

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة عمار تليجي بالأغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT



كلية العلوم  
FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE MATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE  
**Mémoire de Licence**

**Domaine** : Mathématiques et Informatique

**Filière** : Informatique

**Option** : Systèmes et Réseaux Informatiques

**Par :**

MAHI Zohra

ZERROUKI Karima

**Thème**

---

**Routage unicast dans les réseaux véhiculaires**

---

*Proposé par M<sup>lle</sup> : BOUSBAA Fatima Zohra*

*Année Universitaire 2016/2017*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# *Dédicaces*

Je dédie ce modeste travail ...

*A mes chers parents, pour leur soutien et leur affection  
durant ces années d'étude.*

*A mes frères, mes soeurs, mes amies et mes camarades  
A tous qui prend le nom*

**MAHI.**

*Zohra*

# *Dédicaces*

Je dédie ce modeste mémoire ...

*A mes chers parents, pour leur soutien et leur affection  
durant ces années d'étude.*

*A mes frères, mes soeurs, mes amies et mes camarades  
A tous qui prend le nom*

**ZERROUKI.**

*karima*

# *Remerciement*

Nous remercions **ALLAH** qui nous a donné le courage et la patience jusqu'au bout de notre études.

C'est avec une profonde reconnaissance et une considération particulière que nous remercions notre promoteur.

**Mme BOUSBAA Fatima Zohra** pour nous avoir encadré et notamment sa confiance de tous les instants ainsi que ces conseils précieux qui ont rendu le travail possible.

A tous les enseignements de l'université de Amar Thlidji Laghouat. Notre remerciements s'adressent également au membre du jury pour l'intérêt qu'il a prté à notre travail, et qui nous fait le plaisir d'apprécier.

Notre remerciements vont aussi à tous qui ont participé de près ou de loin à l'tablissement de ce mémoire.

MERCI.

# Table des matières

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>1 Les réseaux véhiculaires : présentation générale</b>	<b>2</b>
1.1 Introduction . . . . .	2
1.2 Présentation des réseaux de véhicules . . . . .	3
1.3 Architectures de communication dans les réseaux de véhicules . . . . .	3
1.3.1 Communications de véhicule à Infrastructure (V2I) . . . . .	4
1.3.2 Communications de véhicule à véhicule (V2V) . . . . .	4
1.3.3 Communications hybrides . . . . .	5
1.4 Caractéristiques des réseaux véhiculaires . . . . .	5
1.5 Applications des réseaux de véhicules . . . . .	6
1.5.1 Applications de sécurité routière . . . . .	7
1.5.2 Applications de confort . . . . .	8
1.6 Travaux dans le domaine des VANETs . . . . .	9
1.6.1 Sécurité . . . . .	9
1.6.2 Localisation des véhicules . . . . .	9
1.6.3 Problèmes de congestion . . . . .	10
1.6.4 Routage . . . . .	10
1.7 Conclusion . . . . .	10
<b>2 Le routage unicast dans les VANETs</b>	<b>11</b>
2.1 Introduction . . . . .	11
2.2 Définition et types de routage . . . . .	11
2.2.1 Définition 1 . . . . .	11
2.2.2 Définition 2 . . . . .	12

2.2.3	Types de routage . . . . .	12
2.3	Le routage dans les VANETs . . . . .	12
2.4	Les protocoles de routage unicast dans les VANETs . . . . .	13
2.4.1	Les protocoles de routage basés sur la topologie . . . . .	14
2.4.2	Les protocoles de routage géographiques . . . . .	15
2.5	Les protocoles de routage employés dans notre étude . . . . .	16
2.5.1	AODV (Ad-hoc On-Demand Distance Vector) . . . . .	16
2.5.2	GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing) . . . . .	17
2.6	Etude comparative . . . . .	20
2.7	Conclusion . . . . .	21
<b>3</b>	<b>Résultats et interprétations des simulations</b>	<b>22</b>
3.1	Introduction . . . . .	22
3.2	Présentation du simulateur NS-2 . . . . .	22
3.3	Evaluation des performances des protocoles étudiés . . . . .	23
3.3.1	Scénarios et paramètres de simulations . . . . .	23
3.3.2	Métriques de performances . . . . .	23
3.3.3	Résultats de simulation et analyse des performances . . . . .	24
3.3.3.1	Taux de délivrance des paquets (PDR) . . . . .	24
3.3.3.2	Délais moyen de bout-en-bout . . . . .	25
3.4	Conclusion . . . . .	26
	<b>Conclusion générale</b>	<b>27</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>28</b>
	<b>Annexe</b>	<b>32</b>
3.5	Installation du NS-2 dans Ubuntu 12.04 . . . . .	32
3.6	Intégration du protocole dans NS-2 . . . . .	34
3.7	Visualisation de notre application . . . . .	38

# Table des figures

1.1	Voiture intelligente. . . . .	3
1.2	Types de communication véhiculaire. . . . .	4
1.3	Taxonomie des Applications des VANETs. . . . .	7
2.1	Les types de routage. . . . .	13
2.2	Mécanisme de routage AODV [20]. . . . .	17
2.3	Technique du Greedy Forwarding. . . . .	18
2.4	Scénario d'un maximum local. . . . .	19
2.5	Règle de la main droite. . . . .	20
3.1	Taux de délivrance de paquets en fonction de densité du réseau . . . . .	25
3.2	Délai moyen de bout en bout en fonction de densité du réseau . . . . .	26
3.3	Résultat d'extraction. . . . .	33
3.4	Installation NS2. . . . .	33
3.5	Configuration du chemin de fichier bashrc. . . . .	34
3.6	Vérification d'installation du NS2. . . . .	34
3.7	Visualisation de la diffusion. . . . .	38
3.8	L'interface de cette application. . . . .	39
3.9	Exemple de transmission des paquets. . . . .	40

# Liste des tableaux

2.1	Analyse comparative . . . . .	21
3.1	Paramètres de simulation [21] . . . . .	24

# Introduction générale

Avec l'adoption des technologies sans fils ces dernières années, les réseaux ad hoc véhiculaires (Vehicular Ad Hoc NETWORK, VANETs) ont connu une importante évolution dans les domaines informatiques. les VANETs sont sous classe des réseaux MANets (Mobile Ad hoc NETWORK) aux les noeuds mobiles sont des véhicules intelligents, qui communiquent entre eux à l'aide de ce réseaux.

Les VANETs ont plusieurs caractéristiques, la principale est leur topologie hautement dynamique, et s'ouvrent à plusieurs domaines de recherche comme la sécurité, localisation des véhicules, routage, ...etc. le routage joue un rôle très important dans les VANETs, et possède plusieurs types (Unicast, multicast, géocast, broadcast).

Dans ce mémoire, nous avons consacré à l'étude du problème de routage unicast dans les réseaux VANETs. Deux protocoles de routage unicast sont étudiés : AODV (Ad-hoc On-Demand Distance Vector) et GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing).

Ce mémoire est organisé en trois chapitres comme suit :

Dans le **premier chapitre**, nous introduisons les concepts de bases des réseaux de véhicules.

Le **deuxième chapitre**, présente le routage unicast dans les VANETs et les deux protocoles de routage étudiés.

Le **troisième chapitre**, présente les simulations des deux protocoles étudiés. Finalement, nous terminons ce mémoire par une conclusion générale.

# Chapitre 1

## Les réseaux véhiculaires : présentation générale

### 1.1 Introduction

Au cours de cette dernière décennie, les réseaux véhiculaires (VANETs) constituent un domaine de recherche prometteur qui intéresse de plus en plus la communauté scientifique, les constructeurs automobiles et les opérateurs des télécommunications. Les VANETs représentent un cas particulier des MANETs<sup>1</sup> (Mobile Ad hoc Networks), avec des changements de topologie qui se produisent fréquemment en raison de la haute mobilité des noeuds. Ces réseaux véhiculaires rendent possible la communication entre les véhicules ainsi qu’avec l’infrastructure installée au bord de la route afin de réduire le temps passé sur les routes, de le rendre plus convivial et plus encore d’améliorer la sécurité routière. Dans ce chapitre, nous présentons une description des concepts, des architectures, des caractéristiques, et des applications des communications véhiculaires. Nous terminons ce chapitre par une conclusion.

---

1. Un réseau Mobile Ad hoc (MANET) est un système autonome composé de stations mobiles interconnectées par des liens sans fil sans l’administration d’une infrastructure centralisée suivant les communications existantes dans le réseau, les stations (ou noeuds) mobiles peuvent jouer le rôle de routeur pour relayer les données [1] .

## 1.2 Présentation des réseaux de véhicules

Les réseaux ad hoc véhiculaires sont une technologie émergente et une projection des systèmes de transports intelligents (ITS) [1] intégrant les dernières techniques de communication. Ils constituent une sous-classe des réseaux MANETs où chaque nœud du réseau est un véhicule équipé de certains équipements électroniques installés au sein de véhicule tels que des interfaces Homme-Machine pour les interactions entre le conducteur et le système, des GPSs (Global Positionning System) pour la localisation, des capteurs pour collecter les informations,...etc. (cf. Fig 1.1) [3] Ce qui définit la notion d'un véhicule intelligent. Ils peuvent communiquer les uns avec les autres aussi bien qu'avec les équipements de la route (infrastructures) dans le but d'échanger des informations sur le trafic routier [2].

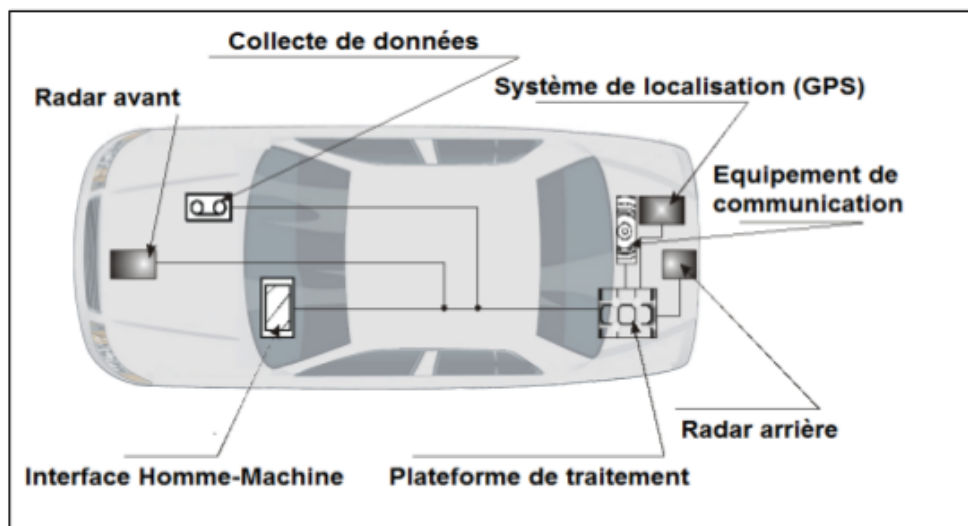


FIGURE 1.1 – Voiture intelligente.

