type de réseaux ad hoc est que les nœuds s'organisent de façon autonome. Pour atteindre le but fixé, il faudra développer une méthode basée sur le broadcasting.



**Figure 4.1 :** Communication unicast à travers un réseau VANET.

Lorsque le paquet est diffusé la première fois par la source, plusieurs nœuds vont recevoir ce paquet et sont susceptibles de le retransmettre. La difficulté est que les nœuds doivent élire eux même le nœud le plus capable à retransmettre l'information. Ceci est difficile parce que les nœuds sont indépendants. Ils ne peuvent donc pas décider en collaborations, mais chaque nœud devra agir en fonction des informations qu'il possède.

Wireless-Matlab utilisé le terme 802.11 qui désigne l'ensemble des standards concernant la normalisation des réseaux sans fil mise au point par un groupe de travail de l'IEEE.

Les normes 802.11 s'intègrent dans deux couches du modèle OSI :

- La couche physique (notée parfois *couche PHY*), proposant trois types de codages de l'information.
- La couche liaison de données, constituée de deux sous-couches : le contrôle de la liaison logique (**Logical Link Control**, ou **LLC**) et le contrôle d'accès au support (**Media Access Control**, ou **MAC**)

La partie de la norme 802.11 qui nous intéresse est la partie **MAC**. Pour la partie physique, nous utiliserons un codage **DSSS** couplé à une antenne omnidirectionnelle.

Dans la norme 802.11, il y a deux modes de communication : le mode **DCF** (Distributed Coordination Function) **et le mode PCF** (Point Coordination Function). Le PCF, appelé mode d'accès contrôlé, est fondée sur l'interrogation à tour de rôle des stations, ou polling, contrôlée par le point d'accès. Une station ne peut émettre que si elle est autorisée et elle ne peut recevoir que si elle est sélectionnée. Ce mode nécessitant un point d'accès, il ne peut être mis en place que dans le mode infrastructure ce qui n'est pas notre cas.

Dans le mode ad hoc, seul le mode DCF est utilisé. Le mode DCF utilise un accès **CSMA/CA** (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) pour gérer l'accès au médium contrairement aux réseaux filaires qui utilisent une méthode **CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection). Cette dernière méthode est impossible à mettre en place sur un réseau sans fil, car il est possible que deux stations voulant communiquer avec une troisième ne s'entendent pas forcément mutuellement du fait de leur rayon de portée et ne peuvent donc pas détecter de collision.

L'accès CSMA/CA fait intervenir plusieurs mécanismes pour s'adapter au mieux aux caractéristiques d'un réseau sans fil : la fenêtre de contention, l'échange d'accusés de réception, l'allocation du médium par RTS/CTS et NAV. Voyons tout d'abord comment les stations utilisent la période de contention et l'échange d'accusés de réception [CD].

### Choix du logiciel

Pour le développement de notre application, nous avons eu recours à Matlab, version 6.5. Ce logiciel représente l'environnement le plus convenable pour notre réalisation, car il dispose d'une base de fonctions déjà implantées et nécessaires pour la modélisation des lois de différents modèles de trafic. Cet aspect nous a fait gagner en termes de temps de développement. En outre, Matlab a beaucoup évolué par rapport à ses premières versions en termes de capacité de développement et en particulier dans la création des interfaces graphiques, qui représenteront en fait les boîtes de dialogue entre l'utilisateur et la plateforme de simulation

3G.

D'autre part, Matlab est principalement un logiciel de simulation, et donc il nous a paru indispensable de profiter de cette propriété dans notre application dont le principal rôle est aussi de simuler de modèles et des scénarios.

### Librairies de Matlab

Durant le développement de ce projet, nous avons eu recours à plusieurs fonctions Matlab pour pouvoir réaliser notre travail.

Des fonctions telles que : RANDOM ont été très utiles pour la génération des modèles selon des processus aléatoires .D'autres fonctions comme *plot*, *bar* et *bar3* ont été aussi très utiles pour la représentation des résultats sous forme de courbes, histogramme 2D ou histogrammes 3D selon le type du résultat ou la forme envisagée (variations, niveaux, etc.).

Matlab intègre aussi des fonctions d'analyse numérique, de calcul matriciel et de visualisation graphique 2D et 3D ce qui a allégé notre tâche, surtout par rapport à ce qui aurait été fait avec un autre langage de programmation.

## 2. Choix des modèles de mobilité

Dans ce chapitre, nous étudierons les effets de la mobilité sur les performances d'un VANET. Pour ce faire, nous allons étudier les performances du réseau en utilisant différents modèles de mobilité.

