

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université A. Mira de Béjaïa  
*Faculté des Sciences Exactes*  
*Département de Recherche Opérationnelle*



## *Mémoire de fin de cycle*

En vue de l'obtention du diplôme de  
***MASTER en Recherche Opérationnelle***  
**Option :** Modélisation Mathématique et Évaluation des  
Performances des Réseaux

## *Thème*

---

**Évaluation des performances d'un protocole  
de dissémination de données dans les  
Réseaux ad-hoc véhiculaires**

---

Présenté par :

*M<sup>r</sup>* YAHIAOUI ABD ELAZIZ.  
*M<sup>r</sup>* AOURAS AMMAR.

Devant le jury composé de :

Présidente :	<i>M<sup>me</sup></i> HOCINE Safia	MAA	U. A. Mira Béjaïa.
Examinatrice	<i>M<sup>me</sup></i> REBOUH Nadjete	MAA	U. A. Mira Béjaïa.
Examinatrice	<i>M<sup>me</sup></i> AIT HACENE Souhila	MAA	U. A. Mira Béjaïa.
Promotrice :	<i>M<sup>me</sup></i> BOULFEKHAR Samra	MCA	U. A. Mira Béjaïa.

Promotion 2017-2018

# Remerciements

EN tout premier lieu, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et la patience d'élaborer ce modeste travail que nous espérons être à la hauteur.

NOUS remercions *M<sup>lle</sup>* S.BOULFEKHAR de nous avoir proposé ce sujet de mémoire, et de l'attention qu'elle a porté à notre travail : ses conseils et ses commentaires précieux qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

NOUS remercions les membres de jury pour l'honneur qu'elles nous ont fait en participant à la lecture et à l'examen de ce modeste travail.

UN grand merci à nos amis et frères *M<sup>r</sup>* MESSAOUDI Adel et *M<sup>r</sup>* YAHIAOUI Nabil pour leur aide qui nous a été précieuse.

ENfin merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce Mémoire.

# Dédicaces

*J*e dédie ce modeste travail :  
*A*ux êtres les plus chers au monde, mon père et ma mère qui ont sacrifié leurs vies pour ma réussite.  
*A* mes chers frères et ma sœur : Abd elgani, Oualid, Chahinaz.  
*A* tous mes amis (es).  
*I*l m'a été très difficile d'écrire cette page par souci d'oublier les nombreuses personnes qu'ils me faut citer pour leur aide, leur accueil, leur soutien.

***ABD ELAZIZ***

**Je dédie ce modeste travail  
À MES PARENTS  
Que Dieu Vous Protège  
et Vous Prête Une Bonne Santé  
et Une Longue Vie**

**À TOUTE MA FAMILLE  
Pour Leur Soutien et Leur Encouragement**

**À TOUS MES AMIS(ES)**

**À TOUS CEUX QUI M'ONT AIMÉ  
Et Qui Ne Méritent Pas D'être Oubliés**

***AMMAR***

# Table des matières

<b>Liste des figures</b>	<b>4</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>5</b>
<b>Liste des acronymes</b>	<b>6</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>8</b>
<b>1 Réseaux véhiculaires :Vue générale</b>	<b>10</b>
1.1 Introduction . . . . .	10
1.2 Les réseaux ad-hoc . . . . .	10
1.3 Définition d'un réseau véhiculaires . . . . .	11
1.4 Les composants d'un réseau véhiculaire . . . . .	12
1.5 Caractéristiques des réseaux véhiculaires . . . . .	13
1.6 Architectures de communication . . . . .	14
1.6.1 Communication Véhicule-à-Infrastructure . . . . .	14
1.6.2 Communication Véhicule-à Véhicule . . . . .	14
1.6.3 Communication Hybride . . . . .	15
1.7 Technologies de communication . . . . .	15
1.8 Domaines d'applications et contraintes . . . . .	16
1.8.1 Applications de sécurité routière . . . . .	16
1.8.2 Applications de gestion du trafic routier . . . . .	17
1.8.3 Applications d'information et de divertissement . . . . .	17
1.9 Défie liés aux réseau véhiculaires . . . . .	18
1.9.1 Qualité de service . . . . .	18
1.9.2 Canal radio fiable . . . . .	19
1.9.3 Routage . . . . .	19
1.9.4 Adressage géographique et geocasting . . . . .	19
1.9.5 Sécurité . . . . .	19
1.9.6 Normalisation vis-à-vis de la flexibilité . . . . .	20
1.10 Conclusion . . . . .	20

<b>2</b>	<b>Dissémination de données dans les VANETs</b>	<b>21</b>
2.1	Introduction . . . . .	21
2.2	Définition de la dissémination . . . . .	21
2.3	Techniques de dissémination . . . . .	22
2.3.1	Modèles incitatifs à la coopération . . . . .	23
2.3.1.1	Dissémination Troc . . . . .	23
2.3.1.2	Dissémination crédits virtuel . . . . .	23
2.3.1.3	Modèle de réputation . . . . .	23
2.3.2	Modèles de confiance . . . . .	23
2.3.2.1	Orienté entité . . . . .	24
2.3.2.2	Orienté donnée . . . . .	24
2.3.2.3	Combiné . . . . .	24
2.4	Stratégies de dissémination . . . . .	24
2.4.1	Dissémination par diffusion . . . . .	24
2.4.2	Dissémination probabiliste . . . . .	25
2.4.3	Dissémination Géographique . . . . .	26
2.4.4	Dissémination Orientée ressources du canal . . . . .	26
2.4.5	Dissémination Orientée priorité des messages . . . . .	27
2.5	Conclusion . . . . .	29
 <b>3</b>	 <b>Dissémination des données par diffusion dans les réseaux VANETs</b>	 <b>31</b>
3.1	Introduction . . . . .	31
3.2	Objectifs de diffusion dans les réseaux VANETS . . . . .	32
3.3	Critères de conception d'un protocole de diffusion . . . . .	32
3.3.1	Passage à l'échelle . . . . .	32
3.3.2	Diffusion efficace . . . . .	32
3.3.3	Diffusion fiable . . . . .	33
3.3.4	Délais de diffusion . . . . .	33
3.3.5	Diffusion robuste . . . . .	33
3.3.6	Diffusion tolérante aux retards . . . . .	33
3.4	Classification des protocoles de diffusion dans les réseaux VANETS . . . . .	33
3.4.1	Diffusion basée sur la localisation . . . . .	34
3.4.2	Diffusion basé sur la topologie . . . . .	34
3.4.3	Diffusion basé sur le clustering . . . . .	35
3.4.4	Diffusion basés sur la distance . . . . .	36
3.4.5	Diffusion basés sur la probabilité . . . . .	37
3.4.6	Diffusion basés sur la table de pilotage . . . . .	38
3.5	Conclusion . . . . .	39

<b>4</b>	<b>Étude des performance de protocole de diffusion dans les VANETs</b>	<b>40</b>
4.1	Introduction . . . . .	40
4.2	Notion du clustering . . . . .	40
4.3	Principe fonctionnement de protocole Cluster Based Efficient Broadcast (CBE-B) . . . . .	41
4.4	Algorithme étudié (CBE-B) . . . . .	42
4.5	Évaluation des performances de CBE-B . . . . .	44
4.5.1	Métriques d'évaluation des performances . . . . .	44
4.5.1.1	Nombre des paquets reçu . . . . .	44
4.5.1.2	Nombre des paquets perdus . . . . .	44
4.5.1.3	Calcul du taux de perte des paquets . . . . .	44
4.5.1.4	Délai de transmission . . . . .	44
4.5.1.5	Paramètres de simulation . . . . .	45
4.5.1.6	Implémentation et résultats obtenus . . . . .	45
4.6	Conclusion . . . . .	48
	<b>Conclusion générale</b>	<b>49</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>50</b>

# Table des figures

1.1	Exemple de transmission d'un message dans un réseau ad-hoc[9]	11
1.2	Nœuds représentants des MANETs et VANETs [15]	11
1.3	Les éléments constituant le véhicule intelligent [10]	12
1.4	Communication Véhicule-à-Infrastructure	14
1.5	Communication Véhicule-à Véhicule	15
1.6	Communication Hybride	15
2.1	Communication à destination unique (unicast)	21
2.2	Diffusion limitée aux véhicules à deux sauts radio	22
2.3	Classification des techniques de dissémination dans les VANETs	22
3.1	Critères de conception d'un protocole de diffusion	32
3.2	Critères de conception d'un protocole de diffusion	33
3.3	Réseaux véhiculaires basés sur la localisation	34
3.4	Réseaux véhiculaires basés sur la probabilité	37
4.1	Modèle de partition de la route en cluster	41
4.2	Message diffusé dans la zone de transmission du véhicule accidenté	42
4.3	Les étape fonctionnement de protocole CBE-B	43
4.4	résultat de clustering dans CBE-B	45
4.5	Nombre de paquets envoyer et perdus dans CBE-B	46
4.6	Nombre de paquets envoyer,perdus et reçu par rapport au nombre de véhicules dans CBE-B	46
4.7	Nombre de clustres par rapport au nombre de véhicules dans CBE-B	47
4.8	Délais de transmission dans CBE-B	47
4.9	Le taux de perte et le taux de réception	48

# Liste des tableaux

1.1	Récapitulatif des technologies de communication . . . . .	16
1.2	Caractéristiques des applications des réseaux véhiculaires . . . . .	18
2.1	Les informations diffusée dans un sens unique ou un double sens . . . . .	29
3.1	Comparaison entre différents protocoles de diffusion étudiés . . . . .	38
4.1	Paramètres de simulation . . . . .	45

# Liste des acronymes

ADF	Augmented Duckey-Fuller.
ACK	Tame d'Acquittement.
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Aces with Collision Avoidance.
CBE-B	Cluster Based Efficient Broadcast.
DAB	Digital Audio Broadcasting.
DDT	Distance Defer Transfer.
DGPS	Differential Global Positioning System.
DMB	Digital Multimedia Broadcasting.
DP	Directional Propagation Protocol.
DSRC	Dedicated Short-Range Communication.
DVB-H	Digital Video Broadcast handheld.
DVB-T	Digital Video Broadcast terrestrial.
EDCA	Enhanced Distributed Chanel Aces.
EDGE	Enhanced Data for Evolution.
FCC	Federal Communication Commission.
GPS	Global Positioning System.
GSM	Global System for Mobile communication.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
IVC	Inter-Véhicule Communication.
IVG	Inter-Vehicle Géocast .
LTE	Long Term Evolution.
MAC	Medium Aces Control.
MANET	Mobile Ad hoc Networks.
MDV	Mobility-centric Data Dissemination algorithm for Vehicular networks.
MHVB	MultiHop Vehicular Broadcast.
OAPB	Optimized Adaptive Protocol Broadcast.
OBU	On-board Unit.
ODAM	Optimized Dissemination of Alarm Messages.
RBM	Role-Based Multicast.
RDS	Radio Data System.
RSUs	Road Side Units.
STEID	Spatio-Temporal Information Dissemination.
STI	Society of Technology Industrials.
TMC	Traffic Message Chanel.
TRADE	Track Detection.
TTL	Time To Live.
UMB	Urban Multi-Hop Broadcast protocol.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System.

## ACRONYMS

---

VANET	Vehicular Ad hoc Networks.
V2I	Vehicle to Infrastructure.
V2V	Vehicle to Vehicle.
WAVE	Wireless Acces in Vehicular Environment.
WIFI	Wireless Fidelity.
WSMP	Wave Short Message Protocol.
3G	Troisième Génération.
4G	Quatrième Génération.

# Introduction générale

Les réseaux véhiculaires ou Vehicular Ad hoc NETWORKS (VANETs) représentent aujourd'hui un intérêt certain pour l'industrie automobile, les opérateurs des réseaux, les organisations et même les particuliers. Le but des réseaux véhiculaire est d'améliorer la sécurité et l'efficacité des transports routiers afin de diminuer les accidents et fournir un environnement confortable aux conducteurs et à leurs passagers. La plupart des travaux de recherche sur les VANETs se sont concentrés sur des problématiques bien spécifiques tels que l'acheminement de données (la dissémination), la qualité de service, et la sécurité de données, etc.

La dissémination des données est un point très important qui ne doit pas être négligé dans les réseaux sans fil, avec ou sans infrastructure. Les réseaux VANETs ne font pas l'exception, en plus leurs caractéristiques bien particulières telles que la vitesse des véhicules et le changement rapide de topologie rendent les solutions proposées dans les réseaux ad hoc inefficaces dans les réseaux VANETs.