## 1.3 Architectures de communication dans les réseaux de véhicules

Dans les réseaux de véhicules, les services proposés permettent de distinguer trois modes de communications possibles. Dans cette section, nous présentons le principe et l'utilité de chaque mode (cf. Fig 1.2) :

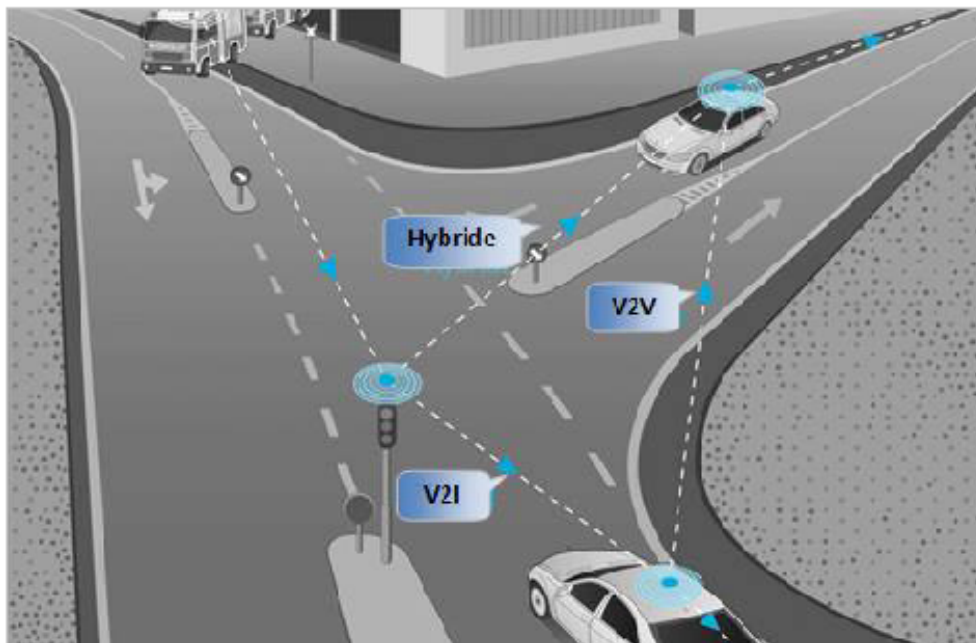


FIGURE 1.2 – Types de communication véhiculaire.

### 1.3.1 Communications de véhicule à Infrastructure (V2I)

Un certain nombre d'applications pour les systèmes des transports intelligents impliquent des communications véhicules à infrastructures d'où la tendance de relier les réseaux de véhicules à l'internet afin de fournir une grande gamme de services, pour le passager, le constructeur automobile ou l'exploitant d'infrastructure [4]. Cette approche repose sur le modèle client/serveur où les véhicules sont les clients et les infrastructures installées le long de la route sont les serveurs. Ces serveurs sont connectés entre eux via une interface filaire ou sans fil.

### 1.3.2 Communications de véhicule à véhicule (V2V)

Dans cette approche, un réseau de véhicules va réaliser la communication entre les véhicules en utilisant la technologie sans fil Wifi. Cette architecture de communication peut être utilisée dans les scénarios de diffusion d'alerte (freinage d'urgence, collision, ralentissement, etc. . .) ou pour la conduite coopérative. En général, dans cette architecture, une communication ad-hoc multi-sauts est plus efficace qu'une communication passant par un réseau d'opérateurs [5].

### 1.3.3 Communications hybrides

La combinaison des réseaux V2V avec les réseaux V2I permet d'accomplir une communication hybride très intéressante. Les applications de cette architecture permettent de collecter et de diffuser en temps réel des données relatives à l'environnement dans lequel des véhicules se trouvent plus particulièrement en zones urbaines. Les véhicules sont effectivement munies de plus en plus des capteurs. Ces capteurs peuvent être utiles pour l'acquisition des informations concernant le trafic routier (embouteillages, ralentissements, vitesse moyenne du trafic, etc...), ou encore des informations plus générales telles que les places du parking disponibles, la consommation moyenne de gazoline, le taux de pollution, les dispositifs de surveillance [4].

## 1.4 Caractéristiques des réseaux véhiculaires

Les VANETs possèdent un nombre de caractéristiques spécifiques qui les différencient des autres types de réseaux Ad Hoc, à savoir [6] :

- **Topologie hautement dynamique** : le mouvement des véhicules est caractérisé par des vitesses et des directions susceptibles de varier en fonction des scénarios. Par exemple une voie à grande vitesse (autoroute), une route nationale ou départementale, une localité urbaine (centre-ville). Ceci impacte la qualité et la durée de vie des liens radio entre les véhicules et donc, la topologie du réseau. En outre, le comportement des conducteurs influencés par ceux du réseau, peut aussi causer des changements dans la topologie du réseau [7]. Ceci génère :
  - **a. Une densité variable du réseau** : la densité d'un VANET change en fonction de la densité du trafic routier, allant de densité très forte, lors d'embouteillage par exemple, à des densités très faibles, comme dans des routes très peu fréquentées [8].
  - **b. Des déconnexions fréquentes** : en raison de la nature hautement dynamique de la topologie d'un VANET, sa connectivité change fréquemment. En particulier, quand la densité du réseau est très faible, ce qui augmente les risques de déconnexions [9].

- **Fortes contraintes de délai** : certaines applications des VANETs ont de très fortes contraintes de délai. Elles nécessitent en effet que les informations échangées parviennent aux participants du réseau dans les meilleurs délais, afin que leur temps de réaction soit optimal.
- **Réseau à grande échelle** : lors du déploiement des VANETs dans des zones urbaines, des centres-villes ou des autoroutes, qui sont très denses, l'échelle du réseau peut être très important et un passage à l'échelle de tous leurs protocoles s'impose [10].
- **Mobilité prédictive** : à la différence des autres réseaux mobiles, le mouvement des véhicules est restreint par la topologie et la signalisation routière, ainsi que par les réactions vis-à-vis du mouvement des autres véhicules. De ces faits, la mobilité des véhicules peut être prévue dans une certaine mesure.
- **Absence de contraintes énergétiques et de puissance de calcul** : étant donné que les véhicules sont relativement de grande taille et produisent eux-mêmes de l'énergie lors de leurs mouvements. Ceux-ci peuvent être équipés de capteurs, de ressources énergétiques, en nombre et capacités suffisantes.
- **Communications basées sur la localisation géographique** : en plus des types de communications en communs entre les VANETs et les autres réseaux mobiles, comme l'unicast, le multicast et la diffusion, les VANETs supportent aussi les communications basées sur l'acheminement de données vers un groupe de véhicules désigné via sa localisation géographique. Ceci est en effet possible du fait que les véhicules soient équipés le plus souvent de systèmes de localisation plutôt efficaces.

## 1.5 Applications des réseaux de véhicules

On peut distinguer deux types d'applications dans les réseaux de véhicules, les applications de sécurité routière et les applications de confort.(cf.Fig1.3) illustre les applications les plus importantes dans les réseaux véhiculaires [11, 12, 13, 14, 15, 16].

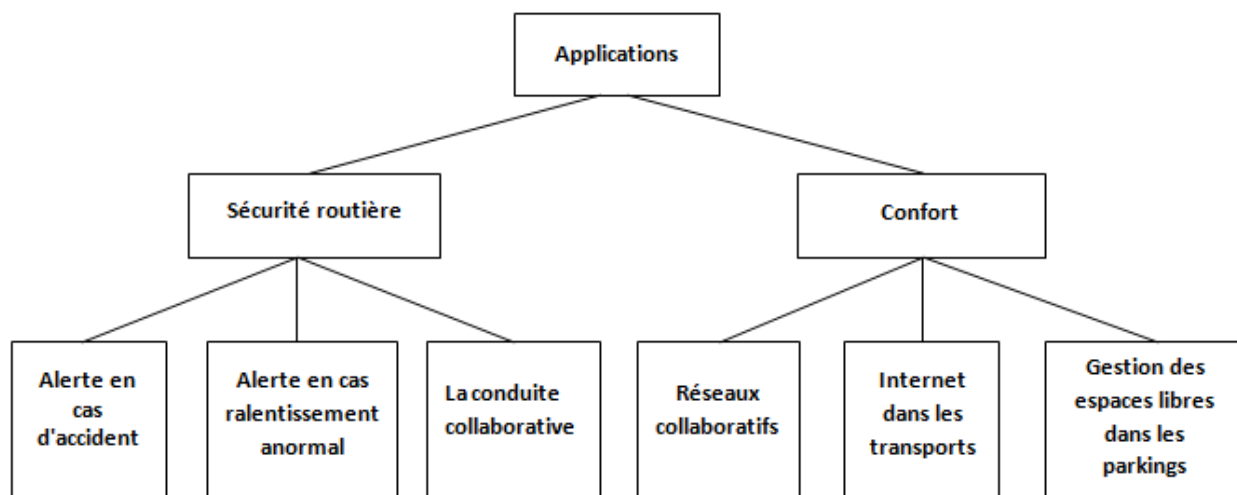


FIGURE 1.3 – Taxonomie des Applications des VANETs.

### 1.5.1 Applications de sécurité routière

Les applications de sécurité sont adaptées principalement vers la fuite d'accidents et la perte de vie des occupants de véhicules. Les principales applications de cette catégorie sont :

- **Alerter en cas d'accidents**

Ce service permet, dans le cas d'un accident, d'avertir les véhicules se dirigeant vers le lieu de l'accident que les conditions de circulation se trouvent modifiées et qu'il est nécessaire de redoubler de vigilance. Il est nécessaire, également, en cas de densité réduite de véhicule de pouvoir conserver l'information pour pouvoir la retransmettre si un véhicule entre dans la zone de retransmission. Les messages de sécurité devront être émis à des périodes régulières. Ainsi, le ou les nœuds désignés pour la retransmission des messages émettront des alertes à instants réguliers. Les messages devront être de taille réduite pour être transmis le plus rapidement possible. Les messages devront aussi comporter les coordonnées du lieu de l'accident et les paramètres de la zone de retransmission.

- **Alerter en cas de ralentissement anormal (bouchon, travaux, intempéries, ... etc.)**

Ce service permet d'avertir les automobilistes des situations de circulation particulières. L'information quel que soit la nature des difficultés de circulation informe

l'automobiliste qu'il est nécessaire de ralentir. Le message d'alerte est émis par un véhicule détectant les difficultés de circulation (freinage important par exemple, déclenchement des feux de détresse, pluie, . . . etc.). Un véhicule effectuant des travaux peut également être à l'origine du message d'alerte. Comme pour le message d'alerte informant d'un accident, le message d'alerte informant d'un ralentissement doit être transmis aux autres véhicules de façon efficace et rapide.

#### — **La conduite collaborative**

La conduite collaborative est un concept qui améliore considérablement la sécurité du transport routier (réduction du nombre de victimes. Cette innovation est basée sur un échange de renseignements entre des véhicules munis d'instruments (ex : capteurs) leur permettant de percevoir ce qui les entoure et de collaborer en groupes. Ces groupes de véhicules ou réseaux ponctuels, peuvent élaborer une stratégie de conduite collective qui exigerait peu ou pas d'interventions de la part des conducteurs. Depuis ces dernières années, différentes architectures de véhicules automatisés ont été proposées, mais la plupart d'entre elles n'ont peu ou pas investi le problème de communication inter véhicules. On peut aussi sur le même principe échanger des informations de trafic et de travaux afin de fluidifier le réseau routier en indiquant par exemple des itinéraires bis. La signalisation automatique est aussi envisageable avec l'avertissement de passage de véhicule d'urgence, ou encore l'avertissement d'une panne d'un feu tricolore.

### 1.5.2 Applications de confort

Cette classe d'applications peut être motivée par le désir des passagers de communiquer avec d'autres véhicules ou avec des hôtes lointains via Internet.