Or, dans Wireless-Matlab il est possible d'intégrer des modèles de la mobilité des nœuds pour rendre les simulations proches de la réalité. Un modèle de mobilité permet de générer un scénario de mouvement des nœuds. Dans cette section, nous étudierons les effets de la mobilité sur les performances d'un VANET. Pour ce faire, nous allons étudier les performances du réseau en utilisant différents modèles de mobilité :

- Le premier modèle de mobilité est freeway dans ce modèle les nœuds mobiles se déplacent sur une carte routière qui diviser en ensembles des voies et met en place également une distance de sécurité entre les nœuds afin d'éviter toute collision.
- Le deuxième modèle est Manhattan qui ressemble au modèle Freeway sauf il apporte une plus grande liberté de mouvements, étant donné qu'un nœud peut changer de voie au niveau des intersections.
- Le dernier modèle choisi pour ces simulations c'est le modèle de TSM est obtenu en réglant certains paramètres du modèle implémenté. Dans ce modèle les nœuds mobiles se déplacent sur une carte routière et sont régis par un mécanisme de feux de circulation au niveau des intersections.

Nous avons choisi ces trois modèles afin le but ultime est de diminuer le nombre et la gravité des accidents en élargissant l'horizon de la conduite au-delà de la perception ce qui est visible est localement possible.

### 3. Réalisation et Interprétations

Une fois notre programme lancé, la fenêtre décrite par la (Figure 4.1) est affichée. C'est la page d'accueil, elle représente la première rencontre avec la plateforme de simulation dans laquelle nous avons introduit brièvement le cadre et le groupe de travail. À partir de cette fenêtre, nous pouvons accéder aux autres interfaces pour commencer les simulations.



*Figure 4.2 : Page d'accueil.*

La 2ème étape ou la 2ème fenêtres décrites par la (Figure 4.2) c'est le mode de mobilité où se trouve les trois modèles qui nous choisissons dans cette simulation, et la comparaison entre ces modèles.



Figure 4.3 : Les modèles de mobilités

### 3.1. Simulation des modèles de mobilité

La simulation peut être définie comme le processus de conception d'un modèle pour un système réel, et la réalisation d'expérimentations avec ce modèle, elle est l'approche la plus utilisée dans l'évaluation des protocoles de communication dans les réseaux ad hoc. Dans cette partie, nous pouvons avoir une idée sur la mobilité des voitures selon les différents modèles de mobilité qui indique la figure précédente.

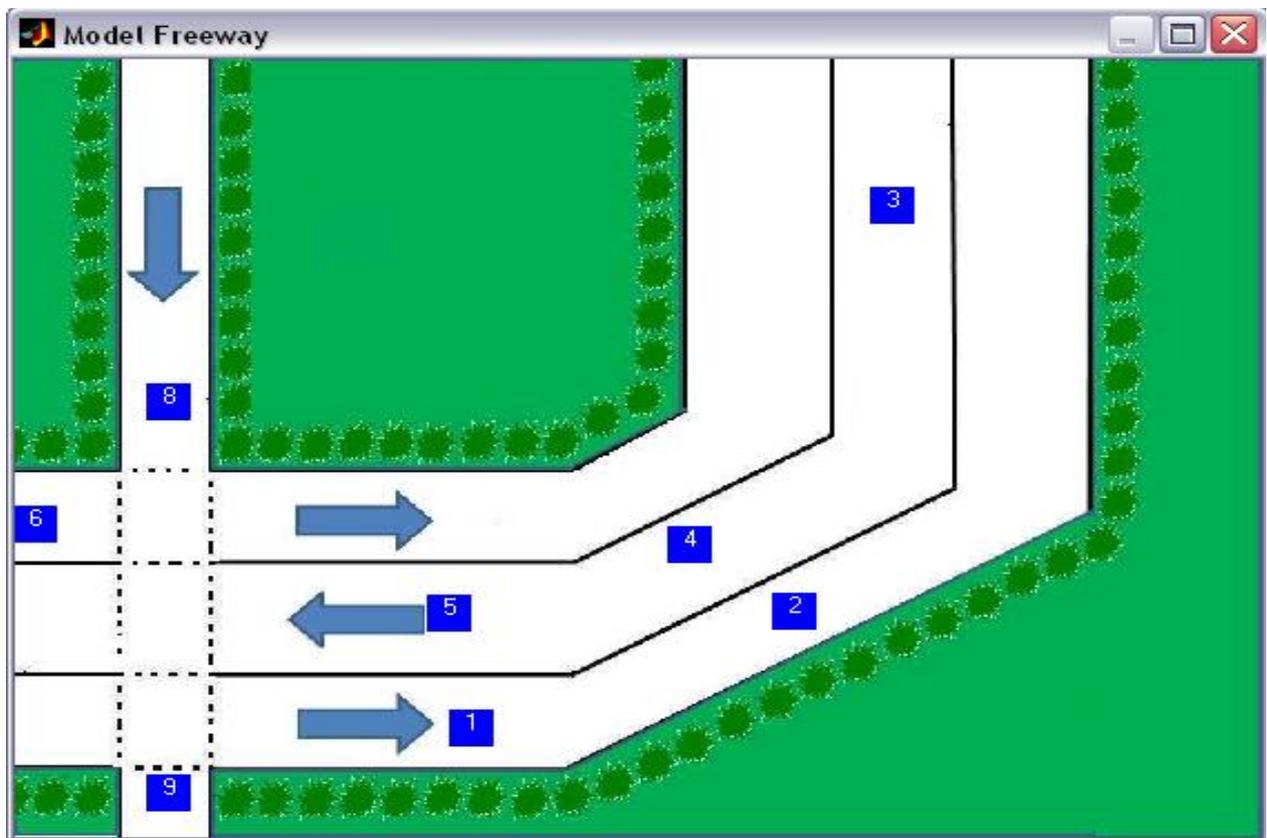
#### 3.1.1. Étude de cas de modèle Freeway