Plusieurs recherches se sont orientées vers des techniques de dissémination permettant de garantir un bon acheminement de données dans les réseaux VANETs, en particulier si le réseau VANET s'étend sur plusieurs kilomètres, où le délai de transmission et le taux de pertes de paquets augmentent avec la longueur de la route. Il existe plusieurs catégories de dissémination de données dans les VANETs à savoir : probabiliste, géographique, orientée ressources du canal, orientée priorité des messages, et par diffusion cette dernière prometteuse pour améliorer les performances de ce type de réseaux. Parmi les approches les plus intéressantes qui assurent la diffusion d'une manière efficace dans les VANETs on trouve la diffusion basées sur le clustering. La diffusion des données basé sur le clustering est considérée comme une classe bien adaptée aux VANETs du fait que en regroupent des véhicule sur la route en plusieurs clusters, elle améliore le délai de transmission et le taux de perte des paquet [41] .

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés au protocole de diffusion basé sur le clustering Cluster Based Efficient Broadcast (CBE-B) qui prend en considération la direction et la vitesse des véhicules et la probabilité de diffusion des messages. Ce protocole utilise un cluster-head (CH) dans chaque cluster pour la transmission des messages entre les clusters, cela nous permet de diminuer le délai de transmission et le taux de pertes de paquets.

Notre étude s'étale sur quatre chapitres :

Dans le premier chapitre nous commençons dans un premier temps par définir les réseaux Ad Hoc, ces différents modes de communication ainsi que ces caractéristiques, les contraintes qui lui sont liées, puis nous abordons les réseaux Ad Hoc véhiculaires (VANET) en décrivant les entités communicantes, les modes de communication et les caractéristiques de ces réseaux, on cite aussi quelques applications conçu pour les VANETs avant de présenter les standards de communication véhiculaire. Au final nous parlons des différents défis qui ont un impact sur le futur déploiement des réseaux véhiculaires.

Dans le deuxième chapitre, nous traitons la dissémination dans les réseaux Ad-Hoc véhiculaire de manière générale, en présentant ces déférente techniques.

Dans le troisième chapitre on définit la technique de dissémination par diffusion, en présentant les déférents protocoles qui permettent d'améliorer la diffusion dans les VANETs.

Le quatrième chapitre explique le fonctionnement du protocole CBE-B que nous avons étudié. Ce chapitre contient l'implémentation du protocole CBE-B sous logiciel python, et aussi une discussion sur les résultats obtenu. Nous terminons ce travail par une conclusion générale.

# 1

## Réseaux véhiculaires : Vue générale

### 1.1 Introduction

DE nos jours, les véhicules sont considérés autrement que de simples moyens de transport, bien plus. Grâce aux avancées technologiques récentes, une multitude de nouvelles fonctionnalités leur sont associées, ce qui les dotent d'une source d'intelligence de par leurs interactions avec l'environnement routier. En exploitant leurs récentes capacités de communications, la création d'un réseau dédié permet de rendre plus agréable le temps qu'on passe à bord, tout en améliorant la sécurité routière. Dans ce contexte, les réseaux véhiculaires VANETs (Vehicular Ad hoc NETWORKs) participent en permettant le partage, de manière collaborative de différents types de données entre les véhicules.

Dans ce premier chapitre, une vue globale sera présentée sur les réseaux véhiculaires. Nous débuterons par la description des réseaux ad-hoc composants, technologies, et architectures de communication utilisés dans les réseaux véhiculaires, ainsi que les différents domaines d'applications qui peuvent exister. Nous évoquerons, par la suite, les défis liés aux réseaux véhiculaires. Nous terminerons ce chapitre par une conclusion.

### 1.2 Les réseaux ad-hoc

Les réseaux ad-hoc sont des réseaux sans-fil capables de s'organiser spontanément et de manière autonome dans l'environnement dans lequel ils sont déployés sans infrastructure définie préalablement. La tâche de la gestion du réseau est répartie sur l'ensemble d'entités communicantes par liaison sans-fil, ces entités sont souvent appelées "nœuds". Dans ces réseaux, les entités envisagées sont des terminaux légers et de taille réduite qui fonctionnent sur batterie, donc elles ont des capacités de traitement et de mémoire limitées [9]. Les réseaux ad-hoc, dans leur configuration mobile, sont connus sous le nom

de MANET (*Mobile Ad-hoc NETWORKS*).

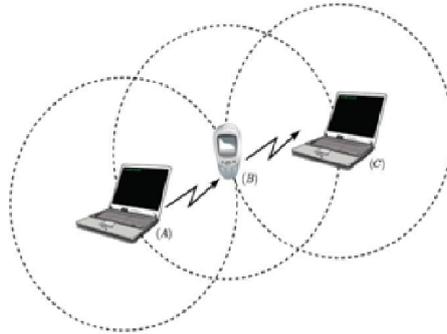


FIGURE 1.1 – Exemple de transmission d'un message dans un réseau ad-hoc[9]

La Figure1.1 montre un exemple de transmission d'un message dans un réseau ad-hoc entre deux équipements distants A et C, 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.

### 1.3 Définition d'un réseau véhiculaires

Les réseaux VANETs constituent une nouvelle forme de réseaux ad-hoc mobiles(MANET). Ils permettent d'établir des communications entre véhicules ou bien avec une infrastructure située aux bords de routes. Par rapport à un réseau ad-hoc classique, les réseaux VANETs sont caractérisés par une forte mobilité des nœuds rendant la topologie du réseau fortement dynamique [15] voir la Figure1.2.

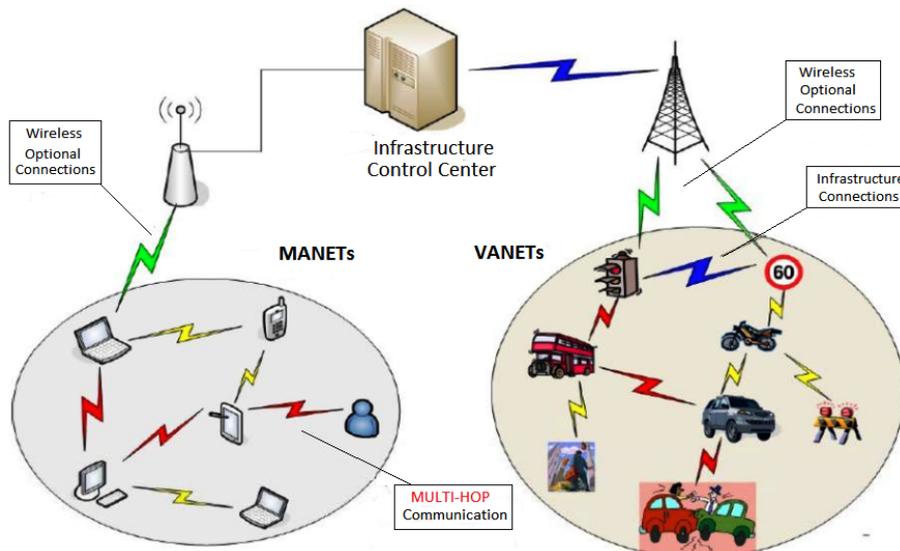


FIGURE 1.2 – Nœuds représentant des MANETs et VANETs [15]

Pour la mise en place d'un tel réseau, certains équipements électroniques doivent être installés au sein de véhicules voir la figure1.3, tel : les dispositifs de perception de

l'environnement (radars, caméras), un système de localisation GPS (Global Positioning System), 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.

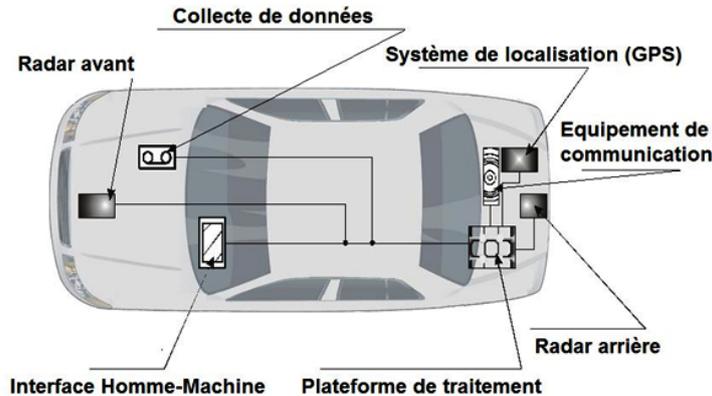


FIGURE 1.3 – Les éléments constituant le véhicule intelligent [10]

## 1.4 Les composants d'un réseau véhiculaire

Les principaux composants qui constituent un réseau véhiculaire sont les suivants :

- **Les usagers routiers** : dans les réseaux véhiculaires, les conducteurs et les passagers peuvent participer aux communications. Ces utilisateurs peuvent jouer le rôle de consommateur, de fournisseur de contenus ou les deux à la fois. De nos jours, le nombre d'accidents de la route et d'infractions à la circulation augmente en raison de l'utilisation des équipements mobiles et des équipements embarqués dans les véhicules. Par conséquent, il est nécessaire de prévoir un mécanisme qui réduise sensiblement l'interaction du conducteur avec les dispositifs de bord lors du partage de contenus. À titre d'exemple, une architecture a été proposée qui consiste à partager automatiquement des informations détectées par les capteurs dans les véhicules [26].
- **L'équipement mobile** : les véhicules sont équipés d'**On-Board Units (OBUs)** permettant de détecter les utilisateurs à proximité, de communiquer et de partager des contenus avec eux. Pendant ces dernières années, plusieurs projets européens et internationaux ont montré, avec des prototypes et des expérimentations, la faisabilité et l'importance des communications véhiculaires dans le cadre de plusieurs applications. Il est ainsi prévu que le taux de déploiement des véhicules équipés d'**OBUs** augmentera pendant les 15 prochaines années.
- **L'infrastructure** : certaines applications conçues pour les réseaux véhiculaires sont centralisées ou utilisent l'infrastructure quand cette dernière existe. Globalement, les infrastructures qui peuvent être utilisées dans les réseaux véhiculaires

sont les **RoadSide Units (RSUs)** et les réseaux cellulaires. D'une part, les **RSUs** offrent des communications à courte portée et restent peu déployées en raison de leur coût élevé. D'autre part, les réseaux cellulaires offrent des communications à longue portée le plus souvent coûteuses.

## 1.5 Caractéristiques des réseaux véhiculaires

Les réseaux véhiculaires ont des caractéristiques et des spécificités qui rendent cet environnement particulier et unique par rapport aux autres réseaux sans fil mobiles [1, 19]. Voici quelques propriétés qui distinguent les réseaux véhiculaires :

- **Topologie du réseau et densité** : contrairement à la plupart des réseaux sans fil mobiles, les réseaux véhiculaires sont caractérisés par une forte mobilité, liée à la grande vitesse des véhicules en particulier sur les autoroutes. Par conséquent, un nœud peut rejoindre et quitter le réseau dans une durée de temps très court, ce qui rend la topologie très instable. En outre, la densité du réseau peut varier en fonction du milieu (i.e urbain, rural, autoroutes) et en fonction de l'heure de la journée (e.g une faible densité à une heure tardive de la nuit).
- **Énergie** : À la différence des réseaux sans fil traditionnels où la contrainte d'énergie représente un facteur limitant important, les entités des VANETs disposent de capacités énergétiques suffisantes qu'elles tirent du système d'alimentation des véhicules. Même en cas d'arrêt du moteur et donc d'arrêt du système d'alimentation, il est possible pour une plateforme embarquée de recourir au dispositif de batteries dont seul un véhicule peut disposer. Les plateformes embarquées dans les véhicules étant pleinement alimentées, elles peuvent bénéficier de capacités de calcul plus massives et de multiples interfaces de communication.
- **Modèle de mobilité et distribution des véhicules** : la topologie du réseau véhiculaire est dynamique mais la mobilité des véhicules est contrainte par des chemins (i.e. les rues et les routes) prédéfinis, par les directions de déplacement et par le nombre des voies sur les routes. Les trajectoires des véhicules sont assez prévisibles à l'échelle de la portée des équipements. L'environnement d'un réseau véhiculaire peut être urbain, rural ou autoroutier. Les contraintes imposées par ce type d'environnements telles que les feux de circulation et les limitations de vitesses affectent fortement la mobilité et la densité des véhicules.
- **Le passage à l'échelle** : les réseaux véhiculaires peuvent croître rapidement, notamment dans les zones urbaines où les intersections et les routes à voies multiples sont fréquentes. Par conséquent, les protocoles proposés doivent faire face au passage à l'échelle qui se matérialisera par exemple par un grand nombre de collisions possibles sur le support de communication et des interférences entre les nœuds pendant leurs transmissions.

Au-delà des caractéristiques introduites ci-dessus, architecture de communication dans

les réseaux véhiculaires.