#### — **Réseaux collaboratifs**

Les réseaux collaboratifs sont en train de se développer en particulier avec les réseaux pairs à pairs. On peut imaginer une chaîne de radio ou de « télévision distribuée » où chaque véhicule va partager les musiques et vidéos qu'il a en sa possession pour construire un programme de diffusion continu. Les cartes collaboratives (wiki) et les petites annonces peuvent être des services distribués à base de réseaux collaboratifs. Un système de distribution de publicités et d'informations pratiques ou de loisirs

(concerts, restaurants, station de carburant ...) peut être mis en place à l'entrée des villes.

— **Internet dans les transports**

Les hot-spots (zone WiFi à accès Internet) sont de plus en plus développés dans les villes, en particulier avec les initiatives des communautés et des opérateurs de télécommunication. En voiture, on peut imaginer acheter de la musique et de la vidéo, au niveau d'une station d'essence, d'une gare ou même en pleine autoroute (en passant d'une voiture à une autre jusqu'au point d'accès le plus proche). Les passagers dans la voiture pourront ainsi jouer en réseaux, ou encore même naviguer sur Internet.

— **Gestion des espaces libres dans les parkings**

Ce service permet de rassembler des informations sur la disponibilité de l'espace de stationnement dans les parkings et de coordonner entre automobilistes afin de les guider aux espaces libres.

## 1.6 Travaux dans le domaine des VANETs

Les VANETs s'ouvrent à plusieurs domaines de recherche dont nous citons les plus importants [17, 18] :

### 1.6.1 Sécurité

Vu la sensibilité des domaines d'utilisation des VANETs, une intrusion d'un véhicule malicieux aurait des conséquences graves sur l'ensemble des véhicules interconnectés, c'est justement pour cette raison que la majorité des recherches lui sont consacrés.

### 1.6.2 Localisation des véhicules

Si l'un des véhicules du réseau doit être localisé (dans le cas d'un accident par exemple), les autres doivent être informés de sa position. Le problème est que tous les véhicules ne sont pas équipés d'un système de repérage par satellite (GPS), c'est pour cette raison qu'un mécanisme de localisation sans utiliser le GPS est nécessaire.

### 1.6.3 Problèmes de congestion

L'un des problèmes des VANETs est que chaque véhicule communique avec tous ceux qui sont dans sa zone de couverture, ce qui entraîne une dégradation de la qualité de service (QoS) avec l'augmentation du nombre de véhicules.

### 1.6.4 Routage

La principale particularité des VANETs est qu'ils changent rapidement de topologie à cause de leur mobilité élevée, ce qui fait du routage un problème très difficile à gérer et un axe de recherche pour beaucoup de chercheurs.

## 1.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu les réseaux ad hoc véhiculaires, qui possèdent trois types de communications (V2I, V2V, et communications hybrides) et ont des caractéristiques et des applications comme les applications de sécurité routière et les applications de confort, qui rendent les VANETs s'ouvrent à plusieurs domaines de recherche (sécurité, routage, ...etc). L'objectif de ce chapitre a été donner une généralité sur les VANETs.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter le routage dans les VANETs (Définition, types, objectif), et quelques solutions de routage unicast dans les VANETs.

# Chapitre 2

## Le routage unicast dans les VANETs

### 2.1 Introduction

Le problème de routage dans les réseaux de véhicules est loin d'être évident. La difficulté réside essentiellement dans l'instabilité des chemins causée par la forte mobilité des nœuds et les fragmentations fréquentes du réseau. En effet, le fait que le réseau soit à connectivité partielle ou intermittente souligne que la gestion de routage doit être différente des approches topologiques utilisées dans les réseaux ad hoc classiques MANETs.

Autre aspect de la problématique est du au fait que le routage géographique de base pose des problèmes dans le cas de communications dans des environnements où il existe des obstacles (bâtiments) et des vides comme c'est le cas dans une ville [19].

Dans ce chapitre, nous présentons des concepts et types de routage, les protocoles de routage unicast dans les VANETs et leurs classifications, les deux protocoles de routage employés dans notre étude (AODV, GPSR). Nous terminons ce chapitre par une conclusion.

### 2.2 Définition et types de routage

#### 2.2.1 Définition 1

Il permet à des nœuds d'un même réseau de communiquer en permanence entre elles des informations relatives à la topologie et à l'état des liens afin de maintenir les tables de routage à jour et de déterminer les meilleures routes en fonction de l'encombrement du

réseau [20].

L'objectif principal du routage est d'assurer le relayage des paquets de la source à la destination en respectant un minimum de conditions comme le délai de bout-en-bout et l'utilisation des ressources du réseau [21].

### 2.2.2 Définition 2

Le routage peut être défini comme un ensemble d'opérations dont l'objectif est de trouver un chemin qui minimise les dépenses énergétiques tout en assurant le transport des données [22].

### 2.2.3 Types de routage

On distingue plusieurs types de routage [20] (cf.Fig 2.1) [23] :

- a. Le routage Unicast : Il consiste à acheminer les données vers une seule destination déterminée.
- b. Le routage Multicast : Il consiste à délivrer le message à un ensemble des noeuds manifestant un intérêt pour un groupe.
- c. Le routage Géocast : Il transmet des données à l'ensemble des noeuds situés dans une zone géographique donnée.
- d. Le routage Broadcast : Il consiste à diffuser les données à tous les noeuds du réseau.

## 2.3 Le routage dans les VANETs

Le routage joue un rôle très important dans les VANETs puisque tous les services supportés se basent sur des communications multi-saut pour l'acheminement des données. Les communications sont utilisées dans les applications de sécurité et de gestion de trafic telles que l'avertissement de collision et le platooning, et les applications de confort telles que le transfert de fichiers et les jeux. Pour réaliser les échanges, les protocoles de routage utilisent des informations locales, sur le voisinage immédiat, ou globales, concernant tout le réseau, afin de déterminer les noeuds relais qui participent à l'acheminement des données. Les informations sont obtenues par des échanges de paquets de contrôle entre noeuds.

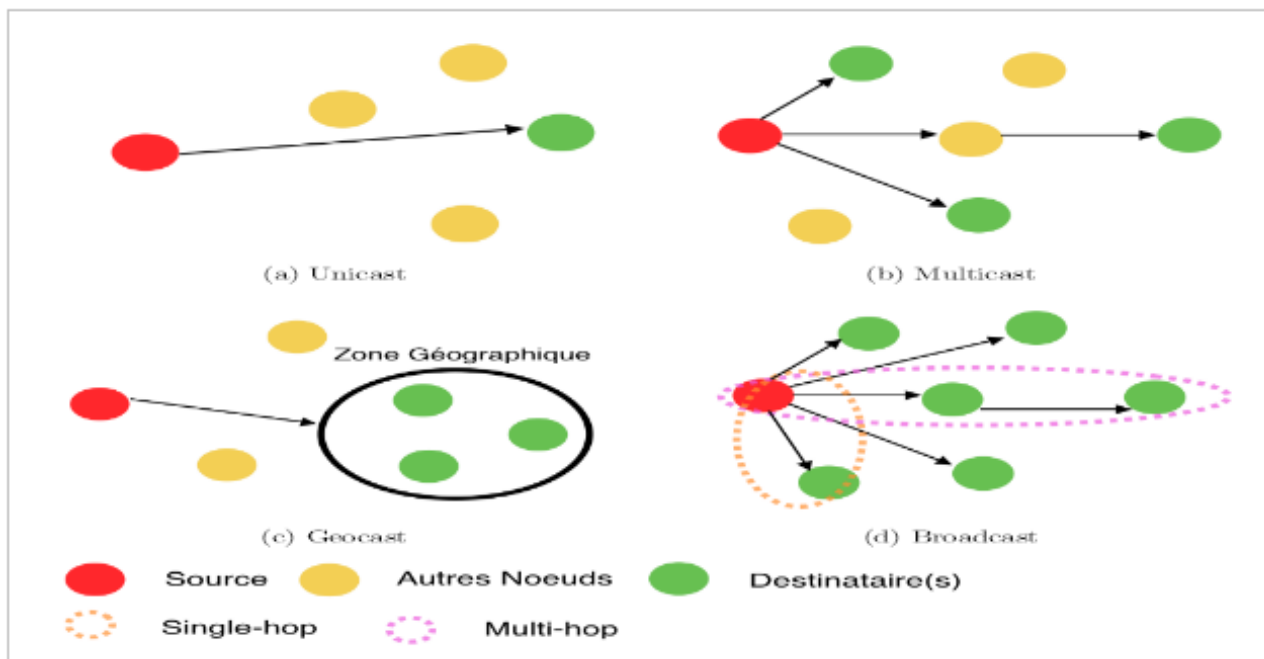


FIGURE 2.1 – Les types de routage.

La fréquence des échanges et les informations spécifiées dans les paquets diffèrent d'un protocole à l'autre tout comme les mécanismes utilisés pour déterminer les nœuds relais [24].

## 2.4 Les protocoles de routage unicast dans les VANETS

Les protocoles de routage unicast sont classés en deux grandes classes, qui peuvent être distinguées selon le type d'informations utilisées pour acheminer les données. La première classe est celle des protocoles qui se basent sur des informations sur la topologie du réseau. La seconde classe est celle des protocoles dits géographiques ou de position qui se basent sur des informations supplémentaires sur la position géographique et dans certains protocoles sur la vitesse et l'itinéraire des nœuds pour la sélection des nœuds relais [24].

L'objectif des protocoles unicast est de transmettre des paquets depuis un nœud source vers un seul nœud destinataire (donc à travers un seul chemin multi-sauts) [25].

### 2.4.1 Les protocoles de routage basés sur la topologie

Les protocoles de routage basés sur la topologie utilisent les informations sur les liens qui existent entre les nœuds pour l'acheminement des paquets. Chaque nœud utilise comme données l'état de ses connexions avec ses nœuds voisins ; cette information est ensuite transmise aux autres nœuds pour leur offrir une connaissance plus précise sur la topologie du réseau. Cette famille de protocoles peut être divisée en trois catégories : proactifs, réactifs et hybrides [26].

#### — Protocoles de routage proactif ou Table-Driven

Les protocoles proactifs dits à diffusion de table se caractérisent par l'établissement de route à l'avance, de façon que lorsqu'un nœud désire envoyer un paquet à un autre nœud, une route soit immédiatement connue, chaque nœud maintient une ou plusieurs tables qui contiennent des informations de routage. Cette catégorie de protocole requiert un échange périodique de messages de contrôles afin de mettre à jour les tables de routages dans chaque nœud. Ainsi, de nouvelles routes seront construites à partir des informations transportées par les trames de contrôle. Ce processus est déclenché à chaque changement de topologie pour reconstruire à nouveau les routes vers toutes les destinations possibles. Les protocoles basés sur ce principe sont : DSDV (Distance-Vector Routing Protocol) [27] et OLSR (Optimized Link-State Routing Protocol) [28].

Un des avantages de ces protocoles est la disponibilité immédiate de la route lors du besoin « gain de temps ». Cependant, la bande passante diminue à cause du trafic généré par l'échange de paquets de contrôles [26].