En commençant par choisir le modèle *Freeway* qui définit une mobilité basée sur une carte routière, qui compose de plusieurs voies, où chaque nœud est placé d'une manière aléatoire dans cette carte, et son mouvement est indépendant. Avant la simulation nous avons fixé les paramètres suivants :

- Le nombre des voies de cette carte : 4 voies comme illustre-la (*Figure 4.3*).

- Le nombre des voitures : 9 voitures distribuer entre ces 4 vois comme suite : nous prenons 2 voitures dans 1 er vois et 3 voitures dans 2eme vois, une voiture dans 3eme vois et enfin 3 véhicules dans 4eme vois.
- La distance entre 2 véhicules qui se suivent sur la même voie, dans ce modèle nous avons pris également 100.
- La vitesse maximale de chaque véhicule :  $V_{max}=120$

Enfin chaque voiture traverser selon le sens de sa vois , avec une vitesse aléatoire qui ne dépasse pas la vitesse maximale que nous avons fixée au début, et chaque véhicule ne peuvent pas changer sa vois.



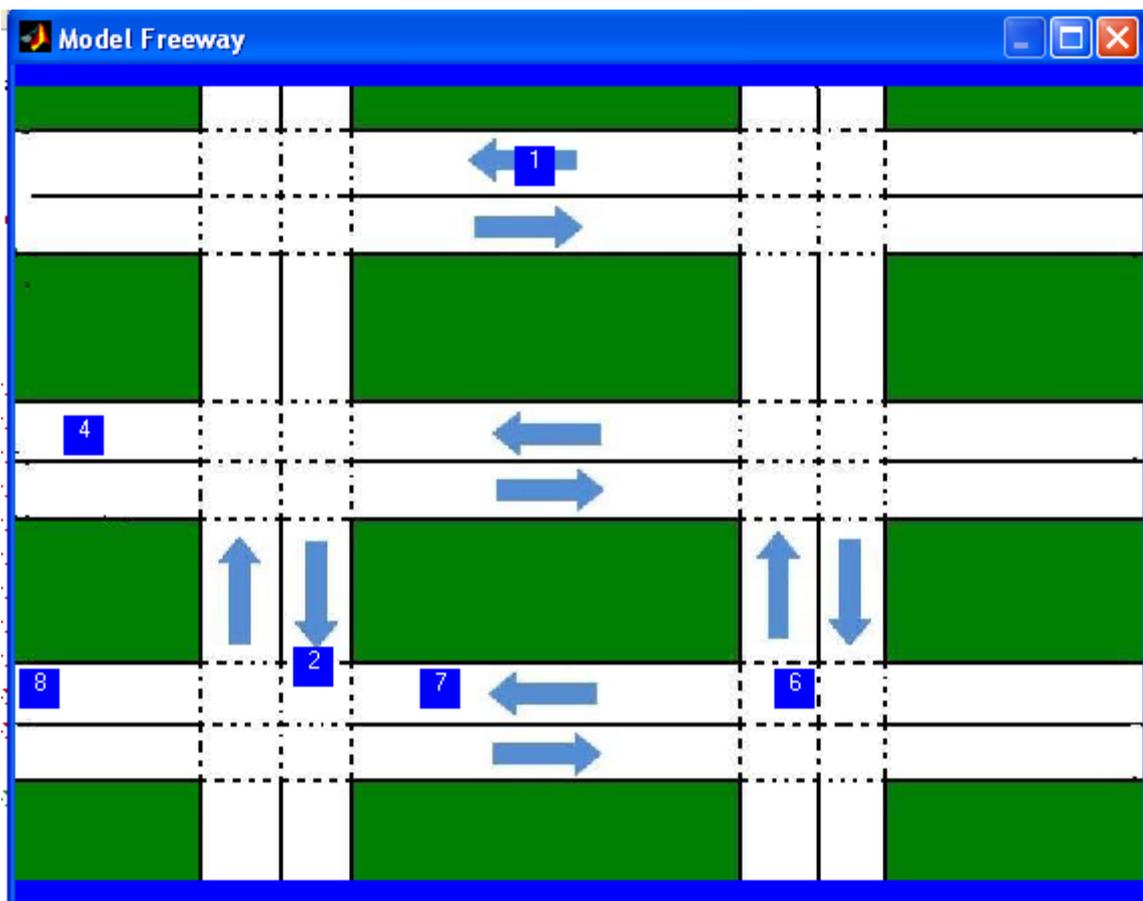
*Figure 4.4 : Le modèle Freeway.*

Dans la transmission des véhicules si un véhicule impliqué dans un accident diffusera des messages d'avertissement sur sa position à ces voisins dans sa vois pour arrêter les déplacements, et afin qu'il puisse prendre une décision, c'est le rôle du réseau.