## 1.6 Architectures de communication

Dans les VANETs, on peut distinguer deux modes de communication, les communications Véhicule-à-Infrastructure (V2I) et les communications Véhicule-à-Véhicule (V2V). Les véhicules peuvent utiliser un de ces deux modes ou bien les combiner s'ils ne peuvent pas communiquer directement avec les infrastructures. Dans cette section, nous présentons le principe et l'utilité de chaque mode :

### 1.6.1 Communication Véhicule-à-Infrastructure

La Communication Véhicule-à-Infrastructure, comme illustré dans la Figure 1.4, fonctionne sous l'hypothèse que les utilisateurs doivent continuellement accéder à un serveur centralisé qui gère leurs interactions avec d'autres utilisateurs, même lorsque les véhicules sont physiquement proches. Dans une telle architecture, il n'y a pas d'interaction directe entre les véhicules. Dans la littérature, cette communication est connue sous le nom de véhicule-to-infrastructure (V2I). Les véhicules communiquent indirectement par l'intermédiaire des infrastructures existantes telles que les RSUs et les réseaux cellulaires. Jusqu'à ce jour, les RSUs sont peu déployés en raison de leur coût élevé. De plus les réseaux cellulaires sont surchargés avec l'augmentation de la demande et ne couvrent pas toutes les zones (e.g. tunnels ou zones rurales).

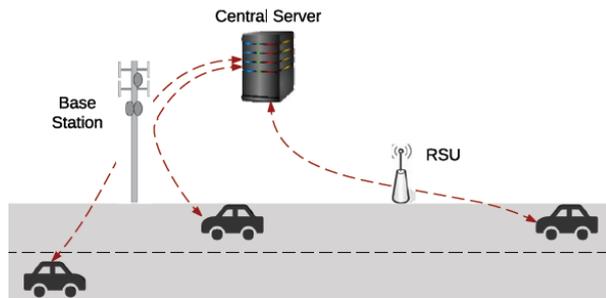


FIGURE 1.4 – Communication Véhicule-à-Infrastructure

### 1.6.2 Communication Véhicule-à Véhicule

La communication Véhicule-à Véhicule V2V, illustré sur la Figure 1.5, comprend uniquement des communications opportunistes entre les véhicules. Quand un véhicule rencontre d'autres véhicules à proximité (i.e. des nœuds voisins), les utilisateurs peuvent alors communiquer et échanger des contenus pendant les durées de contacts V2V. La communication V2V n'est pas coûteuse et offre un débit de transmission

important. En revanche, cette communication pose des défis tels que les faibles fréquences de contacts entre les véhicules dans un milieu à faible densité, les faibles durées de contacts en raison de la vitesse et de la qualité du lien, et la sélection des nœuds relais.



FIGURE 1.5 – Communication Véhicule-à Véhicule

### 1.6.3 Communication Hybride

L'architecture hybride, que nous présentons sur la Figure 1.6, comprend à la fois des communications V2V et des communications V2I. L'infrastructure peut être utilisée d'une manière optionnelle ou quand elle est présente. Dans les zones où l'infrastructure est inexistante, cette architecture opte pour des communications directes entre les véhicules.

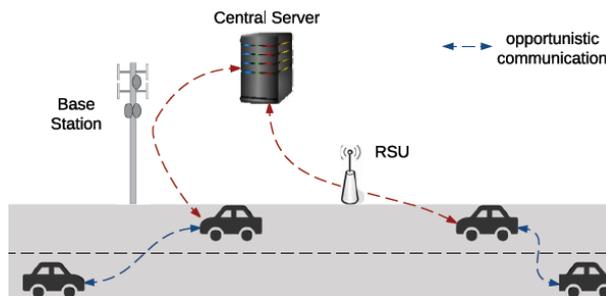


FIGURE 1.6 – Communication Hybride

## 1.7 Technologies de communication

Les technologies de communication existantes peuvent être divisées principalement en trois catégories :

- **Radio diffusion numérique** :telles que Radio Data System (RDS)/Traffic Message Channel (TMC), Digital Audio Broadcasting (DAB)/Digital Multimedia Broadcasting (DMB) et DVB-Terrestrial (DVB-T)/DVB-Handheld (DVB-H), dans laquelle les informations sont fournies aux utilisateurs d'une manière unidirectionnelle.
- **Réseaux cellulaires** :on peut citer comme exemple l'Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE), UMTS, Long Term Evolution (LTE) et WiMax qui dominent le domaine des communications mobiles et offrent des couvertures très larges mais nécessitent en revanche une infrastructure.

- **Device-to-Device** :cette catégorie permet une communication directe entre les véhicules en utilisant des technologies telles que le WiFi et Dedicated Short-Range Communications (DSRC).

Le Tableau 1.1 présente une variété de caractéristiques pour des technologies de communications utilisées dans les réseaux véhiculaires.

Technologies	Coût	Couverture	Débit	Taux de pénétration	Mode de transmission
WiMax	élevé	$\approx 50km$	70 Mbit/s	faible	V2I
WiFi	abordable	$\approx 100m - 200m$	11 Mbit/s-300 Mbit/s	élevé	V2V, V2I
DSRC	abordable	$\approx 100m - 1Km$	3-27 Mbit/s	faible	V2V, V2I
3G/4G	abordable	$\approx$ milliers de Km	200 Kbit/s-100 Mbit/s	élevé	V2I

TABLE 1.1 – Récapitulatif des technologies de communication

À l'issue de cette comparaison, on voit bien que chaque technologie est développée dans un but bien défini. Donc le choix des protocoles d'accès est une question importante puisqu'il détermine la portée de transmission, le débit de données, la sécurité et la fiabilité. Ainsi, il peut être intéressant de combiner certaines technologies afin de mettre en place un environnement d'interconnexion hétérogène le plus efficace possible.

## 1.8 Domaines d'applications et contraintes

Les applications conçues pour les réseaux véhiculaires peuvent être principalement classifiées sur trois catégories [13, 16, 63, 20] : *(i)* les applications de sécurité routière, *(ii)* les applications de gestion du trafic routier et *(iii)* les applications d'information et de divertissement. Dans la suite, nous allons détailler chacun de ces types en précisant leurs objectifs et leurs contraintes.

### 1.8.1 Applications de sécurité routière

Ces applications visent à réduire le nombre des accidents et à améliorer la sécurité routière en fournissant aux usagers routiers des informations pertinentes et utiles telles que l'avertissement de collision, la présence d'obstacles sur la route et l'avertissement d'un véhicule d'urgence qui approche. Cette catégorie d'applications est très critique en termes de délai. Ce contexte temps réel a des impacts sur les techniques de communication proposées. Détecter le danger qui menace la vie des conducteurs, informer les usagers routiers dans les plus brefs délais afin qu'ils puissent réagir rapidement constituent des défis liés à ces applications.

Comme exemple de ce type d'applications, nous pouvons citer l'application qui consiste à faciliter le passage des véhicules d'urgence. Actuellement, les ambulances utilisent les sirènes pour avertir les véhicules rencontrés. Cette méthode peut être accompagnée d'une information diffusée par l'ambulance qui peut être propagée au travers des autres véhicules qui seront alors avertis beaucoup plus tôt, ce qui peut aider à faciliter le passage des ambulances.

Un autre exemple est l'avertissement des dangers de la route tels que les obstacles, le brouillard, des travaux etc... En présence d'un danger sur la route, une information peut alors être partagée entre les véhicules afin de les avertir. Cela permet aux conducteurs de réagir plus tôt et réduit les risques d'accidents.

### 1.8.2 Applications de gestion du trafic routier

Les applications de cette catégorie utilisent les communications entre véhicules afin de partager des informations de trafic et ainsi d'améliorer le trafic routier en considérant des informations telles que des travaux, des obstacles ou des embouteillages potentiels. Cela permet la réduction du temps de trajet et une répartition efficace du trafic routier. Informer préalablement et rapidement les usagers routiers d'incidents possibles sur la route leur permet de changer leurs trajets et de les éviter. Ces applications sont moins exigeantes en termes de délai de délivrance que les applications de sécurité.

Comme exemple d'application, nous pouvons citer l'application qui aide les conducteurs à choisir les meilleurs itinéraires. Par exemple, les travaux de construction ou des incidents survenus causent généralement des embouteillages et des encombrements de la circulation. Informer préalablement (avant que les véhicules empruntent la route où l'incident a eu lieu) les usagers routiers de ces incidents leur permet de changer de trajet et d'éviter les embouteillages.

### 1.8.3 Applications d'information et de divertissement

L'objectif principal de cette catégorie d'applications est de fournir aux usagers routiers des informations, des publicités et du divertissement au cours de leurs trajets. Ces applications ont pour objectif d'améliorer le confort des conducteurs et des passagers. À titre d'exemple, on peut citer des applications qui fournissent aux utilisateurs des informations sur les stations-service à proximité ou l'offre d'un restaurant au bord de l'autoroute. Les utilisateurs n'ont alors plus besoin de s'arrêter. Ils peuvent profiter de ces offres quand elles les intéressent. De plus, ces applications peuvent fournir un accès Internet, des messages instantanés, des jeux et d'autres services. Elles sont plus tolérantes aux délais que les précédentes. Elles visent à offrir des services de confort aux usagers routiers. En revanche, ces applications doivent répondre aux préférences des usagers routiers.

Type d'application	Type de contenus	Taille des contenus	Métrique d'évaluation
Sécurité routière	Texte	petite	DD
Gestion du trafic routier	Texte	petite	DD, TD
Information et divertissement	Texte/Image	petite	TD pour les utilisateurs intéressés
	Audio	moyenne	QoS et TD pour les utilisateurs intéressés
	Vidéo	grande	QoS et TD pour les utilisateurs intéressés

[DD] Délai de Délivrance - [TD] Taux de Délivrance - [QoS] Qualité de Service

TABLE 1.2 – Caractéristiques des applications des réseaux véhiculaires

Le Tableau 4.1 résume les caractéristiques liées aux différents types d'applications envisagées pour les réseaux véhiculaires. Pour les applications de sécurité routière et de gestion du trafic routier, les contenus diffusés et échangés entre les utilisateurs sont généralement de petite taille et on s'intéresse au délai et au taux de délivrance pour évaluer les performances. Les applications de gestion du trafic routier sont moins exigeantes en termes de délai que les applications de sécurité. Pour les applications d'informations et de divertissement, différents types de contenus peuvent exister tels que des images, de l'audio ou une vidéo et par conséquent plusieurs tailles de contenus sont possibles (e.g. une dizaine de KB à 1MB pour les textes et images ; de 1MB à 10MB pour l'audio ; d'une dizaine de MB à une centaine de MB pour les vidéos). Ce type d'applications est plus tolérant au délai mais doit répondre aux attentes des usagers routiers.

## 1.9 Défie liés aux réseau véhiculaires

Les caractéristiques particulières des réseaux véhiculaires compliquent le déploiement des services de transport intelligent . Il est difficile dans certains cas de respecter les exigences de performance dans le réseau. Nous discutons dans cette partie de quelques défis qui sont essentiels à considérer lors de la conception des applications pour les réseaux véhiculaires

### 1.9.1 Qualité de service

La demande en qualité de service dépend des applications supportées. La principale contrainte des applications de sécurité est la latence. La validité des informations étant limitée dans le temps, les messages doivent parvenir à destination dans des délais courts pour être considérés comme pertinents. Dans le cas des applications de gestion de trafic, il s'agit essentiellement de la définition d'algorithmes d'agrégation des données qui permettent d'inclure autant d'informations de trafic que possible dans les paquets diffusés

[64]. Pour les applications de confort tel le transfert de fichiers ou le téléchargement le besoin est une connectivité permanente.

### 1.9.2 Canal radio fiable

Le rôle des mécanismes de gestion du canal radio est d'offrir des transmissions fiables et robustes et un partage équitable du médium de communication.

Pour atteindre cet objectif dans le cas des réseaux véhiculaires, il est nécessaire de définir des méthodes qui permettent de faire face aux deux problèmes majeurs des transmissions qui sont, les interférences inter-symboles dues à la propagation des ondes par trajets multiples et l'effet Doppler causé par le mouvement des véhicules

### 1.9.3 Routage

Les protocoles de routage sont utilisés en communications ad-hoc. Ils permettent de déterminer la suite des nœuds que les paquets doivent traverser pour un échange d'information entre entités distantes. Les problèmes auxquels doivent répondre les protocoles de routage sont la connectivité intermittente qui rend les routes déjà établies obsolètes et le partitionnement du réseau qui empêche la propagation des paquets.