#### — Protocoles de routage réactifs ou On-Demand

Le principe des protocoles réactifs également appelés protocoles de routage à la demande (On-Demand routing protocols) est de lancer le processus de recherche de routes uniquement en cas de besoin (à la demande). Ces protocoles se basent sur la découverte et le maintien des routes. Suite à un besoin, une procédure de découverte globale de route est lancée [29], en cherchant un chemin jusqu'à la destination, une fois ce chemin trouvé, il est inscrit dans la table de routage et peut être utilisé tant que la destination est joignable ou jusqu'au moment où la route devient inutile.

Ce type de routage minimise l'échange de messages de contrôle ce qui libère la bande

passante mais le délai d'établissement de la route est plus important en comparaison avec les protocoles proactifs [26].

AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing) [27], DSR (Dynamic Source Routing) [30] ou TORA (Temporally Ordered Routing Algorithm) [31] sont des exemples de protocoles de routage réactifs.

#### — Protocoles de routage hybrides

Les protocoles hybrides combinent les deux approches précédentes. Pour bénéficier de leurs avantages, ils utilisent un protocole proactif, pour connaître les voisins les plus proches dans le but de réduire le délai et un protocole réactif dans le but de réduire la charge des paquets de contrôles. Les protocoles hybrides cumulent aussi les inconvénients des protocoles Table-driven et réactifs à savoir, les paquets de contrôles périodiques et le délai de découvertes de routes [32]. Un des protocoles de routage hybrides est ZRP (Zone Routing Protocol) [33].

### 2.4.2 Les protocoles de routage géographiques

Se basent sur d'autres hypothèses qui sont :

- Chaque nœud peut déterminer sa position physique via un système de positionnement tel que le GPS (Global Positioning System), ou en utilisant un système de coordonnées basé sur les caractéristiques des signaux en entrée des nœuds.
- Chaque nœud garde les informations de position de tous ses voisins directs (voisins à un saut) et ces informations sont en général maintenues par un broadcast périodique de beacons qui spécifient l'identité et la position du nœud émetteur.
- L'existence d'un service de localisation qui maintient l'information de position de tous les nœuds du réseau. Ce service est utilisé par un nœud source pour obtenir la position de son destinataire. Cette position est ajoutée à l'entête de tout paquet envoyé par la source.

GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing) [34], LAR (Location-Aided Routing) [35] et DREAM (Distance Routing Effect Algorithm for Mobility) [36] sont des protocoles géographiques les plus largement étudiés.

## 2.5 Les protocoles de routage employés dans notre étude

Nous choisissons deux protocoles dans notre étude, le premier qui est AODV de la première classe (basé sur la topologie) et le deuxième qui est GPSR de la deuxième classe (basé sur la géographique). Dans ce qui suit, nous décrivons les détails de chaque protocole.

### 2.5.1 AODV (Ad-hoc On-Demand Distance Vector)

AODV [21] est un protocole de routage qui adopte une approche purement réactive. Il met en place une requête de demande de route au début d'une session de communication au moment où un nœud source souhaite envoyer des données à un nœud destination. Une fois trouvée, la route est maintenue tout au long de la communication. Si une route est détectée comme étant rompue, un nouveau processus de demande de route est initié.

Le processus de recherche de route est réalisé grâce aux requêtes de demande de route Route-Request RREQ et Route-Reply RREP. Quand un nœud source a besoin d'une route vers une destination pour laquelle il ne possède pas encore de route, il diffuse le RREQ dans le réseau. Les nœuds qui reçoivent ce paquet mettent à jour leurs informations concernant la source (mettent à jour leurs tables de routage). Si un nœud qui reçoit le paquet est la destination ou qui connaît une route vers la destination, il envoie un RREP (avec un numéro de séquence supérieure ou égal à ce lui du RREQ) en unicast à la source. En même temps que le RREP se propage pour atteindre la source, les nœuds qui le reçoivent ajoutent une entrée vers cette destination dans leurs tables de routage. Dans le cas contraire il rediffuse le RREQ.

Une route est considérée active s'il y a des paquets qui la traversent périodiquement. Une fois que la source termine d'envoyer ses paquets et qu'un temporisateur de maintien de route expire, la route est effacée des tables de routage des nœuds intermédiaires. Si une route rompt quand elle est active, le nœud qui détecte la rupture envoie un Request-Error RERR vers la source pour l'informer. Après réception du RERR, si la source désire toujours envoyer des paquets, elle réinitie la procédure de découverte de route.

La figure 2.2 illustre une recherche de route à l'initiative du nœud A et en direction de J et les différentes tables de routages constituées. La diffusion du message RREQ à partir de A se fait en broadcast vers tous ses voisins. Lorsque que J reçoit le message il retourne un message RREP à A en passant par H, G et D.

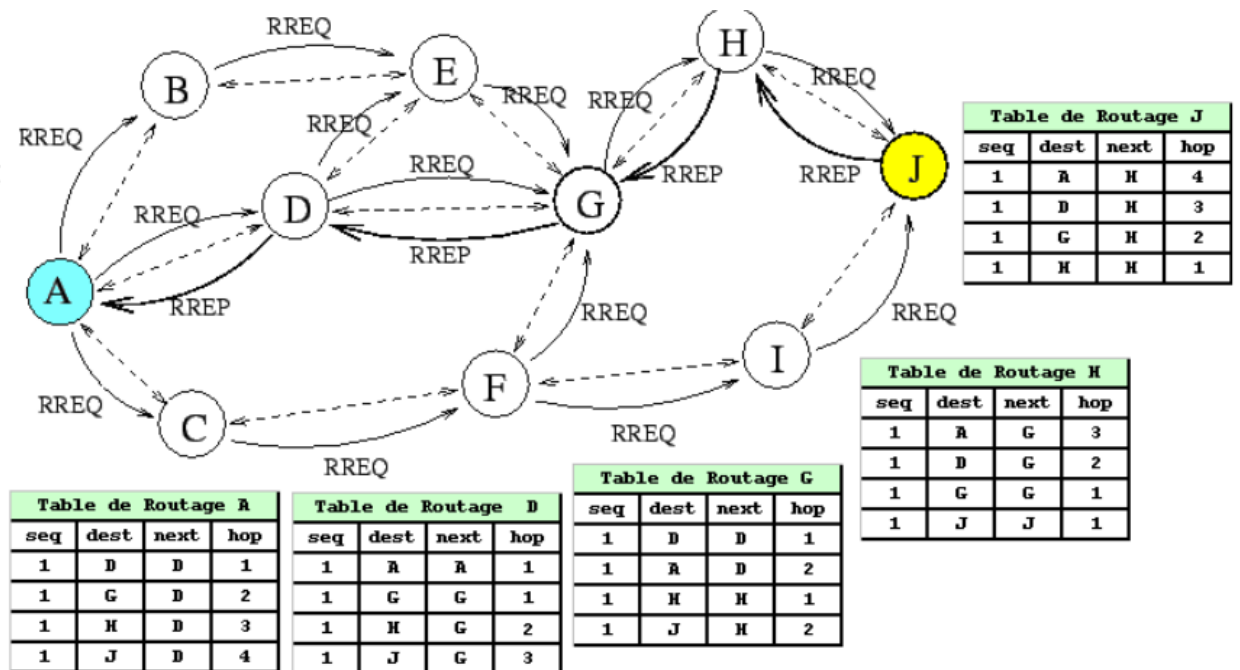


FIGURE 2.2 – Mécanisme de routage AODV [20].

### 2.5.2 GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing)

GPSR [21] est probablement le protocole de routage géographique le plus connu pour les VANETs. Il utilise les positions des relais et de la destination contenue dans un paquet pour prendre des décisions lors du processus de relaying. La position de la destination et les positions du nœud relais à un saut sont suffisantes pour prendre des décisions de relaying correctes, sans aucune autre information de la topologie du réseau.

Dans ce protocole, les auteurs supposent que [34] :

- Tous les nœuds mobiles connaissent leurs positions respectives à tout moment à partir d'un appareil de géolocalisation comme GPS.
- L'accès d'un canal radio est bidirectionnelle.
- Une source est capable de déterminer l'emplacement de la destination d'un paquet, pour être en mesure de lui adresser des paquets.

La transmission des paquets dans GPSR se fait grâce à deux méthodes : le greedy forwarding, qui est utilisé à chaque fois que possible et le perimeter forwarding, qui est utilisé dans les régions où la première méthode ne peut pas être appliquée.

### a. Greedy forwarding

Un nœud de retransmission/relayage peut faire localement un choix gourmand (greedy) optimal dans le choix du prochain saut pour un paquet. Le choix localement optimal du prochain saut est le voisin le plus proche géographiquement à la destination du paquet. Cette technique est répétée de manière récursive jusqu'à ce que la destination soit atteinte.

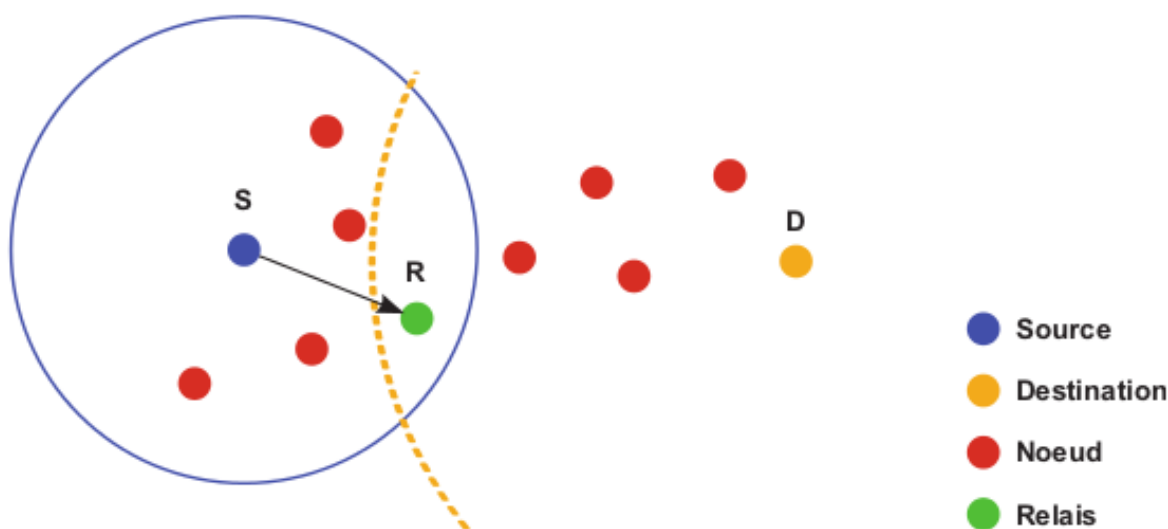


FIGURE 2.3 – Technique du Greedy Forwarding.

La figure 2.3 représente un exemple de choix gourmand du prochain saut. Ici, le nœud S reçoit ou génère un paquet destiné à D. La zone de couverture de S est désignée par le cercle plein de couleur bleue autour de S et l'arc dont le rayon est égal à la distance entre R et D est représenté par une ligne discontinue. S relaye le paquet à R, car la distance entre R et D est inférieure à celle entre D et n'importe quel autres voisins de S. Ce processus de transfert gourmand se répète jusqu'à ce que le paquet atteigne D.