### 3.1.2. Étude de cas de modèle Manhattan

Ensuite, en prenant le modèle de Manhattan, il est comme le modèle précédent repose sur une carte routière pour modéliser les mouvements véhiculaires (*Figure 4.4*), on débute par introduire les paramètres suivants :

- Le nombre des voies de cette carte : ensembles des rues horizontales et verticales chacune comporte deux voies de sens inverse comme illustre la figure au-dessous.
- Le nombre des nœuds (véhicule) : 11 véhicules distribuer entre ces voies de manière aléatoire.
- La distance entre deux véhicules qui se suivent sur la même voie, dans ce modèle nous avons pris également 100.
- La vitesse maximale dans ce modèle est pris également 120 où chaque véhicule lors de transmission ne dépasse pas cette valeur.



*Figure 4.5: Le modèle Manhattan.*



Dans ce modèle, quand un véhicule s'approche d'une intersection, elle s'arrête quelque temps puis traverser. et à chaque fois que le feu devient vert, les véhicules commencent à traverser l'intersection et lorsque le feu est rouge les voitures s'arrêtent.

Les emplacements initiaux des nœuds et leurs destinations sont aléatoires. C'est-à-dire chaque nœud est placé sur un point aléatoire d'un vois aléatoire. Ensuite, il choisit une destination aléatoire et commence sont déplacement.

Les chemins qu'empruntent les nœuds entre points de départ et destinations sont générés grâce à un algorithme du plus court chemin.

### 3.1.4. La communication entre les véhicules

Lorsque ce nœud a retransmis le paquet pour la première fois et qu'il ne reçoit pas d'acquiescement dans un certain temps il se doit de tenter de retransmettre le paquet jusqu'à obtenir un acquiescement ou avoir atteint un nombre de retransmissions infructueuses.

Malheureusement, le problème majeur de notre projet est la difficulté de synchronisation entre la fenêtre de communication et la fenêtre de modèle appropriée et la complexité de Wireless-Matlab.

```

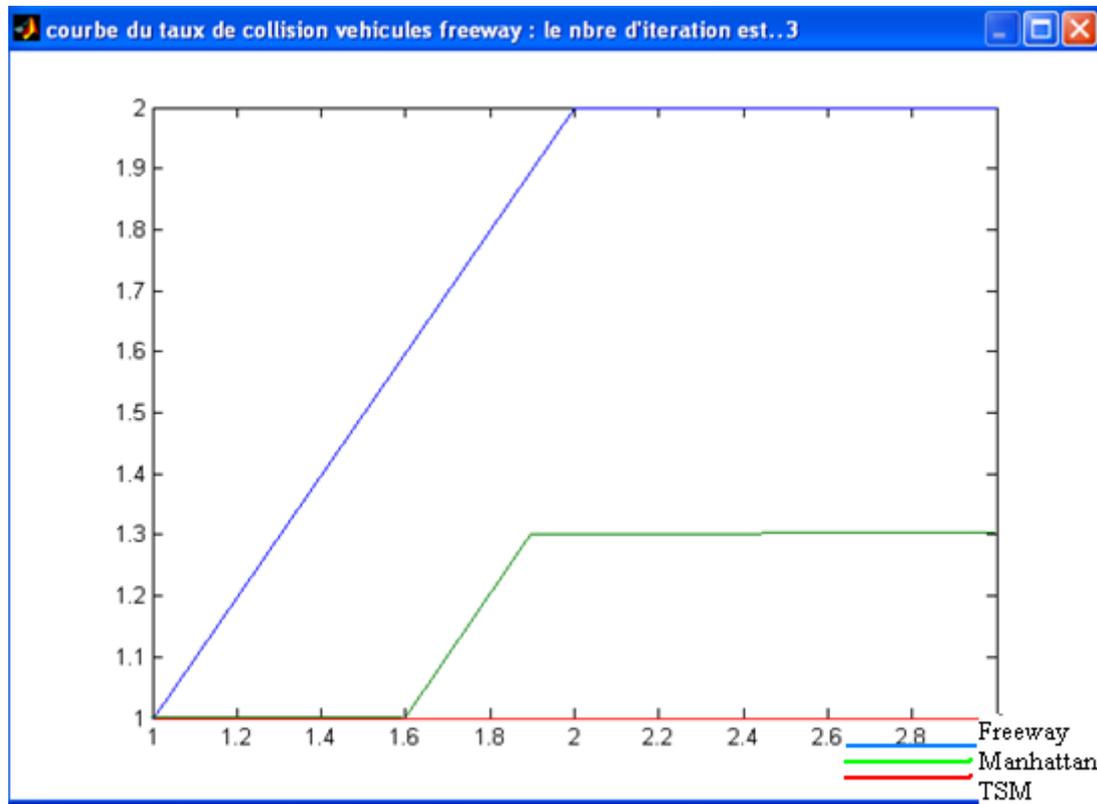
----- maximum speed = 1 -----
send_app: time 11.002 node 1 sends a crosslayer searching request for key(node) 5
send_app: time 11.004 node 2 sends a crosslayer searching request for key(node) 4
recv_app: time 11.0041 node 1 receives the reply of crosslayer searching with route 1 5
send_app: time 11.006 node 3 sends a crosslayer searching request for key(node) 3
send_app: time 11.008 node 4 sends a crosslayer searching request for key(node) 2
recv_app: time 11.0083 node 2 receives the reply of crosslayer searching with route 2 4
send_app: time 11.01 node 5 sends a crosslayer searching request for key(node) 1
recv_app: time 11.0113 node 4 receives the reply of crosslayer searching with route 4 2
recv_app: time 11.0176 node 5 receives the reply of crosslayer searching with route 5 1
timeout_rreq: at time: 11.206 node 3 pending RREQ id=3
timeout_rreq: at time: 11.406 node 3 pending RREQ id=7
timeout_rreq: at time: 11.606 node 3 pending RREQ id=9
timeout_rreq: at time: 11.806 node 3 pending RREQ id=11
timeout_rreq: node 3 has retried so many times to transmit RREQ
send_app: time 21.002 node 1 sends a crosslayer searching request for key(node) 5
send_app: time 21.004 node 2 sends a crosslayer searching request for key(node) 4
recv_app: time 21.0041 node 1 receives the reply of crosslayer searching with route 1 5
send_app: time 21.006 node 3 sends a crosslayer searching request for key(node) 3
recv_app: time 21.0074 node 2 receives the reply of crosslayer searching with route 2 4
send_app: time 21.008 node 4 sends a crosslayer searching request for key(node) 2
send_app: time 21.01 node 5 sends a crosslayer searching request for key(node) 1
recv_app: time 21.0136 node 4 receives the reply of crosslayer searching with route 4 2
recv_app: time 21.017 node 5 receives the reply of crosslayer searching with route 5 1
timeout_rreq: at time: 21.206 node 3 pending RREQ id=14
timeout_rreq: at time: 21.406 node 3 pending RREQ id=19
timeout_rreq: at time: 21.606 node 3 pending RREQ id=21
timeout_rreq: at time: 21.806 node 3 pending RREQ id=23
timeout_rreq: node 3 has retried so many times to transmit RREQ
--- Maximum speed= 1, Running time=6.61