### 1.9.4 Adressage géographique et geocasting

Le routage geocast [11] est un mécanisme similaire au multicasting dans lequel les destinataires sont identifiés par des contraintes géographiques. Il est utilisé par les applications diffusant des données qui ne sont utiles que pour les véhicules se trouvant dans une zone géographique spécifique. Par exemple, l'information sur un accident n'est pertinente que pour les véhicules qui se dirigent vers le lieu de l'accident. La diffusion des paquets vers tout autre véhicule cause une surcharge inutile du réseau. La complexité dans le geocasting réside dans la détermination de la zone géographique et la définition d'un mécanisme de relayage efficace qui réduit la surcharge du réseau et qui soit adapté à toutes les densités [30].

### 1.9.5 Sécurité

Les exigences en sécurité doivent être prises en compte aussi bien dans la conception architecturale du réseau que dans la conception des protocoles de communication. Elles diffèrent en fonction des applications et comprennent principalement la confidentialité, l'authentification, la cohérence et l'intégrité des données et la disponibilité.

La satisfaction de ces exigences dans des systèmes aussi dynamiques et mobiles que les réseaux véhiculaires est difficile mais particulièrement importante étant donné que des vies humaines sont concernées.

### 1.9.6 Normalisation vis-à-vis de la flexibilité

Il est évidemment nécessaire d'uniformiser les communications afin de permettre aux véhicules conçus par différents fabricants de pouvoir collaborer. Cependant, en raison des enjeux commerciaux, il est probable que les constructeurs voudront créer une certaine différenciation des standards.

## 1.10 Conclusion

L'objectif de ce chapitre est de présenter les réseaux véhiculaires comme un nouveau paradigme de réseau. Nous avons exposé leurs caractéristiques ainsi que les différentes architectures de communication possibles. Les réseaux véhiculaires offrent une multitude d'applications allant de la sécurité de la route au confort et au divertissement des usagers routiers et qui peuvent être classée en fonction de leur impact sur le trafic routier et leurs exigences en termes de délais et de services.

# 2

## Dissémination de données dans les VANETs

### 2.1 Introduction

Tout au long de ce chapitre, nous nous intéressons à la problématique de la dissémination des données dans les réseaux ad-hoc véhiculaire (VANETs). Ce mécanisme vise à permettre la réception des informations envoyées par tous les véhicules concernés, tout en respectant les durées de validité de celles-ci. La condition est de ne pas inonder le réseau de doublons ou d'informations inutiles, comme cela peut être le cas durant une diffusion générale. L'acheminement de données doit faire face aux difficultés induites par la densité variable du réseau, la forte mobilité des véhicules, l'absence ou l'insuffisance de l'infrastructure, ainsi que l'étendue des zones géographiques à couvrir.

Dans ce chapitre, nous présentons d'abord la dissémination de manière générale, puis ses techniques et leurs stratégies liées aux applications d'urgence et de confort.

### 2.2 Définition de la dissémination

La dissémination d'information consiste à acheminer une information d'une source vers une ou plusieurs destinations, en assurant un délai d'acheminement réduit, une grande fiabilité et une meilleure utilisation des ressources. Les destinations ciblées par l'opération de dissémination peuvent être caractérisées par la position, l'adresse IP, la région géographique ou autre (voir. Figure-2.2).

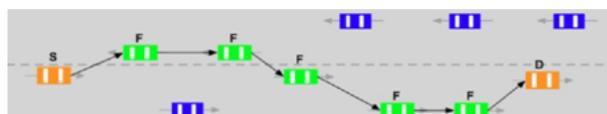


FIGURE 2.1 – Communication à destination unique (unicast)

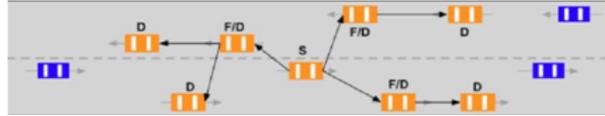


FIGURE 2.2 – Diffusion limitée aux véhicules à deux sauts radio

## 2.3 Techniques de dissémination

Une solution de dissémination efficace pour les VANETs doit absolument prendre en considération les caractéristiques de ces derniers, comme la taille de réseau, la vitesse des véhicules, la connexion intermittente du réseau, ainsi que les différents besoins des applications en termes de qualité de service. Plusieurs techniques ont été proposées. Chacune d’elles peut nécessiter un ou plusieurs sauts pour l’acheminement de ses données, ainsi que le déploiement ou non d’infrastructure, comme les unités de bords de route (RSUs). Néanmoins, toutes les stratégies se basent sur la coopération des véhicules du réseau pour relayer les messages. C’est pour cette dernière raison qu’une multitude de modèles incitatifs ont été proposés en parallèle aux stratégies de diffusion [49]. Comme il est illustré dans la Figure-2.3 .

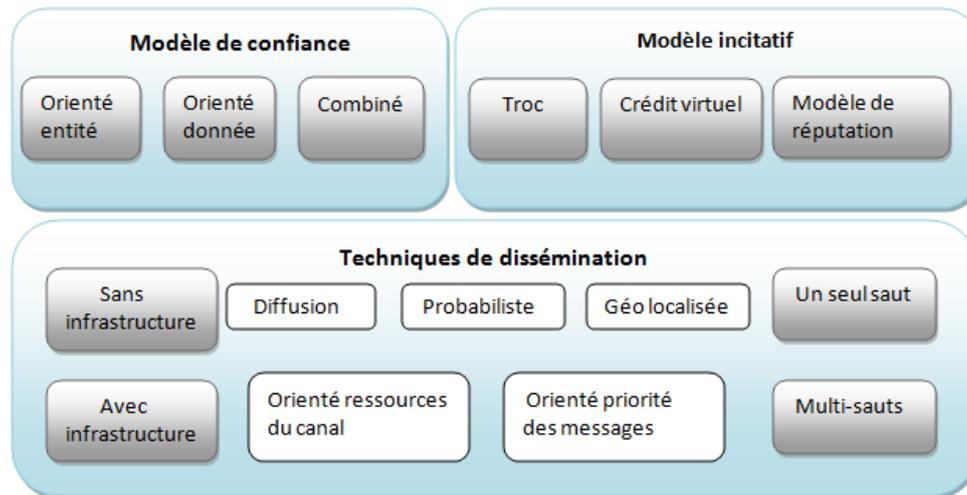


FIGURE 2.3 – Classification des techniques de dissémination dans les VANETs

En plus de la motivation des véhicules à coopérer, il existe un deuxième mécanisme, complémentaire au précédent, dont l’objectif est d’attester de la validité des messages reçus et d’exclure du réseau les véhicules dont le comportement est malicieux. Ci dessous ,nous détaillons les différentes stratégies de dissémination ,les modèles incitatifs, ainsi que les modèles de confiance existants. Ces trois éléments représentant un ensemble complémentaires de mécanismes qui doivent être mis en place pour l’élaboration d’une solution complète et efficace de dissémination de données dans les VANETs

### 2.3.1 Modèles incitatifs à la coopération

Les techniques de dissémination considèrent la coopération des véhicules présents dans le réseau comme acquise, ce qui n'est pas vérifié à cause de la présence potentielle de véhicules égoïstes. Ces derniers préfèrent réserver leurs ressources uniquement pour leurs besoins personnels et refusent donc les demandes de retransmission des messages de leurs voisins. Cette stratégie baisse l'efficacité des solutions à acheminer les données dans les VANETs. Une solution de dissémination de données est utilisée par un modèle incitatif à la coopération, pour assurer la participation de tous les véhicules à la retransmission des données. Pour cela, trois approches sont utilisées pour motiver les véhicules à retransmettre le message [42].

#### 2.3.1.1 Dissémination Troc

Chaque véhicule permet de retracer le comportement des autres véhicules à l'aide d'une table retraçant à son égard, un véhicule accepte de coopérer et de retransmettre le message si ce dernier a déjà fait de même [43]. Cependant, la forte mobilité des véhicules et les changements fréquents de topologie dans les VANETs ne permettent pas l'établissement de solides relations entre les véhicules, ce qui peut affaiblir les performances de cette approche.

#### 2.3.1.2 Dissémination crédits virtuel

Cette approche sert à monétiser la coopération des véhicules. Le véhicule relayer bénéficie d'une récompense donnée par le véhicule émetteur pour chaque transmission d'un message [2],[3]. Cette approche concerne le calcul des coûts et récompenses, qui peut être basé sur des estimations, ainsi que sur la distribution des crédits, qui peut souffrir de la mobilité des véhicules.

#### 2.3.1.3 Modèle de réputation

Cette approche souffre de la mobilité et des changements de topologies dans les VANETs. Elle mesure la coopération des véhicules à travers des réputations, chaque véhicule relayant un message verra sa réputation mise à jour par le véhicule émetteur. Une réputation de haute valeur ouvre l'accès à des privilèges sur le réseau [43].

### 2.3.2 Modèles de confiance

Cette technique de dissémination consiste à établir des relations de confiance entre les membres d'un réseau, de détecter et d'exclure les véhicules malicieux [27]. Une partie de ces modèles proposent des mécanismes de révocation par l'utilisation de certificats, afin d'exclure les véhicules malicieux, mais pour se faire nécessite l'existence d'infrastructure [37]. Nous détaillons ci-dessous les trois approches utilisées pour la mise en place d'un modèle de confiance.

### 2.3.2.1 Orienté entité

Cette approche, consiste à faire confiance ou non à un autre véhicule relayeur d'après la situation ou il se trouvent, le niveau d'optimisme du véhicule, ainsi que le système et les garanties que celui ci propose. Une solution, s'intéresse a la confiance accordé au véhicule émetteur mais par l'utilisation de multiples aspects le concernant. Cette solution attribue des rôles et des réputations à tous les véhicules du réseau, afin de pondérer la véracité de leur dires par ces deux valeurs [38].

### 2.3.2.2 Orienté donnée

Cette approche accorde de la confiance a un message par rapport a son contenu, indépendamment de son émetteur. Une étude [37] propose un modèle de confiance, ou un véhicule consulte les rapports émis par les autres concernant une information reçue avant de l'accepter ou de la refuser. Chacun de ces rapports est pondéré par rapport à plusieurs métriques de confiance, comme son lieu et sa date d'émission. Ces rapports et leur poids servent a décider du degré de confiance à accorder a l'information reçue.

### 2.3.2.3 Combiné

Cette approche combine les deux premières. Elle utilise les degrés de confiance attribués aux véhicules pour distribuer à son tour des degrés de confiance aux informations reçues. La solution [14] instaure ainsi un nouveau modèle de réputation distribuée. Chaque véhicule recevant un message, y insère son avis sur la validité de son contenu avant de le retransmettre. Ces avis permettent aux véhicules récepteurs de choisir le degré de confiance a donner au message et de mettre a jour les réputations des autres véhicules par rapport aux avis donnés.

## 2.4 Stratégies de dissémination

Dans se qui suit, nous allons présenter les différentes stratégies de dissémination dans les VANETs :

### 2.4.1 Dissémination par diffusion

La diffusion est l'une des approches les plus utilisées pour la dissémination de données dans les VANETs. Elle peut être utilisée à un seul saut comme à plusieurs sauts. Et pour cela un message envoyé par un véhicule émetteur par diffusion est transmis à tous ses voisins directs, puis est retransmis encore une fois par chacun de ses récepteurs, jusqu'à atteindre le (ou les) destinataire(s). L'avantage de cette approche réside dans le fait qu'elle ne nécessite aucune information préalable sur les voisins du véhicule. Et permet d'augmenter le taux de délivrance et améliore la vitesse d'acheminement des données, car un véhicule destinataire reçoit plusieurs copies du message, arrivant au travers de plusieurs

routes. L'inconvénient de cette approche consiste à augmenter la compétition pour l'accès au canal de communication et l'utilisation de la bande passante [34].

Exemple : **Receipt Estimation Alarm Routing (REAR)** [25]

Le routage REAR intègre un mécanisme de choix des nœuds relayeur en fonction de leurs propre estimation de la probabilité de réception, cette probabilité est calculée localement et est échangée dans les messages importants. Il vise à contrôler le flux d'informations échangées dans le réseau en agrégeant plusieurs données provenant d'une multitude de véhicules dans le même message (réduction du nombre de messages échangés, réduction de la charge sur le réseau). Ce protocole nécessite d'une part, une connaissance sur la position et la vitesse de chacun des véhicules, et d'autre part, une mesure du temps de diffusion sur chacun des liens.

### 2.4.2 Dissémination probabiliste

Quand un nœud reçoit un message, il le rediffuse selon une valeur de probabilité. Dans le cas d'une distribution uniforme de  $n$  nœuds dans une zone d'intérêt, en utilisant la même probabilité de diffusion  $P$ , le nombre moyen de nœuds qui rediffusent le message est  $n \times P$ .