Périodiquement, chaque nœud transmet un signal (beacon) sur l'adresse MAC de diffusion, ne contenant que son propre identifiant et sa position. Ce processus four-

nit pour tous les nœuds les positions de leurs voisins. Il existe des topologies dans lesquelles la seule voie qu'un paquet peut empreinter vers une destination nécessite un chemin temporairement plus loin en terme de distance géométrique de la destination. Un exemple d'une telle topologie est représenté dans la figure 2.4. Sur cette

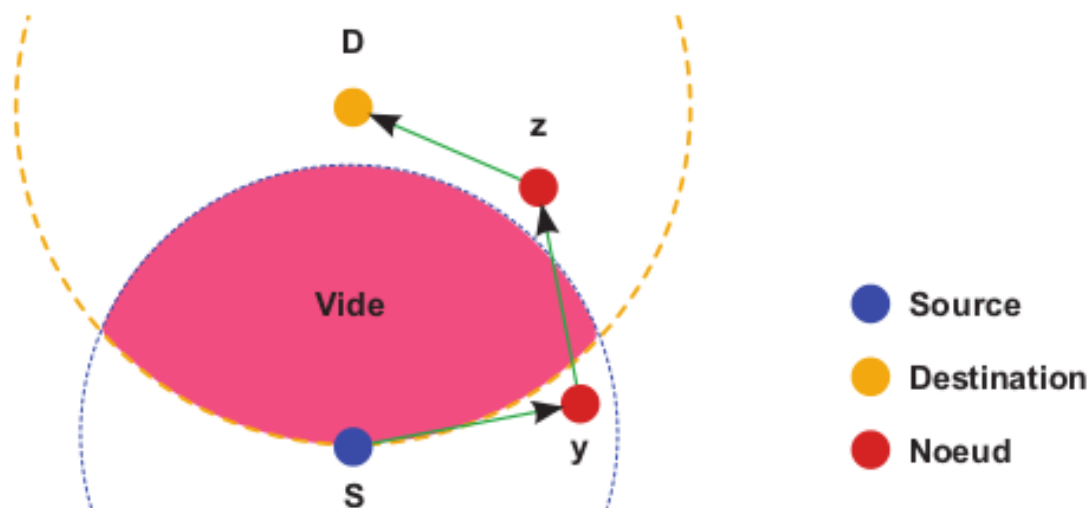


FIGURE 2.4 – Scénario d'un maximum local.

figure, S est plus proche de D que son voisin y. Ainsi le chemin (S-y-z-D) existe vers D, S ne choisira pas de transmettre à y avec la technique du greedy forwarding, mais comme S est le maximum local dans son entourage par rapport à D, un autre mécanisme doit être utilisé pour transmettre les paquets dans ce genre de situations.

#### b. Perimeter forwarding ou règle de la main droite (Right-hand rule)

Lorsqu'un paquet arrive à un nœud S, le chemin à suivre est le prochain qui se trouve dans le sens inverse des aiguilles d'une montre en partant de S et par rapport au segment [SD] tout en évitant les liens déjà parcourut. La figure 2.5 montre un exemple plus précis de ce mode.

Il est important de rappeler que tous les nœuds maintiennent une table de voisinage, qui stocke les adresses et les positions de leurs voisins à un saut. Lorsqu'un nœud relais reçoit un paquet en mode greedy forwarding, il cherche dans sa table de voisinage le voisin le plus proche géographiquement de la destination du paquet. Si ce voisin est plus proche de la destination, le nœud transmet le paquet vers ce voisin. Lorsqu'aucun voisin n'est plus proche, le nœud marque le paquet en mode

périmètre.

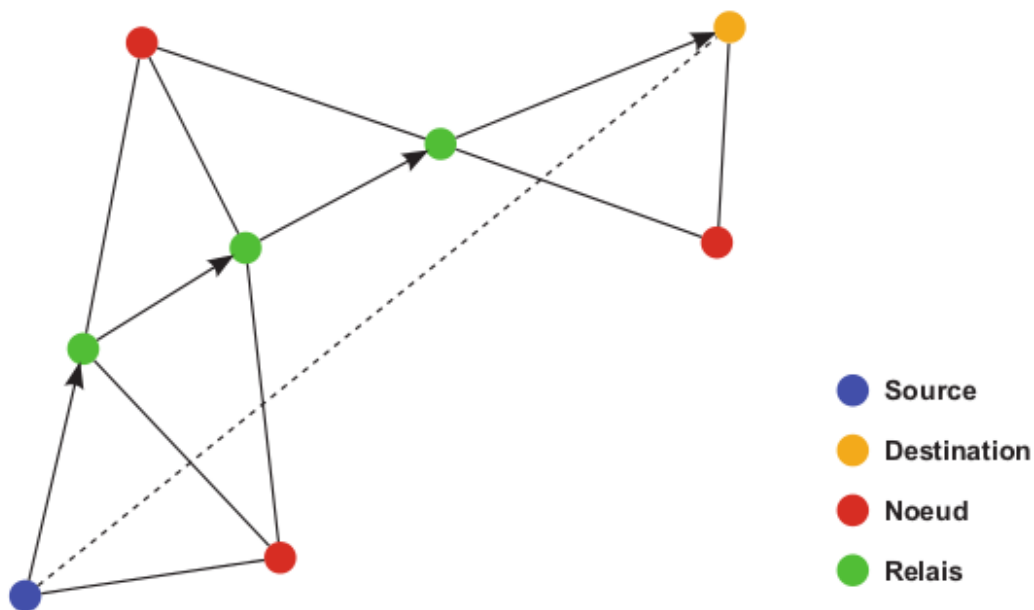


FIGURE 2.5 – Règle de la main droite.

## 2.6 Etude comparative

Après l'étude des protocoles de routage (AODV et GPSR), nous avons une comparaison entre ces deux protocoles, qui est basée sur des contraintes de performance (Catégorie, maintenance des routes, liberté de boucle, routes multiples, multisaut, méthode reconfiguration des routes) (cf. Tab 2.1).

<b>Contrainte de performance</b>	<b>AODV</b>	<b>GPSR</b>
Catégorie	Topologie (Réactif)	Géographique
Routes maintenues dans	Table de routage	Table de position
Liberté de boucle	Oui	Non
Routes multiples	Non	Oui
Multisaut	Oui	Oui
Méthode de reconfiguration des routes	Suppression des routes et notification à la source	Supprimer le nœud n'appartient pas dans sa zone

TABLE 2.1 – Analyse comparative

## 2.7 Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre des concepts de routage, les protocoles de routage unicast, nous avons étudié deux protocoles de routage unicast dans les VANETs : AODV se base sur la topologie et GPSR se base sur la géographique.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter les simulations des deux protocoles étudiés.

# Chapitre 3

## Résultats et interprétations des simulations

### 3.1 Introduction

La simulation dans un VANET implique deux différents aspects. Le premier réside aux problèmes liés à la communication entre les véhicules. Un simulateur de réseau, comme le NS-2, fait face à ces problèmes, il se focalise sur les caractéristiques du protocole de réseau, le deuxième aspect est lié à la mobilité des véhicules, c'est le simulateur de mobilité qui gère la mobilité et le mouvement des véhicules.

Dans ce chapitre, on présente la simulation des deux protocoles AODV (Ad-hoc On-Demand Distance Vector) et GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing).

### 3.2 Présentation du simulateur NS-2

Le simulateur du réseau NS-2 (Network Simulator 2) est un outil logiciel de simulation des réseaux informatique. Il est principalement bâti avec les idées de la conception par objets, de réutilisation du code et de modularité.

NS-2 est écrit en C++ et utilise le langage OTCL (Object Tools Command Language) dérivé de TCL. A travers OTCL, l'utilisateur décrit les conditions de la simulation : la topologie du réseau, les caractéristiques des liens physiques, les protocoles utilisés, les communications qui ont lieu. La simulation doit d'abord être saisie sous forme de fichier que NS va utiliser pour générer un fichier contenant les résultats. Mais l'utilisation de

l'OTCL permet aussi à l'utilisateur de créer ses propres procédures (par exemple s'il souhaite enregistrer dans un fichier l'évolution d'une variable caractéristique du réseau au cours du temps).

### 3.3 Evaluation des performances des protocoles étudiés

Dans cette section, nous allons étudier les performances de AODV et GPSR en réalisant des simulations. Pour ce faire, nous avons utilisé l'outil NS-2 et le modèle de mobilité Manhattan.

#### 3.3.1 Scénarios et paramètres de simulations

Nous avons considéré un environnement urbain de  $2000m^2$  ayant quatre voies bidirectionnelles. Chaque véhicule participant au scénario a une portée de 300m, et se déplace avec une vitesse qui varie de 20 à 60 km/h, au cours de ces simulations, on a fait varier le nombre total de véhicules (50, 100, 150, 200, 250) pour augmenter graduellement la densité et la charge du réseau respectivement.

- Le tableau 3.1 résume la configuration de notre simulation et les paramètres utilisés :

#### 3.3.2 Métriques de performances

Une métrique est un moyen permettant de mesurer la performance d'un objet spécifique.

nous sommes intéressés par deux indicateurs de performance suivants :

— **Taux de délivrance des paquets (Packets Delivery Ratio, PDR) :**

Cette métrique mesure l'efficacité du protocole de routage pendant l'envoi des paquets de données d'une source vers une destination. Cette mesure est compris dans l'intervalle  $[0, 1]$ . Plus le PDR converge vers 1, plus le protocole est efficace. La réciproque  $(1 - PDR)$  représente le taux de perte de paquets de données pendant

Paramètre	Valeur
Simulateur	NS-2
Modèle de mobilité	Manhattan
Environnement de simulation	2000m <sup>2</sup>
Nombre de voies	4
Nombre de noeuds	50, 100,..., 250
Portée de transmission	300 m
Vitesse de déplacement[Vitesse Min-Vitesse Max]	[20-60] km/h

TABLE 3.1 – Paramètres de simulation [21]

la transmission. Cette mesure est calculée en divisant Le nombre de paquets bien reçus par le nombre de paquets transmis.

— **Délai moyen de bout en bout (End-to-End Delay, EED) :**

Le délai de bout en bout est le temps moyen (en secondes) nécessaire à un paquet pour atteindre sa destination.

### 3.3.3 Résultats de simulation et analyse des performances

#### 3.3.3.1 Taux de délivrance des paquets (PDR)

Dans cette section, nous avons choisi de comparer la performance de AODV avec GPSR en terme de PDR. La figure 3.1 montre que le taux de délivrance des paquets de GPSR est supérieur aux AODV pour toutes les densités du réseau. Le PDR est varié dans les deux protocoles de même façon (augmente de 50 à 150 véhicules), mais plus de 150 véhicules le PDR est diminué dans le protocole AODV. Ces résultats sont expliqués par le nombre de collision qui peut apparaitre pendant l'acheminement des paquets dans le protocole AODV.