```

Figure 4. 7 : La communication entre les véhicules.

### 1.1. Résultats et interprétations

La comparaison entre ces trois modèles que nous avons étudiés s'obtient selon la forme de courbe, à partir de cette courbe visualisée par la (*Figure 4. 6*), nous pouvons avoir une idée sur le modèle le plus être utiliser pour éviter les risques dans les autoroutes.



*Figure 4.8 : La comparaison entre les modèles de mobilités par Rapport les accidente.*

Nous remarquons que le nombre des accidents est plus élevé dans le modèle freeway par rapport les autres modèle, nous pouvons expliquer cela par l'augmentation que ce modèle a plusieurs contraintes, elle est :

- Chaque véhicule ne peut change pas sa vois.
- Il n'est pas des intersections et les feux de signalisation pour arrêter le véhicule.
- Il apporte une restriction de la mobilité et de règles de déplacement.

Dans le modèle Manhattan on observe que le nombre des accidents est diminué, ce qui explique que ce modèle donne moins des contraintes, il est une amélioration du modèle freeway, car elle il apporte une plus grande liberté de mouvements, étant donné qu'un nœud

peut changer de voie au niveau des intersections. Mais ne signifie pas que ce modèle ne présente pas quelque contrainte, qu'ils sont :

- L'absence des feux de signalisations au niveau de l'intersection.
- L'absence le temps d'attente des véhicules au niveau de l'intersection.