Les protocoles de dissémination existants ont proposé différentes façons pour dériver la probabilité de rediffusion : une valeur fixe pendant toute la durée de vie du réseau, une valeur fixe pendant une certaine période de temps, une valeur qui est fonction du nombre de messages reçus dans un intervalle de temps, une valeur qui est fonction du nombre de voisins à un saut, la distance entre l'émetteur et le récepteur du message, etc. Chaque modèle de calcul de la probabilité de rediffusion à ses avantages (simplicité et flexibilité) et ses inconvénients (surcharge due à la collecte des données utilisées dans le calcul de probabilité). Dans les protocoles existants, le mécanisme basé sur la probabilité est combiné avec d'autres mécanismes (par exemple, la distance ou la densité) pour améliorer la performance de la dissémination.

Exemple : **Optimized Adaptive Protocol Broadcast (OAPB)**

Dans [21], l'auteur propose une solution basée sur les probabilités de diffusion pour résoudre le problème du "broadcast storm". Pour cela il utilise le mécanisme de délai inversement proportionnel à la distance pour essayer de propager le plus rapidement l'information. Les inconvénients de la solution est que l'auteur a limité le nombre de nœuds à 40 ce qui ne permet pas une simulation d'une situation réelle. De plus, les simulations réalisées par les auteurs se sont limitées par un nombre de véhicules maximum, ce qui ne paraît pas réaliste. D'autre part, l'émission périodique de messages "HELLO" consomme des ressources non négligeables

### 2.4.3 Dissémination Géographique

Cette approche de dissémination se base sur la position des véhicule pour transmettre un message à tous ces dernières dans un zone géographique, les informations de localisation contenues dans les messages de contrôle, diffusés périodiquement dans le réseau, lorsqu'elle suit une approche pro-active [57]. Ou alors diffuser l'information à la demande, lors d'une approche réactive [4]. L'avantage de cette approche est que chaque véhicule tient régulièrement à jour une table contenant l'historique des localisations de ses voisins, afin de pouvoir acheminer ses messages par le chemin le plus court et donc, réduire leur délai d'acheminement.

Exemple : **Disseminating Messages Among Highly Mobile Hosts Based on Inter-Vehicle Communication (Ah-IVC)**

La solution proposée dans [31] permet la dissémination dans une zone locale autour de l'initiateur. Si le message atteint un seuil de nombre de sauts alors le message n'est pas réémis. Une zone de pertinence est définie dans le message pour informer les conducteurs concernés. Pour augmenter la vitesse de propagation du message, l'auteur propose d'utiliser le mécanisme où le délai d'attente pour la réémission est inversement proportionnel à la distance de l'émetteur [39].

L'inconvénient de la solution est qu'elle ne prend pas en compte la fragmentation du réseau et que le choix de limiter la propagation au nombre de sauts n'est pas toujours un critère pertinent.

### 2.4.4 Dissémination Orientée ressources du canal

Sachant que les ressources du canal de communication sont limitées, l'accès au canal et l'allocation de ses ressources deviennent un problème d'optimisation. Des solutions proposent alors des algorithmes basés sur des heuristiques, tel l'étude [35] qui propose une dissémination de données basé sur la prise en compte de l'historique des rencontres du véhicule émetteur avec les autres véhicules du réseau. Cela dans le but d'estimer les congestions potentielles ainsi que la densité du réseau, puis de les prendre en considération afin d'améliorer le taux de délivrance et de limiter le nombre de messages doublons. Dans la solution [57], chaque nœud tient une table avec des informations sur le débit et les conditions du canal afin de choisir par quel nœud relayeur il est préférable de transmettre son message. Cependant, ces solutions nécessitent des échanges de messages entre les véhicules pour maintenir un contrôle sur l'utilisation des ressources du canal. Une autre solution [28], améliore le taux de réception des messages d'urgences en leur allouant une partie de la bande passante disponible. Dans cette solution, chaque nœud envoie en premier un signal sous forme d'impulsion, puis son message d'urgence.

### 2.4.5 Dissémination Orientée priorité des messages

Dans cette approche des solutions de dissémination proposent une adaptation de la dissémination par rapport à l'importance du contenu des messages échangés. Afin de ne pas supprimer systématiquement tous les nouveaux messages entrants en cas de congestion du réseau. La solution [61] remédie à ce problème en fixant des priorités pour l'accès au canal de communication d'après les catégories d'accès ACs, fixées par EDCA [58], pour chaque message. Une autre solution [2], alloue des jetons aux files d'attente formées par les messages souhaitant l'accès au canal. Elle gère l'accès au canal en pondérant le nombre de jetons offerts par rapport à la densité du canal et à la priorité des messages. Tout comme cette dernière, la solution [36] ordonnance les messages à envoyer sur la base des ressources disponibles du canal et de l'importance du message, en utilisant un système de files d'attente une plus grande priorité est donnée aux messages les plus urgents.

Dans ce qui suit nous allons expliquer deux types de dissémination avec des contraintes différentes : La dissémination de messages d'urgence et dissémination des messages relatifs aux application de confort.

Un mécanisme que l'on retrouve dans de nombreux protocoles est "Distance Defer Transfer" [DDT]. Pour disséminer le plus rapidement possible, DDT propose de relayer l'information par les nœuds les plus éloignés, en supposant que les nœuds intermédiaires écoutent simplement le message. Pour élire ce nœud le plus éloigné, les récepteurs calculent la distance de l'émetteur grâce à la position insérée dans le message. Un temps d'attente inversement proportionnel à cette distance est alors enclenché avant la réémission. Ainsi, le premier à réémettre sera le nœud le plus éloigné et les autres nœuds annuleront leur rémission à la réception du message rediffusé. La formule 1 montre le calcul effectué pour borner le délai d'attente.

$$WT(d) = -\frac{MaxWT}{Range} \times \hat{d} + MaxWT$$

$$\hat{d} = Min\{d, Range\}$$

**Formule 1 : calcul du délai d'attente dans DDT.**

Où :  $d$  est la distance de l'expéditeur original,  $MaxWT$  : temps d'attente maximum,  
Range : porté de transmission

#### • DISSÉMINATION DE MESSAGES D'URGENCE

Un message d'urgence est caractérisé par son lieu de génération, sa zone de pertinence et sa durée de validité. Le protocole de dissémination doit donc assurer la contrainte spatiale et temporelle. En effet, il faut que tous les véhicules proches de l'alerte soient

avertis de l'incident mais aussi qu'ils soient informés le plus tôt possible pour qu'ils aient le temps d'agir en conséquence.

Deux approches sont alors possibles, soit une diffusion assistée par des points d'infrastructure le long de la route soit une diffusion complètement distribuée avec une propagation de voitures en voitures avec un mécanisme de sauvegarde/réémission[42]). Des solutions on été proposées dans la section suivant.

Exemple :

— **Spatio-Temporal Information Dissemination (STEID)**

Le protocole STEID s'assure que tous les véhicules à l'intérieur de la zone d'alerte soient informés et dans un délai suffisant pour réagir. Pour cela STEID s'exécute sur un réseau hybride et cellulaire.

Cette architecture utiliser la communication wifi pour transférer l'ensemble des alertes dans le cluster (ie regroupement de véhicules) car il est peu couteux et il s'affranchir bien du facteur d'échelle. Le réseau cellulaire est quant à lui utilisé pour améliorer la fiabilité quand le réseau est partitionné en plusieurs morceaux.

Pour former un cluster, la solution propose que chaque voiture sur la route avertisse périodiquement sa présence en émettant un message "Hello" en utilisant l'interface WiFi. A chaque cluster est élu un responsable qui va gérer l'ensemble du trafic à l'intérieur de celui-ci, il joue le rôle d'un "serveur". Il est aussi responsable de la communication entre les autres clusters. La solution propose d'utiliser DDT [39] pour la réémission du message. Pour augmenter la fiabilité, l'auteur propose d'ajouter au message "Hello" des informations concernant le nombre d'alertes actives ainsi que la position de l'alerte la plus proche. Cela permet via un algorithme de synchroniser les alertes avec les nœuds voisins.

L'inconvénient de la solution est l'émission périodique de messages qui pose des problèmes de passage à l'échelle. De plus, il ne propose ni l'algorithme d'élection, ni le maintien de nœud élu du cluster.

## • DISSEMINATION POUR DES APPLICATIONS DE CONFORT

Les applications de confort sont plus consommatrices de bande passante par exemple le téléchargement de fichier. Une spécificité des applications de confort est que le contenu du message peut aussi être dynamique et se modifier lors du passage de nœud en nœud (par exemple pour mettre à jour une information).

Exemple :

— **Segment-Oriented Data Abstraction and Dissemination (SODAD)**

Ce protocole combine une diffusion locale périodique et une couche application de sauvegarde et réémission de messages. La diffusion locale se base sur la construction de l'information par l'intermédiaire d'une fonction agrégation. Chaque route est fragmentée sous forme de segments. Les informations reçues sont enregistrées dans une base de données et lors de la diffusion d'un message, les informations les

plus récentes et les plus pertinentes de la zone sont sélectionnées et sont insérées dans le message à diffuser [32].

L'auteur présente aussi un autre mécanisme qu'il appelle la diffusion adaptative. La vitesse à laquelle un véhicule envoie des messages s'adapte à l'environnement actuel en observant deux types d'événements. Si le nœud a reçu de vieilles informations alors le temps entre chaque diffusion va être diminué. A l'inverse, si le nœud reçoit des informations identiques à celle qu'il a enregistré alors le délai de diffusion va augmenter.

Dans le tableau 2.1 suivant nous allons présenter une comparaison entre différents stratégies de dissémination :

Protocole	Avantages	Inconvenant
Broadcast	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmente le taux de délivrance.</li> <li>• Améliore la vitesse d'acheminement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmente la capacité d'accès au canal.</li> </ul>
Géographique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La sûreté qu'un message atteint sa destination.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plusieurs relayeur</li> <li>• La saturation du canal par les messages réguliers de positionnement</li> </ul>
Orienté ressource du canal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuer le nombre des doublons il cause des problèmes NP complé est occupé par un autre véhicule</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accès et allocation des ressources aléatoire</li> </ul>
Orienté priorité des messages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• elle donne une priorité pour l'accès au canal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une faible qualité de service</li> <li>• elle n'assure pas la formation à temps réel</li> </ul>
Le troc	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une connaissance exacte des coordonnées et le comportement des voisins</li> <li>• Assure une formation à temps réel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• il exige la coopération entre les véhicules</li> <li>• Une faible relation entre les véhicules</li> </ul>
Crédit virtuel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il incite à la coopération</li> <li>• Assure une information à temps réel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saturation du canal</li> <li>• Augmenter le nombre des doublons</li> </ul>

TABLE 2.1 – Les informations diffusées dans un sens unique ou un double sens

Après l'étude des différentes techniques de dissémination on a pu constater que chaque technique avec ses avantages et ses inconvénients, en remarque aussi que la dissémination par diffusion dépend du besoin des passagers en termes de taux de délivrance et la vitesse d'acheminement.

## 2.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini la notion de dissémination des données dans les VANETs nous avons présenté quelques approches réalisant cette notion et aussi quelques

## 2.5. CONCLUSION

---

protocoles de dissémination de messages d'alerte et de confort. Il existe plusieurs catégories de dissémination de données dans les VANETs à savoir : probabiliste, géographique, orientée ressources du canal, orientée priorité des messages, et par diffusion cette dernière qui présente plusieurs avantages et sera l'objet du prochain chapitre.

# 3

## Dissémination des données par diffusion dans les réseaux VANETs

### 3.1 Introduction

Les protocoles de diffusion (broadcast protocols) joueront un rôle très important par rapport aux messages unicast (point à point) dans les réseaux VANETs, car ils sont conçus pour communiquer des messages de sécurité importants pour tous les nœuds. Ces protocoles de diffusion ne sont pas fiables et ils souffrent de plusieurs problèmes, à savoir :

- 1) Tempête de diffusion (broadcast storm)
- 2) Nœud caché (hidden node) : Deux nœuds peuvent entendre l'activité d'un troisième nœud mais ne peuvent pas s'entendre mutuellement à cause de distance ou de présence d'obstacles qui les empêchent de communiquer entre eux.
- 3) Échec de la transmission.
- 4) Congestion, dans des réseaux très denses, causée par le fait que tous les nœuds partagent le même canal.

Par conséquent, il y a un besoin pressant de développer de nouveaux protocoles de diffusion dans les réseaux VANET. De plus, de nouvelles approches pour la sécurité de la communication doivent être conçues pour adapter les besoins spécifiques du réseau et garantir des services fiables et dignes de confiance. Ces problèmes doivent être résolus pour fournir une diffusion fiable et rapide.