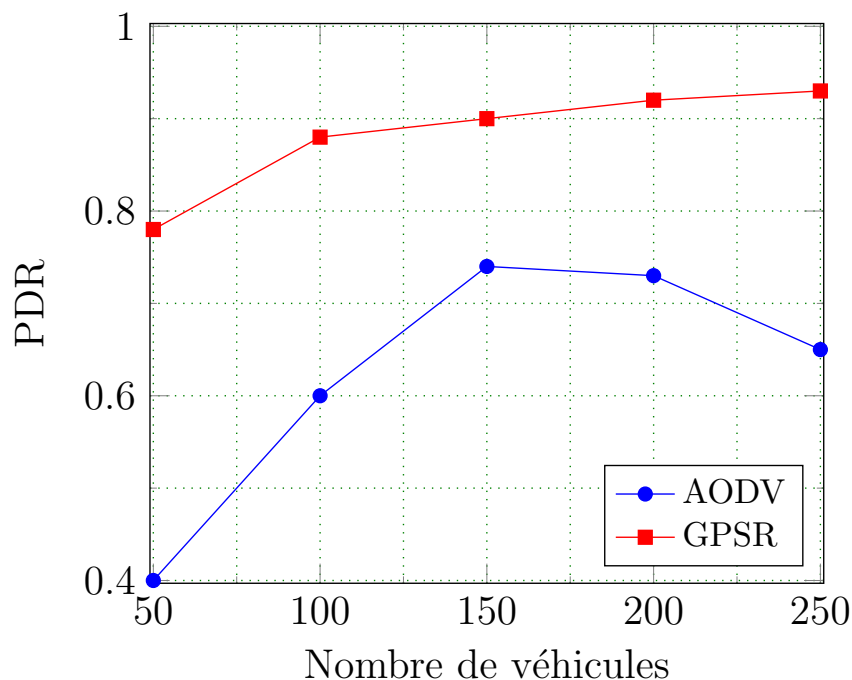


FIGURE 3.1 – Taux de délivrance de paquets en fonction de densité du réseau

### 3.3.3.2 Délais moyen de bout-en-bout

Dans cette partie, nous nous intéressons aux performances des deux protocoles étudiés en terme de délai moyen de bout en bout. La figure 3.2 montre bien que le délai de bout en bout est resté stable dans GPSR par rapport à AODV (augmente/ puis diminue), ce qui s'explique par le bon fonctionnement de GPSR. Ces résultats peuvent être interprétés par les mécanismes qui sont utilisés par AODV (découverte de route et maintenance de route) ce qui prend un temps par rapport au GPSR (le choix de voisin plus proche à la destination et transmettre des paquets).

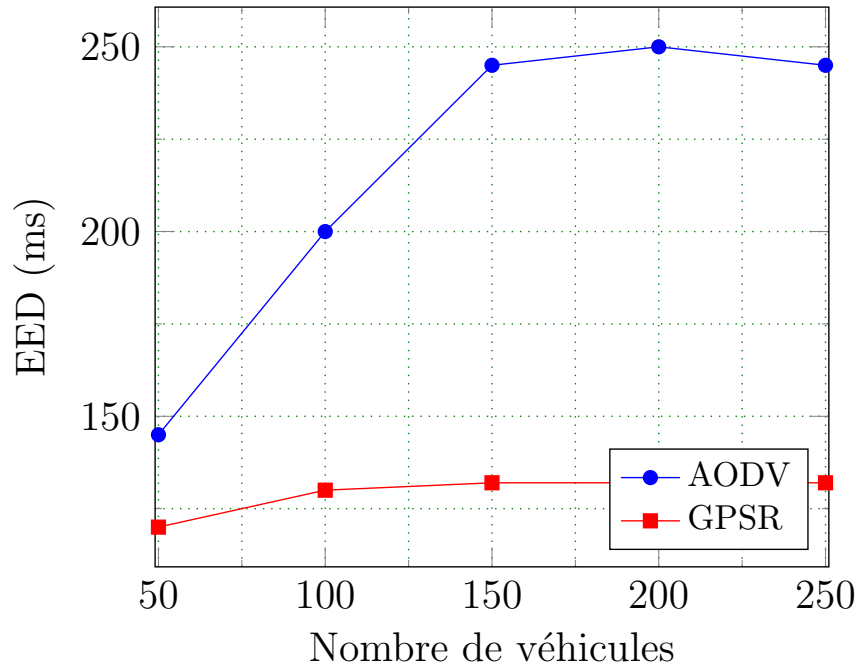


FIGURE 3.2 – Délai moyen de bout en bout en fonction de densité du réseau

### 3.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le simulateur NS-2 et les performances du AODV et GPSR. Après l'étude comparative entre les deux protocoles AODV et GPSR, on constate que le protocole GPSR est meilleur que le protocole AODV.

# Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous avons présenté une étude générale des réseaux véhiculaires qui sont devenus ces dernières années l'un des domaines de recherche attractifs dans le monde, ainsi que les protocoles de routage unicast dans les VANETs.

Nous avons choisi deux protocoles (AODV, GPSR), après la comparaison, nous avons trouvé que le protocole GPSR est plus fiable que AODV en termes de taux de délivrance des paquets et de délai moyen de bout en bout.

# Bibliographie

- [1] A. Ahizoune. Un protocole de diffusion des messages dans les réseaux véhiculaires. Thèse de doctorat, Université de Montréal, 2011.
- [2] Y. Djoudi. Etude des protocoles de streaming multi-source dans les VANETs. Mémoire de master, Université Ammar Telidji Laghouat, 2015.
- [3] J.P. Hubaux, « Vehicular Networks : How to Secure Them », MiNeMa Summer School, Klagenfurt, 2005.
- [4] N. Salameh. Conception d'un système d'alerte embarqué basé sur les communications entre véhicules. Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Rouen, 2011.
- [5] M. Jerbi, P. Marlieret, S.M. Senouci. Experimental assessment of V2V and I2V communications. In IEEE International Conference on Mobile Ad hoc and Sensor Systems, MASS, 2008.
- [6] N. Haddadou. Réseau ad hoc véhiculaires : vers une dissémination de données efficace, coopérative et faible. Thèse de doctorat, Université Paris-EST Ecole Doctorale MSTIC, 2014.
- [7] J. Jakbiak, Y. Koucheryavy. State of the art and research challenges for vanets. In Consumer communications and networking conference (CCNC' 08). Las Vegas, Nevada, USA, 2008.
- [8] Y. Toor, P. Muhlethaler, A. Laouiti. Vehicle ad hoc networks : applications and related technical issues. IEEE Communications Surveys Tutorials, 2008.
- [9] J. Blum, A. Eskandarian, L. Hoffman. Challenges of intervehicle ad hoc networks. Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2004.

- 
- [10] S. Yousfi, M.S. Mousavi, M. Fathy. Vehicular ad hoc networks (vanets) : challenges and perspectives. In Proceedings of the 6th International Conference on ITS telecommunications, Chengdu, China, 2006.
- [11] S. Benkouider. Etude Du Problème De Localisation Dans Les Réseaux Vanet. Mémoire de magister en informatique. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 2009.
- [12] P. Marlier. Communications optimisées dans un réseau véhiculaire ad hoc multi sauts. Rapport de stage TN10 / Mémoire de master ST02, 2007.
- [13] A. Boukerche. Algorithm and protocols for wireless mobile network. Wiley-IEEE Press, 2008.
- [14] F.Z. Bousbaa. Etude des protocoles de multicast dans les réseaux de véhicules. Mémoire de magister en Informatique, Université Amar Telidji de Laghouat, 2011.
- [15] W. Kiess, J. Rybicki, M. Mauve. On the nature of Inter-Vehicle Communication. WMAN2007 : Proceedings of the 4th Workshop on Mobile Ad-Hoc Networks, 2007.
- [16] J.Luo, J.P. Hubaux. A survey of inter-vehicle communication. Technical report, EPFL, Lausanne, 2004.
- [17] J.P. Hubaux, S. Capkun, J.Luo. The security and privacy of smart vehicles. IEEE Security and Privacy, 2004.
- [18] A. Benslimane. Localization in Vehicular Ad-hoc networks. Proceedings of the 2005 Systems Communications (ICW'05), 2005.
- [19] M. JERBI. Protocoles pour les communications dans les réseaux de véhicules en environnement urbain : Routage et GeoCast basés sur les intersections. Thèse de doctorat, Université d'Evry Val d'Essonne, 2008.
- [20] C. Loison, T. Ruocco, C. Rives. Routage multicast dans les réseaux véhiculaires (VANET). Rapport de recherche, Université d'Avignon, 2013.
- [21] S. Allal. Optimisation des échanges dans le routage géocast pour les réseaux de Véhicules Ad Hoc VANETs. Thèse de doctorat, Université Paris 13, 2014.
- [22] S. Bouguer. Etude et simulation comparative entre les reseaux de capteurs sans fils traditionnels et les reseaux de capteurs vehiculaires. Mémoire de fin d'études (Ingénieur d'Etat en Télécommunication), Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 2012.

- 
- [23] O. Rivaton. Le routage de l'information dans les réseaux véhiculaires mobiles. Mémoire de maître ès sciences en informatique, Université Laval, 2016.
- [24] K. Ait Ali. Modélisation et étude de performances dans les réseaux VANET. Thèse de doctorat, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2012.
- [25] T. Atéchian, Protocole de routage géo-multipoint hybride et mécanisme d'acheminement de données pour les réseaux ad hoc de véhicules (VANETs). Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2010.
- [26] H. Bouzebiba, Y. Bouizem. Impact des modèles de mobilités sur les performances des protocoles de routage en milieu urbain réaliste dans les réseaux VANET (V2V).Mémoire de master, Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen, 2015.
- [27] Perkins, C.E., Bhagwat, P. Highly. Dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers, ACM SIGCOMM computer communication review, 1994.
- [28] T. Clausen, P. Jacquet. Optimized link state routing protocol.(OLSR). IETF RFC3626, 2003.
- [29] M. Sedrati, L. Aouragh, L. Guettala, A. Bilami, Etude des Performances des Protocoles de Routage dans les Réseaux Mobiles Ad-Hoc, 4th International Conference on Computer integrated manufacturing CIP, 2007.
- [30] Perkins, C.E., Royer, E.M., "Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing", 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA 1999), 1999.
- [31] Z.J. Hass , M.R. Pearlman, "Zone Routing Protocol (ZRP)", Internet draft available at [www.ietf.org](http://www.ietf.org), 1997.
- [32] L. Wang,S. Olariu, A two-zone hybrid routing protocol for mobile ad hoc networks, Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on, Vol. 15, No 12,pp. 1105-1116, 2004.
- [33] H. Ehsan, Z.A. Uzmi, "Performance comparison of ad hoc wireless network routing protocols", IEEE 8th International Multi to-pic Conference, Proceedings of INMIC, 2004.

- [34] B. Karp, H.T. Kung. "GPSR : greedy perimeter stateless routing for wireless networks,"The 6th annual international conference on Mobile computing and networking, 2000.
- [35] Y.B. Ko, N.H. Vaidya. Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks. *Wireless Networks*, vol. 6, no. 4, 2000.
- [36] S. Basagni, I. Chlamtac, V. R. Syrotiuk, and B. A. Woodward. A distance routing effect algorithm for mobility (DREAM). Proc. 4th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking, 1998.

# Annexe

## 3.5 Installation du NS-2 dans Ubuntu 12.04

Avant l'installation de NS-2 , on utilise les commandes suivantes dans le Terminal :

- **sudo apt-get update** : L'option update met à jour la liste des fichiers disponible dans les dépôts APT présents dans le fichier de configuration `/etc./apt/sources.list`.
- **sudo apt-get dist-upgrade** : L'option dist-upgrade met à jour tous les paquets installés vers les dernières versions en installant de nouveaux paquets si nécessaire.
- **sudo apt-get upgrade** : L'option upgrade met à jour tous les paquets installés sur le système vers les dernières versions (couramment utilisé).
- **sudo apt-get install tcl8.5-dev tk8.5-dev** : Package de TCL.
- **sudo apt-get install build-essential autoconf automake** : Permet d'installer le logiciel de base dont nous aurons besoin pour compiler à partir des sources, comme le compilateur gcc et d'autres services.
- **sudo apt-get install perlxgraphlibxt-dev libx11-dev libxmu-dev** : Package du NAM.