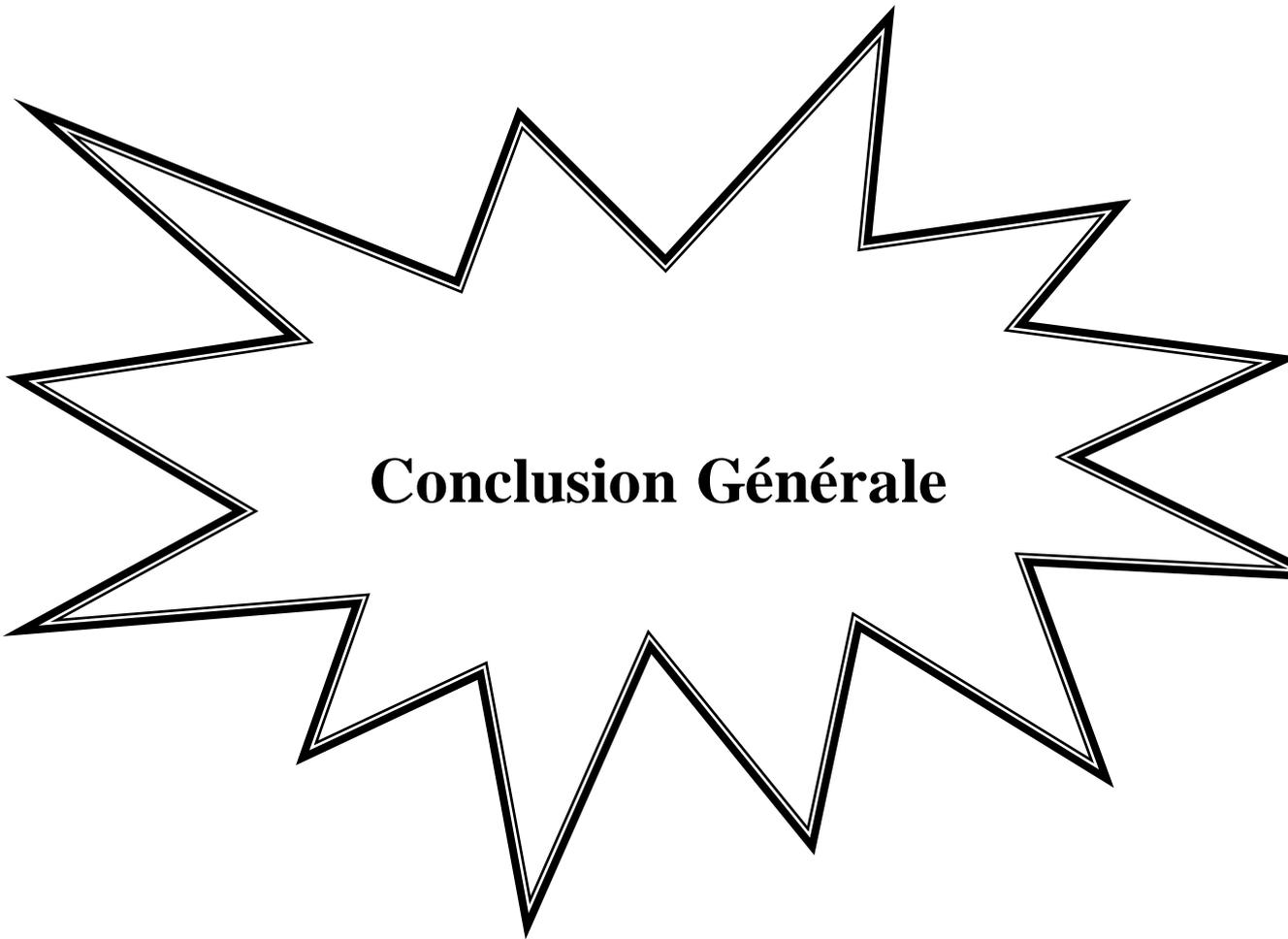
La troisième remarque dans cette figure que la courbe qui reflète le modèle TSM, le nombre des accidents est nulle, ça veut dire, elle est rarement tombée de cas d'accident, car ce modèle a plusieurs avantages et améliorer les contraintes des deux modèles précédentes. Mais ça ne démontre pas que ce modèle n'a pas des contraintes, il présente certaines :

- ✓ La disposition des feux de circulation sur les cartes ne sont pas réalistes, car il est impossible de trouver une zone où toutes les intersections comportent des feux.
- ✓ Ne prends pas en charge la notion du doublement si le nœud se trouve derrière un véhicule plus lent.

## **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté la plateforme développée sous Matlab et le simulateur Wireless-Matlab, ainsi que son fonctionnement à travers quelques exemples de simulations.

Nous avons procédé à évaluer les trois modèles de mobilité, via des études de cas et l'interprétation, présentant en parallèle quelques interfaces utilisateurs et leurs rôles respectifs. Et en fin nous avons terminé ce chapitre par comparaison entre ces trois modèles.



**Conclusion Générale**

## Conclusion générale

VANET est certainement quelque chose à affût de l'avenir. Beaucoup de travail théorique a été mis en réseaux et la réalisation de ces quelques expériences a été réalisée afin de valider cette théorie que le coût de la mise en place de cette architecture est élevé, mais davantage d'efforts peuvent être attendus dans un proche avenir. Un réseau de réussite des véhicules va ouvrir une pléthore de services à un grand nombre de spectateurs qui se révèlent être de sauver des vies ainsi que le plaisir.

Il ya de nombreux défis qui doivent être abordés lors de la création d'un réseau ad hoc de véhicules. L'un des défis auxquels font face les réseaux ad hoc est la topologie du réseau change rapidement. Véhicules dans un VANET ont un degré élevé de mobilité. La durée moyenne du temps que deux véhicules sont en direct la portée de communication les uns avec les autres est d'environ une minute.

En outre, la communication sans fil n'est pas fiable. Le taux d'erreur dans réseaux sans fil est beaucoup plus élevé que sur un réseau Ethernet. Toutes ces questions font mettre en œuvre un VANET difficile.