Dans ce chapitre, nous passons en revue certains travaux réalisés dans le contexte de la diffusion des messages dans les réseaux VANETs. Nous commençons tout d'abord par objectif de diffusion, ensuite la classification des protocoles de diffusion et les problèmes liés à la diffusion dans les réseaux VANETs, après on termine ce chapitre par une comparaison entre l'ensemble des protocoles de diffusion étudiés.

## 3.2 Objectifs de diffusion dans les réseaux VANETS

Dans VANET, les protocoles de diffusion jouent un rôle très important par rapport aux messages unicast, car ils sont conçus pour transmettre des messages de sécurité importants à tous les nœuds. C'est-à-dire, le mode dissémination par diffusion est souvent utilisé pour les données des applications de sureté et de gestion du trafic routier. Ces information concernent un nombre important de véhicules d'où la nécessité de la diffusion à plusieurs sauts.

## 3.3 Critères de conception d'un protocole de diffusion

Dans cette section, nous présentons un certain nombre de considérations qui sont indispensables pour la conception d'un protocole de diffusion pour les réseaux VANETS :

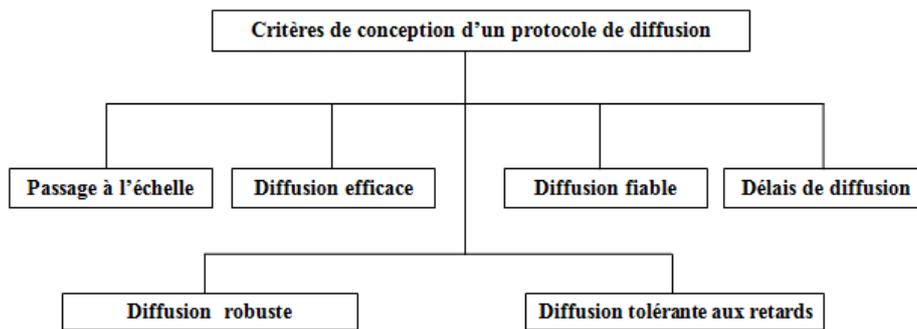


FIGURE 3.1 – Critères de conception d'un protocole de diffusion

### 3.3.1 Passage à l'échelle

Le nombre de véhicules croît de manière significative. La quantité d'information collectée et échangée au sein des VANETS fait de même. Cela impose que toute solution proposée pour les VANETS considère dès sa conception la problématique du passage à l'échelle. Pour cette raison, nous veillons particulièrement à ce que toutes les réponses que nous apportons aux problématiques VANETS supportent le passage à l'échelle.

### 3.3.2 Diffusion efficace

Une diffusion est dite efficace quand le message à diffuser sera reçu par tous les véhicules de la région de destination.

### 3.3.3 Diffusion fiable

Une diffusion est dite fiable (reliable) lorsqu'elle permet de transmettre l'information à l'ensemble des nœuds joignables. Ou chaque nœud doit alors garantir le contact de tous ses voisins par le message de diffusion.

### 3.3.4 Délais de diffusion

Chaque nœud recevant un message à rediffuser, il le garde pour un certain temps d'attente avant de décider de le rediffuser. Les temps de maintien sont choisis au hasard par les nœuds. Le nœud ayant le temps de maintien le plus court a la priorité la plus élevée pour rediffuser le message. Un nœud qui a un message à rediffuser ne le rediffuse pas s'il sait que le message a été rediffusé par un autre nœud voisin.

### 3.3.5 Diffusion robuste

Le protocole de diffusion doit faire face à la perte de paquets dans le but de fonctionner avec précision dans des applications de sécurité vitales.

### 3.3.6 Diffusion tolérante aux retards

Lorsque le réseau est déconnecté, le protocole de diffusion doit stocker les messages propagés et doit les transmettre plus tard lorsque de nouveaux véhicules sont connectés au réseau.

## 3.4 Classification des protocoles de diffusion dans les réseaux VANETs

Dane cette partie nous décrivons les différentes classes des protocoles de diffusion dans les réseaux VANETs. Cette classification à été faite a base des travaux de [Ahmed ahizoun [?], Omar chkroun [48], M. Ramalingam et Priyanka Batavia [51]].

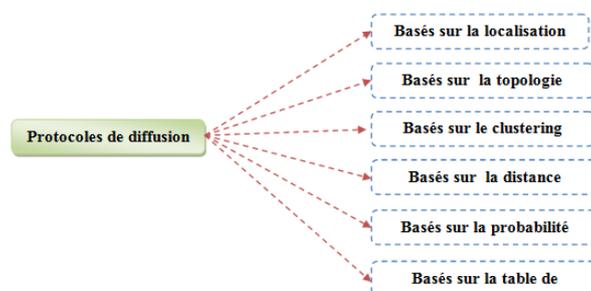


FIGURE 3.2 – Critères de conception d'un protocole de diffusion

### 3.4.1 Diffusion basée sur la localisation

Chaque nœud compare sa position avec l'emplacement de l'émetteur et calcule la couverture supplémentaire qui peut être fournie en supposant que tous les nœuds ont une couverture omnidirectionnelle. Un nœud retransmet le message que si la couverture additionnelle  $> A$ , où  $A$  est une constante (Figure 3.3).

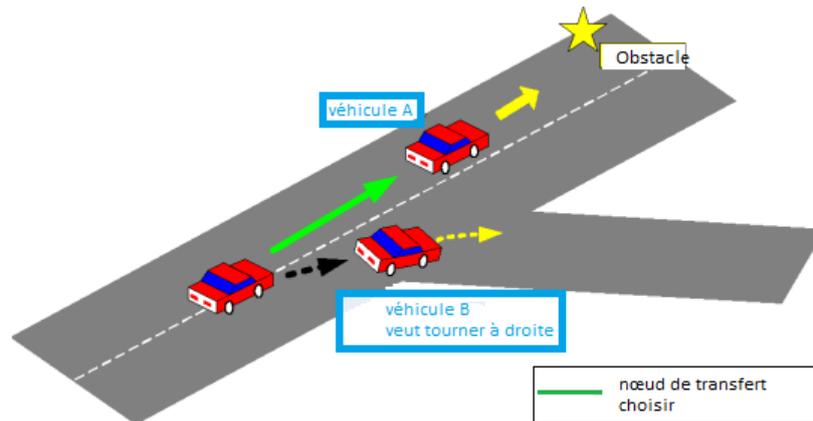


FIGURE 3.3 – Réseaux véhiculaires basés sur la localisation

Certains protocoles de diffusion basés sur la localisation sont spécifiés ci-dessous :

- **Urban MultiHop Broadcast Protocol(UMB)** : Ce protocole utilise une technique permettant de réduire le nombre de sauts pour relayer un message [18]. Cette technique se base sur la localisation des véhicules échangés des messages périodiques appelés blackburst le nœud le plus éloigné du nœud émetteur est élu pour relayer le message. UMB comprend deux phases : la première appelée diffusion directionnelle où la source sélectionne un nœud dans la direction de diffusion pour effectuer le relayage des données sans aucune information sur la topologie, et la deuxième diffusion aux intersections, pour disséminer les paquets dans toutes les directions, en installant des répéteurs vers tous les segments de route.
- **Adhoc Multi-Hop Broadcast (AMB)** : traite le cas où le véhicule se trouve à proximité d'une intersection. Le nœud le plus proche de l'intersection est élu pour relayer le message au reste de la portion de la route.

### 3.4.2 Diffusion basé sur la topologie

Dans ce type de diffusion un paquet est diffusé à partir du nœud source vers tous ses voisins, et encore les paquets sont rediffusés à partir de ces voisins. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que tous les paquets aient été reçus par tous les nœuds du réseau. [50] pour cela Des protocoles utilisent des informations sur la topologie du réseau, telles que la connectivité des liens et la densité des nœuds.

- **Distributed vehicular broadcast protocol (DV-CAST)** : Tonguz et al [46]. fournissent un cadre global (DV-CAST) pour gérer la diffusion dans les VANETS

en considérant trois densités de trafic possible (dense, régulier, et rare). Dans un trafic dense, ils suggèrent d'utiliser une technique nommée timer-based, tandis que dans le trafic rare, ils suggèrent d'utiliser multi-diffusion role-based [33] Ils ne suggèrent pas une technique spécifique pour qu'elle soit utilisée en cas de trafic à densité régulière car ils définissent la densité régulière comme un mélange de certains véhicules de détection de trafic dense et d'autres de détection du trafic rare.

- **Density-aware reliable broadcasting (DECA)** : Il s'agit d'un protocole de diffusion fiable et efficace pour la diffusion des données. Il n'exige pas la connaissance de la position des nœuds pour la diffusion des messages. Il sélectionne le nœud ayant la densité d'information la plus élevée. Il utilise la technique de stockage et de retransmission, pour prendre une décision sur le transfert. Il offre une très grande vitesse de diffusion des données et évite les temps d'attente. Le nœud source sélectionne un voisin ayant la plus forte densité ou le plus grand nombre de nœuds voisins à 1 saut pour rediffuser l'information. Avant le délai d'attente si tous les nœuds ne reconnaissent pas le message rediffusé, il diffuse à nouveau le message. Ce processus permet d'augmenter le nombre de nœuds qui reçoivent le message diffuser. L'un des avantages du DECA c'est qu'il est plus adapté et plus flexible pour s'adapter à n'importe quel environnement et qu'il n'a pas besoin de GPS.

#### 3.4.3 Diffusion basé sur le clustering

Les messages sont diffusés à un groupe de véhicules (par exemple les taxis, les ambulances, peloton de véhicules sur une autoroute) déplaçant sur un chemin commun. Le groupe peut être structuré en un niveau ou en une hiérarchie. Seulement, les nœuds têtes de clusters " Clusters Heads " rediffusent les messages à l'intérieur de leur cluster, l'auteur suggère de diviser le réseau en clusters circulaires, chaque cluster a un petit ensemble de nœuds agissant comme une passerelle vers les clusters voisins. Ici, les nœuds passerelle seuls ont le droit de retransmettre le message

- **Selective Reliable Broadcast (SRB)** : Ce protocole basé sur la sélection d'un véhicule head(H) dans un cluster pour la rediffusion du message si la distance entre deux véhicule et inférieur a un seuil, autrement si chaque véhicule appartient a un cluster, alors le véhicule le plus éloigné est élu pour la réception du message, ce protocole fonctionne efficacement dans les autoroute.
- Dans [56], l'auteur propose un protocole, nommé **Directional Propagation Protocol (DPP)**. Ce dernier utilise une direction pour la propagation de l'information. Le protocole prend en compte le phénomène de regroupement de véhicules (nommé aussi cluster) qui se produit sur les axes routiers. A l'intérieur des clusters sont élus un véhicule de tête et un véhicule de queue. Ce sont eux qui vont gérer

la propagation des messages entre les différents clusters. A l'intérieur d'un cluster, les véhicules n'acquittent pas les messages alors que d'un cluster à l'autre, les messages sont acquittés pour assurer une fiabilité. Pour la gestion de la fragmentation du réseau, le message peut être enregistré dans les nœuds de tête et de queue pour une future réémission jusqu'à ce que le message soit acquitté par un autre cluster.

#### 3.4.4 Diffusion basés sur la distance

Dans ce type de diffusion les messages sont rediffusés en considérant la distance entre l'émetteur et les récepteurs. Lorsqu'un nœud reçoit un message, il ne le rediffuse pas si la distance entre lui et son voisin le plus proche qui a déjà rediffusé le même message est inférieure à un seuil prédéfini. La raison est que si un nœud a reçu un message d'un autre nœud très proche de lui, il y a peu d'avantages dans la couverture supplémentaire obtenue par la rediffusion du message reçu. Par conséquent, les nœuds devraient favoriser la rediffusion lorsque la distance au dernier relai est grande.