Téléchargement de **ns-allinone-2.35.tar.gz** d'après le lien :

`http://sourceforge.net/projects/nsnam/files/allinone/ns-allinone-2.35/ns-allinone-2.35.tar.gz/download` Après le téléchargement de **ns-allinone-2.35.tar.gz**, nous avons le placé dans notre dossier personnel (`/home/poste`).

### Installation du NS2

Pour l'installation, nous utilisons les commandes suivantes :

- **cd /home/poste**
- **tar -zxvf ns-allinone-2.35.tar.gz**



FIGURE 3.3 – Résultat d'extraction.

- Accès au dossier **ns-allinone-2.35** en tapant la commande `cd /home/poste/ns-allinone-2.35` , ensuite nous avons commencé l'installation avec l'utilisation de la commande :
- `sudo ./install`

```

poste@poste-Satellite-C55-B:~/ns-allinone-2.35$ sudo ./install
=====
* Testing for Darwin (OS X) environment
=====
* Testing for Cygwin environment
=====
Cygwin not detected, proceeding with regular install.

```

FIGURE 3.4 – Installation NS2.

### Les variables d'environnement

Il y a quelques variables d'environnement qui doivent être ajoutées au niveau du fichier `bashrc`, donc nous avons l'édité à l'aide du commande :

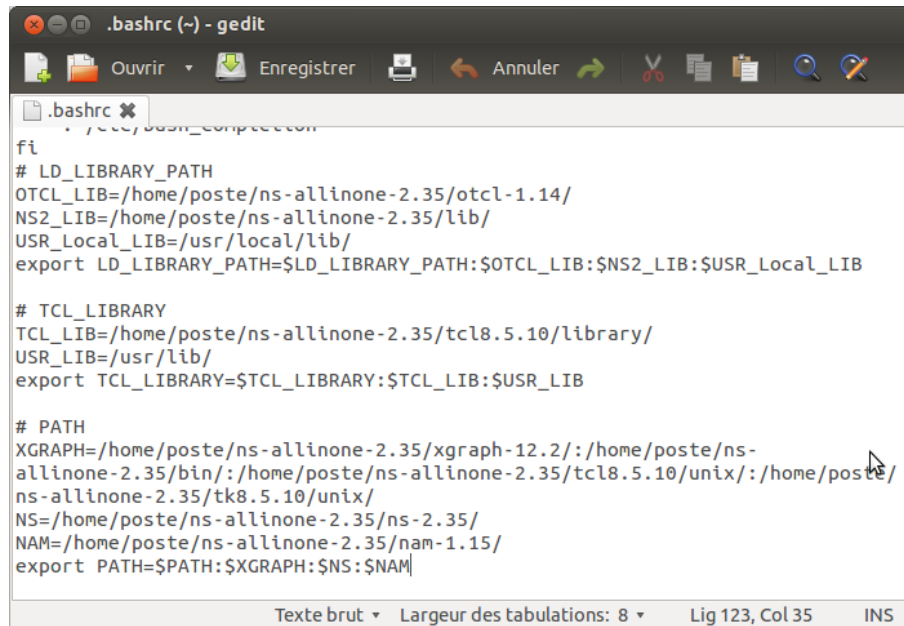
- `gedit /home/poste/.bashrc`

Ensuite, nous avons ajouté le code suivant à la fin du fichier `bashrc`, puis nous avons sauvegardé les modifications apportés. Par la suite, nous avons redémarré le système pour qu'il prenne en compte les modifications accordés et nous avons rechargé le fichier `bashrc` :

- `cd /home/poste`
- `source .bashrc`

### Vérification de l'installation

La dernière étape à assurer est la vérification du bon fonctionnement du **NS2**. Pour cela



```

fi
# LD_LIBRARY_PATH
OTCL_LIB=/home/poste/ns-allinone-2.35/otcl-1.14/
NS2_LIB=/home/poste/ns-allinone-2.35/lib/
USR_Local_LIB=/usr/local/lib/
export LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:$OTCL_LIB:$NS2_LIB:$USR_Local_LIB

# TCL_LIBRARY
TCL_LIB=/home/poste/ns-allinone-2.35/tcl8.5.10/library/
USR_LIB=/usr/lib/
export TCL_LIBRARY=$TCL_LIBRARY:$TCL_LIB:$USR_LIB

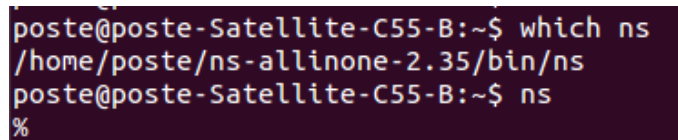
# PATH
XGRAPH=/home/poste/ns-allinone-2.35/xgraph-12.2/:/home/poste/ns-
allinone-2.35/bin/:/home/poste/ns-allinone-2.35/tcl8.5.10/unix/:/home/poste/
ns-allinone-2.35/tk8.5.10/unix/
NS=/home/poste/ns-allinone-2.35/ns-2.35/
NAM=/home/poste/ns-allinone-2.35/nam-1.15/
export PATH=$PATH:$XGRAPH:$NS:$NAM

```

FIGURE 3.5 – Configuration du chemin de fichier bashrc.

nous avons accédé au dossier **NS2** et nous avons lancé la commande (`./validate`). On peut ne faire pas cette étape et en tapant directement la commande **which ns**.

Si le résultat est : `/home/poste/ns-allinone-2.35/bin/ns` alors il est installé, nous pouvons commencer à l'utiliser en tapons la commande **ns** dans le terminal, si nous avons reçu le signe (`()`), cela signifie que **NS** a été bien installé .



```

poste@poste-Satellite-C55-B:~$ which ns
/home/poste/ns-allinone-2.35/bin/ns
poste@poste-Satellite-C55-B:~$ ns
%
```

FIGURE 3.6 – Vérification d'installation du NS2.

## 3.6 Intégration du protocole dans NS-2

Pour l'intégration d'un protocole, nous avons choisi comme exemple l'intégration de `vanetrbc` (protocole qui permet de faire la diffusion d'un paquet dans le réseau), en tapant dans le terminal les commandes suivantes :

1. L'accès au chemin `cd /home/poste/ns-allinone-2.35/ns-2.35`  
— `mkdir vanetrbc`

## 2. Décompresser le fichier vanetrbc par la commande

- `unzip /Downloads/vanetrbc.zip -d .`
- `cd vanetrbc`
- `mkdir scenario`
- `cd scenario`
- `unzip /Downloads/v urban.zip -d .`
- `unzip /Downloads/v other.zip -d .`

3. L'accès au fichier `packet.h`

- `cd /ns-allinone-2.35/ns-2.35/common`
- `gedit packet.h`

Et on ajoute le code suivant : `static packet_t PT_NTTYPE =` avant la dernière ligne de cette liste.



```

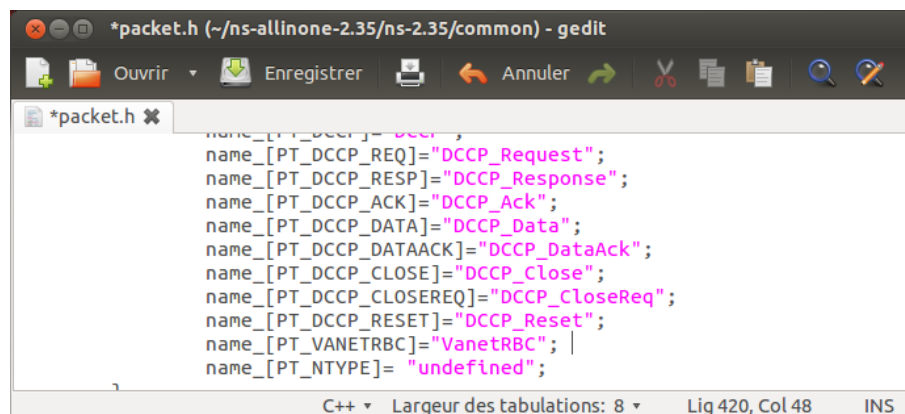
static packet_t PT_VANETRBC = 73; |
static packet_t PT_NTTYPE = 74; // This MUST be the LAST one

enum packetClass
{
    UNCLASSIFIED,

```

Maintenant, en ajoutant la ligne

`name [PT_VANETRBC]="VanetrBC";`



```

name_[PT_DCCP_REQ]="DCCP_Request";
name_[PT_DCCP_RESP]="DCCP_Response";
name_[PT_DCCP_ACK]="DCCP_Ack";
name_[PT_DCCP_DATA]="DCCP_Data";
name_[PT_DCCP_DATAACK]="DCCP_DataAck";
name_[PT_DCCP_CLOSE]="DCCP_Close";
name_[PT_DCCP_CLOSEREQ]="DCCP_CloseReq";
name_[PT_DCCP_RESET]="DCCP_Reset";
name_[PT_VANETRBC]="VanetrBC"; |
name_[PT_NTTYPE]= "undefined";

```

On sauvegarde et on quitte **packet.h**

4. On accède au chemin suivant : ns-allinone-2.35/ns-2.35/tcl/lib/ns-packet.tcl.

— **cd /ns-allinone-2.35/ns-2.35/tcl/lib**

— **gedit ns-packet.tcl**

Après la ligne "set protolist", on ajoute la ligne :

VanetRBC Vanet protocol



```
*ns-packet.tcl (~ns-allinone-2.35/ns-2.35/tcl/lib) - gedit
Ouvrir Enregistrer Annuler
*ns-packet.tcl
set protolist {
# Common:
    Common
    Flags
    IP # IP
# VanetRBC //
VanetRBC # VanetRBC
# Routing Protocols:
    NV # NixVector classifier for stateless routing
    rtProtoDV # distance vector routing protocol
    rtProtoLS # link state routing protocol
    SR # source routing, dsr/hdr_sr.cc
    Src_rt # source routing, src_rtg/hdr_src.cc
# Routers:
    LDP # mpls/ldp.cc
    MPLS # MPLS_MultiProtocol Label Switching
Tcl Largeur des tabulations: 8 Lig 125, Col 43 INS
```

5. On accède au chemin suivant : ns-allinone-2.35/ns-2.35/tcl/lib/ns-default.tcl.

— **gedit ns-default.tcl**

Nous ajoutons les trois lignes suivantes dans la fin de " ns-default.tcl " :