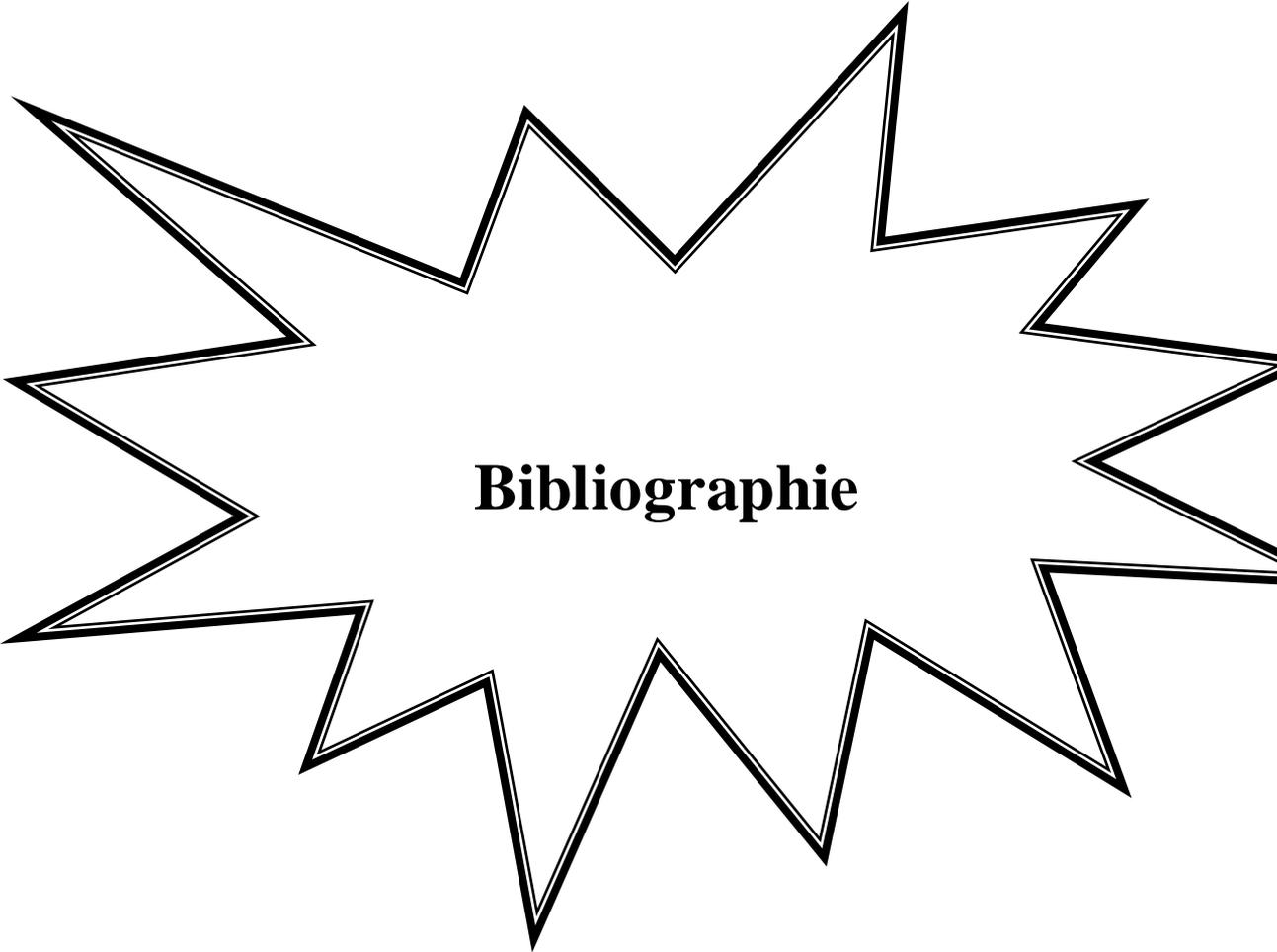
Dans le cadre de ce projet, nous avons réalisé et étudié les différents modèles de mobilité pour réseau VANET. Il est nécessaire de simuler de façon réaliste des facteurs tels que mouvement de la voiture et de communication sans fil des véhicules, comme ils influencent fortement les résultats des évaluations.

Le problème majeur qui nous avons rencontré sont :

- Utiliserons le simulateur Wireless-matlab il est simple mais complète simulateur de réseau mobile sans fil dans Matlab.
- L'absence des outils de génération de modèles de mobilité réaliste pour les simulateurs de réseaux VANETs (**MOVE**) et les outils de simulation de trafic sur un réseau routier urbain (**SUMO**).

- Pas d'expérience dans ce domaine.
- Pas de temps.

L'étude que nous avons réalisée a un énorme potentiel de développement et permettra une avancée technologique importante dans les transports. Ce futur réseau et cette étude nous donnent envie de continuer dans ce domaine pour y apporter notre contribution.



# **Bibliographie**

*Bibliographie*

[ANKA] Atulya Mahajan, Niranjan Potnis, Kartik Gopalan and An-I A., " Urban Mobility Models for VANETs," Wang Computer Science, Florida State University.