- **MultiHop Vehicular Broadcast (MHVB)** : Ce protocole consiste à inonder une zone géographique avec un message d'urgence tout en veillant à limiter les risques de collision et l'utilisation de la bande passante. Pour cela, la diffusion du message au sein du réseau de véhicule ou chaque véhicule qui reçoit le message continue par la suite à l'émettre périodiquement tant qu'il n'est pas trop éloigné de son émetteur original. Les délais d'attente entre les retransmissions sont modulés en fonction de l'environnement (densité véhiculaire, distance à l'émetteur). Lorsqu'un véhicule doit diffuser un message d'urgence, il émet celui-ci périodiquement en indiquant sa position original (à la première émission) dans l'entête du message. Lorsqu'un autre véhicule reçoit le message à diffuser (après un ou plusieurs sauts), il suit les étapes suivantes [40] :
  - Il enregistre le message reçu dans sa base de données locale.
  - Il calcule la distance qui le sépare de l'émetteur origine initial (celui qui a envoyé le message pour la première fois). Si cette distance est supérieure à un certain seuil, la procédure s'arrête ici.
  - Il calcule la distance qui le sépare de l'émetteur (celui qui a reçu le message).
  - Il attend un temps d'attente calculé de telle sorte que les véhicules les plus éloignés de l'émetteur transmettent le message plus tôt que les véhicules plus proches.
  - S'il reçoit le même message d'un ou plusieurs autres véhicules, il détermine leurs positions relatives par rapport à lui-même, calcule une zone de non-retransmission, et s'il se trouve à l'intérieur de celle-ci, il annule sa propre retransmission. Sinon, il retransmet le message périodiquement.
- **Optimal ODAM-based Broadcast (ODAMC)** : Ce protocole améliore le taux de transmission des paquets en utilisant deux mécanismes suivant :

- a) le premier mécanisme basé sur la distance il prend en compte les angles entre les nœuds de réception, les nœuds de transmission et les nœuds source, réduisant ainsi la possibilité de perte de paquets.
- b) Le second mécanisme assure le taux de réussite de la livraison des paquets en augmentant la redondance des nœuds de transmission.

#### 3.4.5 Diffusion basés sur la probabilité

Les protocoles de diffusion basés sur les probabilités utilisent une probabilité fixe prédéfinie pour choisir le véhicule relais pour la rediffusion. Ces protocoles fonctionnent bien avec des zones denses dans lesquelles plusieurs véhicules ayant la même couverture.

la première fois quant un message est reçu il sera diffusé avec une probabilité  $0 \leq p \leq 1$ , en considérant qu'une absence de diffusion peut être compensée par les voisins, si la valeur de  $p$  est bien adaptée (voir Figure 3.4).

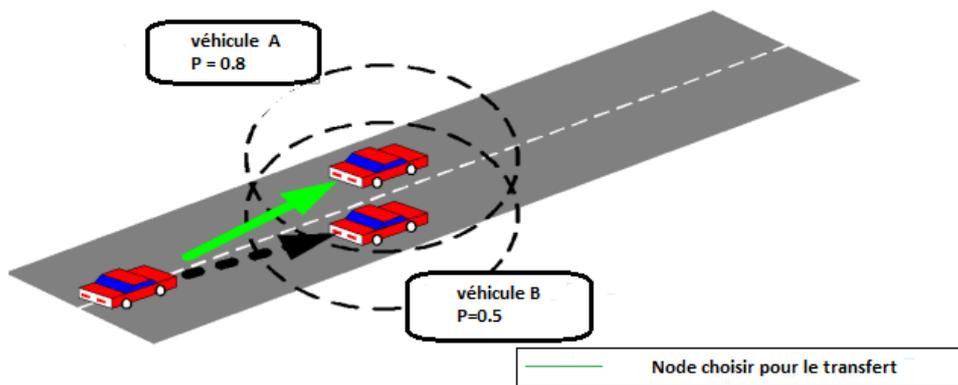


FIGURE 3.4 – Réseaux véhiculaires basés sur la probabilité

- **Optimistic Adaptive probabilistic broadcast (OAPB)** : Il utilise la probabilité, de rediffusion des véhicules, qui change régulièrement avec le nombre de véhicules dans un délai de deux sauts. Il utilise des messages de balise pour obtenir la densité locale et utilise ensuite la densité calculée. Dans [21], l'auteur propose une solution basée sur les probabilités de diffusion pour résoudre le problème de diffusion. Pour cela il utilise la table des voisins à 1 et à 2 sauts ainsi que la densité des nœuds. Il utilise aussi le mécanisme de délai inversement proportionnel à la distance.
- **REAR (Receipt Estimation Alarm Routing)** [25] Ce protocole intègre un mécanisme de choix des nœuds relayeur en fonction de leurs propre estimation de la probabilité de réception, cette probabilité est calculée localement est échangée dans les messages importants. Il vise à contrôler le flux d'informations échangées dans le réseau en agrégeant plusieurs données provenant d'une multitude de véhicules

dans le même message (réduction du nombre de messages échangés, réduction de la charge sur le réseau). Ce protocole nécessite d'une part, une connaissance sur la position et la vitesse de chacun des véhicules, et d'autre part, une mesure du temps de diffusion sur chacun des liens.

### 3.4.6 Diffusion basés sur la table de pilotage

Dans ce type de diffusion, chaque nœud maintient la liste des voisins en fonction des messages de balises périodiques. Certains protocoles de diffusion basés sur des table de pilotage sont spécifiés ci-dessous :

- **Track Detection (TRADE)[8]** : L'objectif de ce protocole est de garantir une meilleure fiabilité avec un nombre de rediffusions limité. Un véhicule doit alors désigner parmi ses voisins, en fonction de leurs déplacements, ceux qui assurent la retransmission des messages.
- **Vector based Tracing Detection (V-Trade)** : Il s'agit d'un protocole de diffusion de messages basés sur le GPS. Il utilise la position ainsi que le mouvement des nœuds. Il divise le réseau en plusieurs petites zones et sélectionne ensuite les nœuds aux frontières de ces zones de transmission, puis les inonde en rapportant le message au centre.

Dans le tableau 3.1, nous allons faire une comparaison entre les différents protocoles de diffusion étudiés dans ce chapitre.

Catégorie	Protocole	Fiabilité	Probabilité de collision	Débit
Basé sur la topologie	DV-CAST	Amélioré	Réduite	Amélioré
	DECA	oui	Réduite	Maximiser
Basé sur la localisation	UMB	oui	Réduite	Amélioré
	AMB	oui	Réduite	Amélioré
Basé sur la table de pilotage	TRAD	oui	Réduite	Amélioré
	V-TRAD	Amélioré	Réduite	Amélioré
Basé sur le clustering	SRB	oui	Réduite	Maximisé
	DPP	oui	Réduite	Amélioré
Basé sur la distance	MHVB	oui		
	ODAM	oui	Augmentée	Amélioré
Basé sur la probabilité	OAPB	oui	Réduite	Amélioré
	REAR	oui	Réduite	Amélioré

TABLE 3.1 – Comparaison entre différents protocoles de diffusion étudiés

Après avoir examiné et comparé les différents protocoles étudiés, on a pu constater qu'il avait des points communs entre ces protocoles on peut trouver une métrique ou un critère

qui utilise la majorité des protocoles comme le débit.

### **3.5 Conclusion**

Plusieurs catégories de protocoles de diffusion ont été proposés dans les réseaux VANETS. Parmi ces catégories on a celles qui sont basées sur la localisation, la probabilité, la topologie, le clustering ... etc, cette dernière permet de réduire la charge de la diffusion et d'améliorer les performances en termes de taux de livraison de paquets, réduit les collisions, fiabilité, et améliore le débit.

Dans le chapitre suivant nous nous intéressons à l'évaluation des performances de protocoles de diffusion basés sur le clustering dans les VANETS qui est le protocole Cluster Based Efficient Broadcast (CBE-B).

# 4

## Étude des performance de protocole de diffusion dans les VANETs

### 4.1 Introduction

LA diffusion des données basé sur le clustering et considéré comme une solution plus importantes pour la transmission des messages entre les nœuds d'un réseaux véhiculaire. Cette approche présente plusieurs avantages en diffusant des messages avec un rendement et une vitesse de propagation élevés en préservent les performances du réseau.

Dans ce chapitre nous avons choisie d'étudié et évalué les performances de protocole CBE-B comme exemple pour l'approche clustering. l'implémentation et la simulation a été faite sous langage de programmation Python.

### 4.2 Notion du clustering

Le clustering, tout simplement, est la formation d'une structure à plusieurs niveaux dans un réseau (typiquement) sans fil plutôt que d'utiliser une structure de dissémination pour les communications. Dans le contexte de l'auto-organisation des réseaux ad-hoc, les clusters sont formés en regroupant des nœuds géographiquement proches. Un nœud avec des communications directes avec tous les nœuds du cluster est désigné comme un cluster-head. Toutes les communications entre les nœuds du cluster et le trafic vers et depuis le cluster passent par le cluster-head.

### 4.3 Principe fonctionnement de protocole Cluster Based Efficient Broadcast (CBE-B)

L'idée de base du protocole Cluster Based Efficient Broadcast (CBE-B) est de minimiser le nombre de messages rediffusés en regroupant les véhicules sur la route dans des groupes appelé clusters. Cette méthode fonctionne d'une manière efficace pour élire les têtes de cluster et d'augmenter la fiabilité de diffusion. les auteurs de CBE-B ont utilisé trois méthodes :

- La rediffusion : Où le nœud émetteur retransmet le même message plusieurs fois.
- Accusé de réception sélectif : l'émetteur nécessite IACK d'un groupe de voisins.
- Modification des paramètres : ici l'émetteur modifie les paramètres de transmission en fonction de l'état attendu du réseau.

Dans ce protocole un réseau véhiculaire est divisé en un certains nombre de clusters, dans chaque cluster les véhicules peut communiquer entre eux soit directement, soit par des multi-sauts, comme le montre la figure 4.1. Les véhicules appartenant au même cluster peuvent communiquer entre eux, et la communication entre les clusters faite par des clusters- head. Cet algorithm utilise trois paramètres principaux tels que la vitesse

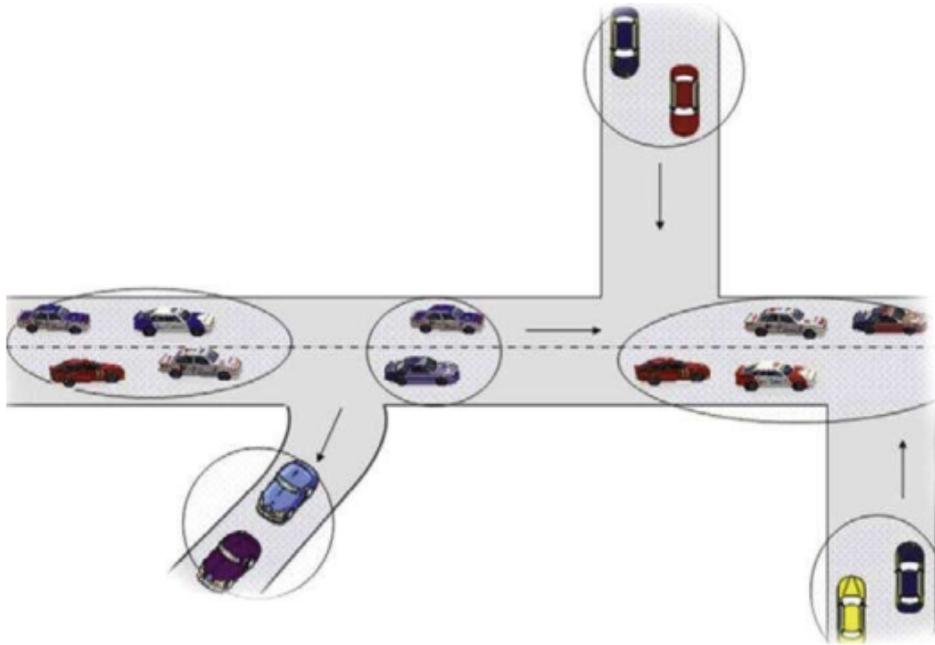


FIGURE 4.1 – Modèle de partition de la route en cluster

du véhicule (V), la probabilité de diffusion  $p_{ij}$  et l'ordre de réception des messages par les nœuds (MSG\_No). Il détecte le cluster (groupe de véhicules) avec rapidité et d'une manière efficace, il choisit un comme véhicule élu (CH) pour chaque cluster détecté. Le nouveau nœud élu est le responsable pour la rediffusion du messages.

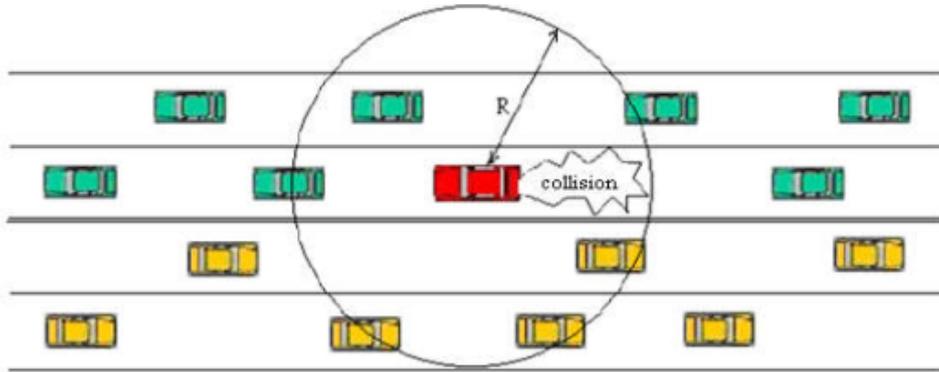


FIGURE 4.2 – Message diffusé dans la zone de transmission du véhicule accidenté

## 4.4 Algorithme étudié (CBE-B)

À base des trois paramètres cités ci-dessus l'algorithme permet de :

- 1 Collecter les informations sur le position des véhicule.
- 2 Prendre les routes a double sens comme des routes à un sens unique pour éviter les collisions.
- 3 Si un véhicule congestionné dans une zone de collision, alors il envoie automatiquement un message avec son ID au autres véhicules dans le réseau(voir figure 4.3).