Agent/VanetRBC set interval 1

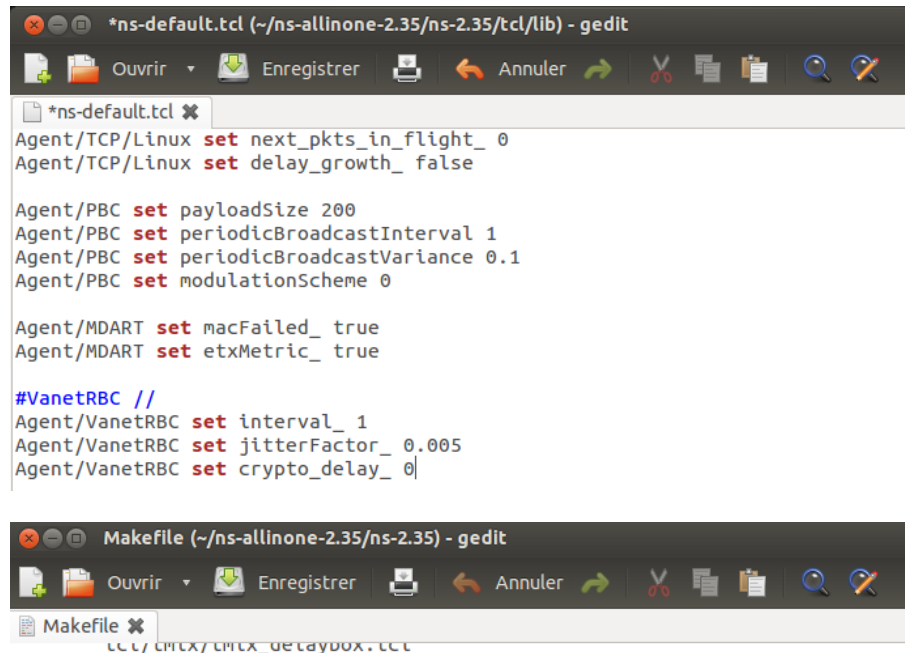
Agent/VanetRBC set jitterFactor 0.005

Agent/VanetRBC set crypto delay 0

6. On accède au chemin suivant : ns-allinone-2.35/ns-2.35/Makefile.

— **cd /ns-allinone-2.35/ns-2.35**

— **gedit Makefile**



```
*ns-default.tcl (~/.ns-allinone-2.35/ns-2.35/tcl/lib) - gedit
Agent/TCP/Linux set next_pkts_in_flight_ 0
Agent/TCP/Linux set delay_growth_ false

Agent/PBC set payloadSize 200
Agent/PBC set periodicBroadcastInterval 1
Agent/PBC set periodicBroadcastVariance 0.1
Agent/PBC set modulationScheme 0

Agent/MDART set macFailed_ true
Agent/MDART set etxMetric_ true


#VanetrBC //
Agent/VanetrBC set interval_ 1
Agent/VanetrBC set jitterFactor_ 0.005
Agent/VanetrBC set crypto_delay_ 0

Makefile (~/.ns-allinone-2.35/ns-2.35) - gedit
Makefile
.../cmx/cmx_delaybox.tcl
```

```
# WIN32: uncomment the following line to include specific make for VC++
# !include <conf/makefile.win>

OBJ_CC = \
tools/random.o tools/rng.o tools/ranvar.o common/misc.o common/timer-
handler.o \
common/scheduler.o common/object.o common/packet.o \
common/ip.o routing/route.o common/connector.o common/ttl.o \
```

Après OBJ CC, on ajoute : vanetrbc/vanetrbc.o vanetrbc/vanetrbc rxdatadb.o



```
Makefile (~/.ns-allinone-2.35/ns-2.35) - gedit
Makefile
queue/delayer.o \
xcp/xcpq.o xcp/xcp.o xcp/xcp-end-sys.o \
wpan/p802_15_4csmaca.o wpan/p802_15_4fail.o \
wpan/p802_15_4hlist.o wpan/p802_15_4mac.o \
wpan/p802_15_4nam.o wpan/p802_15_4phy.o \
wpan/p802_15_4sscs.o wpan/p802_15_4timer.o \
wpan/p802_15_4trace.o wpan/p802_15_4transac.o \
apps/pbc.o \
vanetrbc/vanetrbc.o vanetrbc/vanetrbc_rxdatadb.o \
$(OBJ_STL)
```

### Recompiler (Make) :

Nous recompilons ns avec le nouveau protocole et nous changeons le chemin vers :

.../ns-allinone-2.35/ns-2.35/

On tape les commandes suivants :

— **make clean**

- `make`
- `sudo make install`

Verifier (Run `vntest.tcl`)

- `cd vanetrbc`
- `ns vntest.tcl`

S'il est bien intégrer, nous pouvons voir la diffusion des paquets dans l'environnement à l'aide de l'outil `nam`.

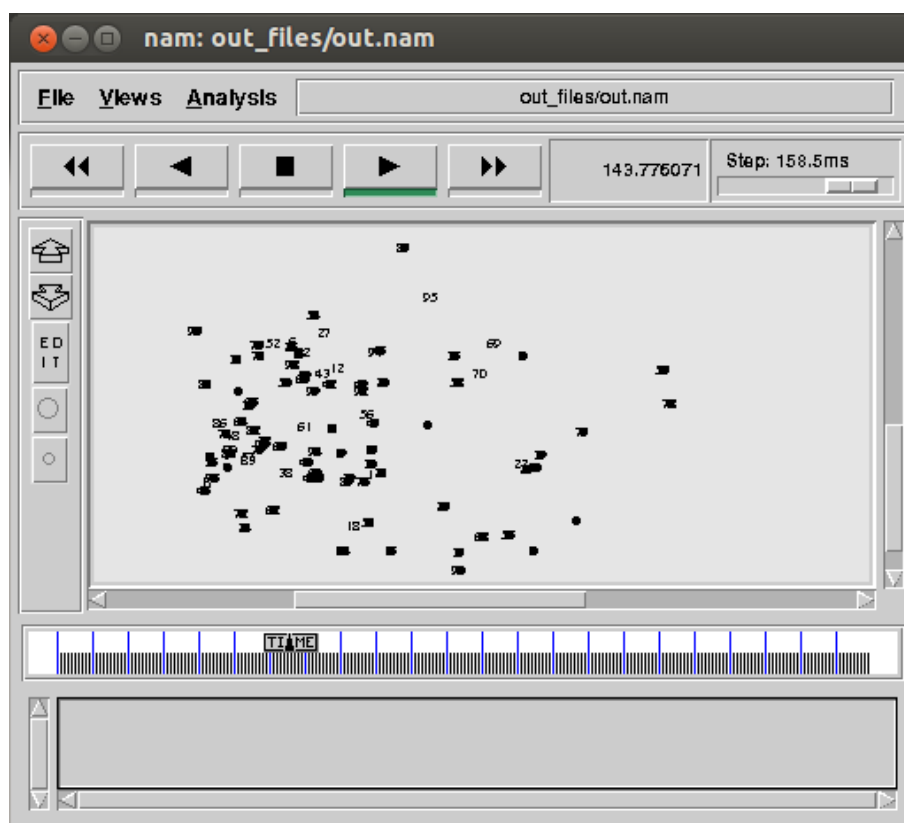


FIGURE 3.7 – Visualisation de la diffusion.

### 3.7 Visualisation de notre application

Dans cette partie on prend une application JAVA (Dans NetBeans), qui présente la méthode Greedy forwarding de GPSR.

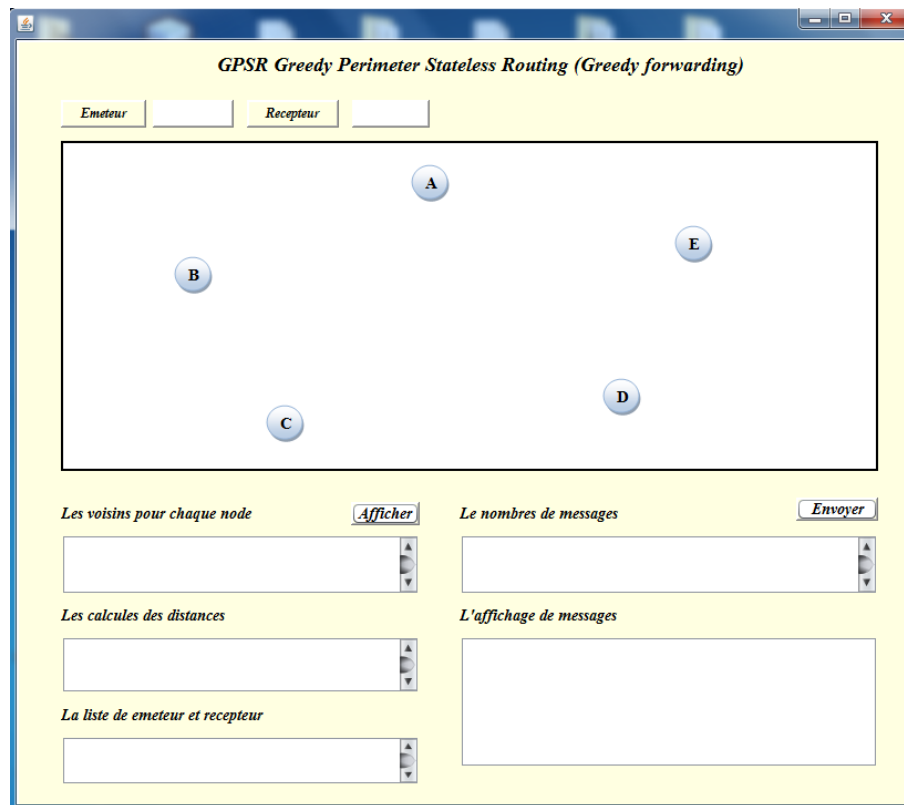


FIGURE 3.8 – L'interface de cette application.

Par exemple, on choisit l'émetteur "A", et le récepteur "D". On trouve "D" parmi les voisins de "A", Alors "A" fait la transmission (cf. Fig 3.9).

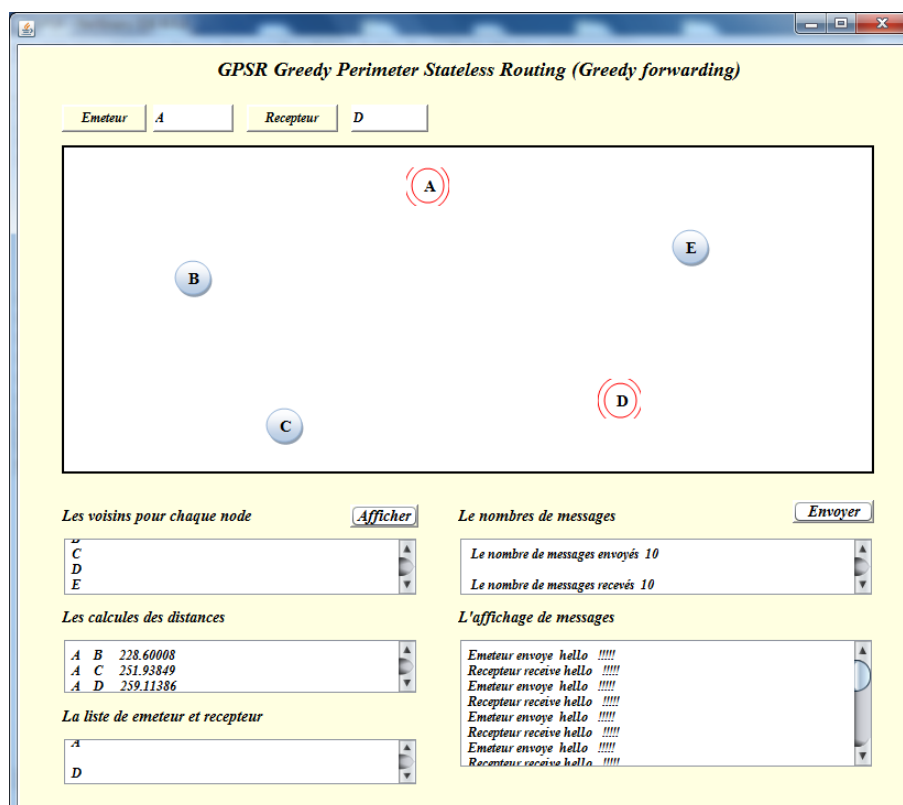


FIGURE 3.9 – Exemple de transmission des paquets.