[CB09] C. BURGOD, "Contribution à la sécurisation du routage dans les réseaux ad hoc," Université de Limoges Thèse de doctorat, 2009.

[NC] Noureddine CHAIB "La sécurité des communications dans les réseaux VANET," UNIVERSITE ELHADJ LAKHDER - BATNA.

[MJ08] M. JERBI, "Protocoles pour les communications dans les réseaux de véhicules en environnement urbain: Routage et GeoCast basés sur les intersections," UNIVERSITE D'EVRY VAL D'ESSONNE thèse de doctorat, 2008.

[BW06] B. Tavli, W. Heinzelman; "Mobile Ad Hoc Networks: Energy-Efficient Real-Time Data Communications"; Netherlands, Springer, ISBN-13 978-1-4020-4633-9, 2006.

[FNA03] F. Bai, N. Sadagopan, and A. Helmy, "Important : a framework to systematically analyze the impact of mobility on performance of routing protocols for adhoc networks," INFOCOM 2003, April 2003.

[IYE02] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. I. Cayirci; "A survey on sensor networks"; IEEE, Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp. 102-116, Août 2002.

[JP04] J.-P. Hubaux. (2004, Nov.) The Security and Privacy of Smart Vehicles. Presentation at ZISC Information Security Colloquium.

[JDCR01] Li de Jinyang, Charles Blake, Douglas S. J. De Couto, Hu Imm Lee, et Robert Morris, Capacité de réseaux sans fil ad hoc, dans les démarches de la 7ème conférence internationale d'ACM sur le calcul et la gestion de réseau mobiles, Rome, Italie, juillet 2001.

[KAES06] Kosch, Timo ; Adler, chrétien ; Eichler, Stephan ; Schroth, Christoph ; Strassberger, Markus : Le problème de Scalability des réseaux ad hoc véhiculaires et comment le résoudre. Dans : Magasin sans fil 13 (2006), Nr de communications d'IEEE. 5, S. 6. – URL.

[MJFC07] M. Fiore, J. Harri, F. Filali, and C. Bonnet, "Vehicular Mobility Simulation for VANETs," in *Proceedings of the 40th Annual Simulation Symposium*, Norfolk, VA , 2007, pp. 301-309.

[MK07] M. Hülsmann, K. Windt, Eds.; "Understanding Autonomous Cooperation and Control in Logistics - The Impact on Management, Information and Communication and Material Flow", Springer, ISBN: 978-3-540-47449-4, 2007.

[PDAF08] P. Chandra, D.M. Dobkin, A. Bensky, R.Olexa, D.A. Lide, F. Dowla; "Wireless Networking"; UK, Elsevier Inc, ISBN: 978-0-7506-8582-5, 2008.

[PR] P. Gupta et P.R. Kumar. Capacité de réseaux sans fil. Transactions d'IEEE sur la théorie de l'information.

[SJ99] Scott Corson, Joseph Macker. RFC 2501, Mobile Ad hoc Networking (MANET). IETF (1999).

[SU09] S. N. Pathak and U. Shrawankar, "Secured Communication in Real Time VANET," in *Proceedings of the 2009 Second International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology*, Nagpur , 2009, pp. 1151-1155.

[NJ10] Nicolas JEAN. Algorithmes de routage. Consulté le : 12/01/2011.

**[AAB]** [http://opera.inrialpes.fr/people/Tayeb.Lemlouma/Papers/AdHoc\\_Presentation.pdf](http://opera.inrialpes.fr/people/Tayeb.Lemlouma/Papers/AdHoc_Presentation.pdf).  
Consulté le : 22/12/2010.

**[ABC]** <http://reseau.sans.fil.free.fr/index.htm>. Consulté le : 08/02/2011.

**[CAG]** <http://www.commentcamarche.net/contents/wifi/wifimodes.php3>. Consulté le :  
13/01/2011.

**[CD]** [http://cadres.apec.fr/download?type=ESPACE\\_PERSO&fileName=36952/Extrait\\_rapport\\_final.doc.ESPACE\\_PERSO20034.doc](http://cadres.apec.fr/download?type=ESPACE_PERSO&fileName=36952/Extrait_rapport_final.doc.ESPACE_PERSO20034.doc). Consulté le : 12/01/2011.

**[FER]** [http://www.Résultats Google Recherche d'images correspondant à http--monet\\_postech\\_ac\\_kr-images-introduction-image\\_vanet\\_gif](http://www.Résultats Google Recherche d'images correspondant à http--monet_postech_ac_kr-images-introduction-image_vanet_gif).

**[KHE]** <http://wireless-matlab.sourceforge.net>. Consulté le : 10/01/2011.

**[SAA]** [http://www.memoireonline.com/04/10/3394/m\\_Greedy-perimeter-stateless-routing-sur-omnet1.html](http://www.memoireonline.com/04/10/3394/m_Greedy-perimeter-stateless-routing-sur-omnet1.html). Consulté le : 13/01/2011.