La rediffusion des messages d'avertissement est effectuée par chaque tête de cluster et en fonction de la vitesse de leur véhicule, pour chaque cluster une nouvelle tête est déterminée pour améliorer le processus rapidement, et les messages sont numérotés dans l'ordre en tant que variables à rediffuser et conservés jusqu'à la prochaine mise en cluster. Pour cela certaines règles, sont prise en considération pour sélectionner la tête de cluster comme suit :

- La tête de cluster est sélectionnée par une probabilité élevée. Il est sélectionnée en utilisant le paramètre de rediffusion  $P_{ij}$  selon la formule  $P_{ij} = \frac{D_{ij}}{R}$  ou :
  - $D_{ij}$  :la distance entre le nœud(i) et le nœud(j).
  - $R$  : le rayon de transmission.
- le paramètre suivant est la vitesse du nœud mobile.
- si le nœud reçoit moins de messages d'avertissement avec une probabilité plus élevée, il sera sélectionné en tant que tête de cluster.

L'organigramme suivant, résume les étapes de fonctionnement de protocole CBE-B :

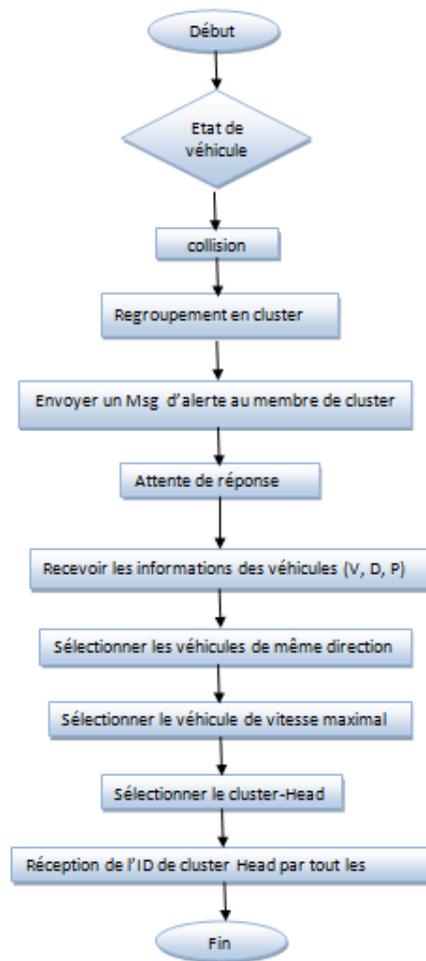


FIGURE 4.3 – Les étape fonctionnement de protocole CBE-B

## 4.5 Évaluation des performances de CBE-B

Dans cette section nous étudions les performances de protocole CBE-B. Pour cela nous décrivons les métrique de performances, les paramètres de simulation et nous discutons les résultats obtenus.

### 4.5.1 Métriques d'évaluation des performances

Les métriques sont des paramètres de test de protocole qui permettent de mesurer les performances de celui-ci.

Dans notre étude, nous avons pris en compte les métriques suivantes :

#### 4.5.1.1 Nombre des paquets reçu

C'est le nombre totale de paquet reçus entre l'envoi d'un paquet de donnée par un nœud source et sa réception par le nœud destinataire. Nous calculons ce nombre par la formule suivant : Nombre de paquet envoyer - nombre de paquet perdu.

#### 4.5.1.2 Nombre des paquets perdus

C'est le nombre de paquets perdus par rapport au nombre total de paquets émis.

#### 4.5.1.3 Calcule du taux de perte des paquets

Le taux de perte des paquets est le rapport entre le nombre de paquets perdus, et le nombre total des paquets envoyés.

$$\text{Taux de perte} = \text{nombre de paquets perdus} / \text{nombre de paquets émis}$$

Ce test est très important car il nous donne également le taux de bonne réception des paquets dans le réseau car :

$$\text{Taux de réception} = 1 - \text{taux de perte}$$

Cette métrique nous permet de choisir, le protocole qui minimise les pertes des paquets.

#### 4.5.1.4 Délai de transmission

C'est le temps écoulé entre l'envoi d'un paquet de donnée par un nœud source et sa réception par le nœud destinataire. Nous calculons ce délai suivant la formule :

$$\text{Nombre de message reçu} / \text{délai de simulation.}$$

#### 4.5.1.5 Paramètres de simulation

Afin de valider le protocole CBE-B, nous avons développé notre propre simulation sous Python [65]. Nous avons effectué une série de simulation. Ce dernier représente l'espace de mobilité des différents véhicules ainsi il montre les différents clusters obtenus après l'application de protocole.

Les paramètres, utilisés pour notre simulation, sont présentés dans la table suivante.

Paramètres de simulation	Valeur
Protocole de clustering	CBE-B
Nombre de véhicules	500
Vitesse des véhicules	100 Km/h
Rayon de transmission	300 m
Taille de cluster	au maximum 7 véhicules
Taille des paquets	500 Ko
Temps de simulation	300 s

TABLE 4.1 – Paramètres de simulation

#### 4.5.1.6 Implémentation et résultats obtenus

Dans ce qui suit, nous allons montrer les résultats auxquels nous avons abouti à travers l'implémentation du protocole CBE-B, la figures 4.4 suivante montre les résultats obtenus.

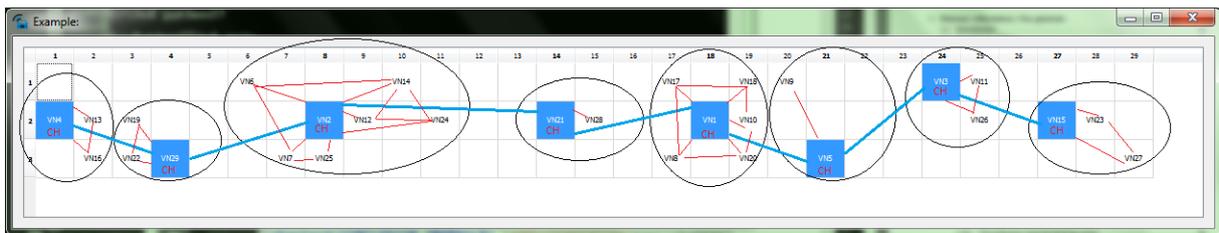


FIGURE 4.4 – résultat de clustering dans CBE-B

Dans la figure 4.4, il y a un seul CH dans chaque cluster représenté par les carré bleu, Quant aux lignes bleus entre les CH désignent le canal de transmission entre les clusters qui s'en charge de la communication entre les membres de clusters différents. Les lignes représentées par la couleur rouge désignent le canal de transmission intra-cluster qui s'en charge de la communication entre les membres du même cluster.

#### 4.5. ÉVALUATION DES PERFORMANCES DE CBE-B

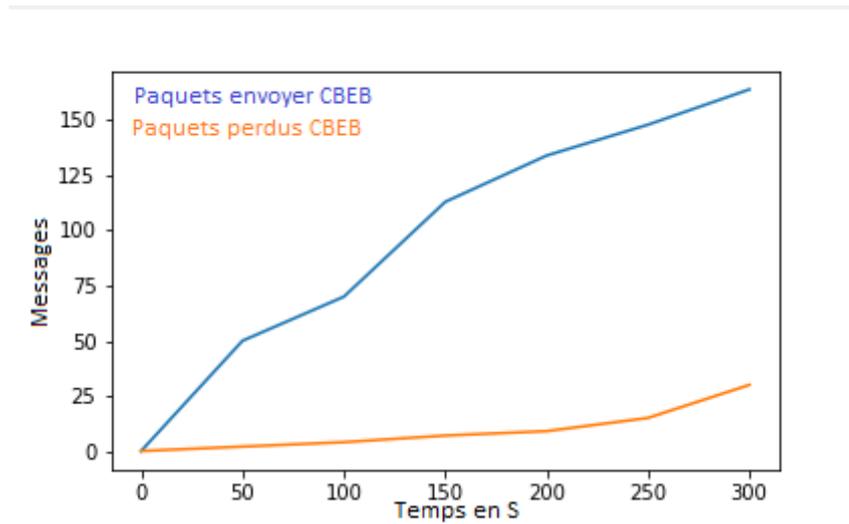


FIGURE 4.5 – Nombre de paquets envoyer et perdus dans CBE-B

La figure 4.5 montre que le nombre de paquets perdus moins par rapport au nombre de paquet envoyer.

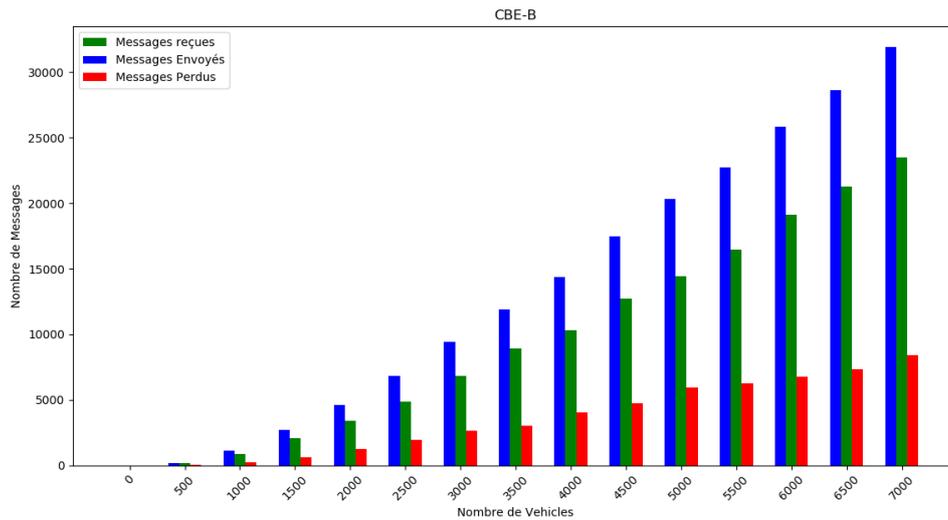


FIGURE 4.6 – Nombre de paquets envoyer,perdus et reçu par rapport au nombre de véhicules dans CBE-B

La figures 4.6 représentent le nombre de paquets envoyer et perdus et reçu par rapport au nombre de véhicules.

La figure 4.7 montre que le nombre des clusters augmente par rapport au nombre de véhicule c-a-d le protocole regroupe les véhicule en plusieurs clustres pour avoir une meilleur diffusion.

Dans la figure 4.8 on constate que le délai de transmission en fonction de la distance ver la région d’alerte dans CBE-B est réduit, qui est due à l’existence des CHs dans chaque cluster.

## 4.5. ÉVALUATION DES PERFORMANCES DE CBE-B

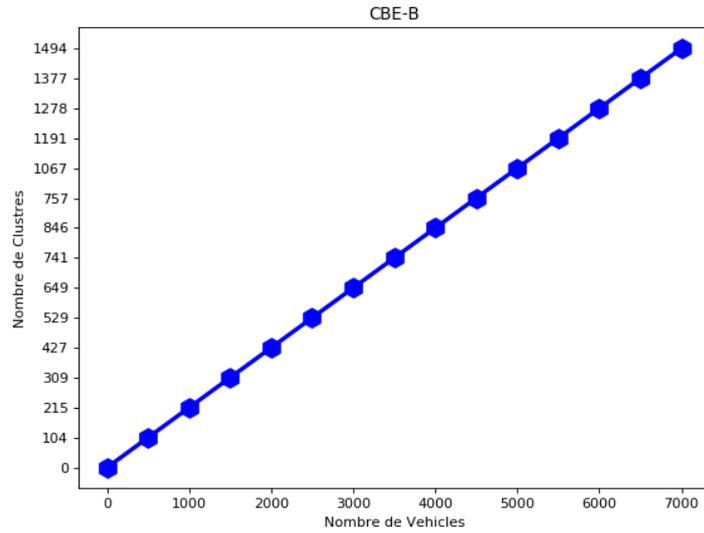


FIGURE 4.7 – Nombre de clusters par rapport au nombre de véhicules dans CBE-B

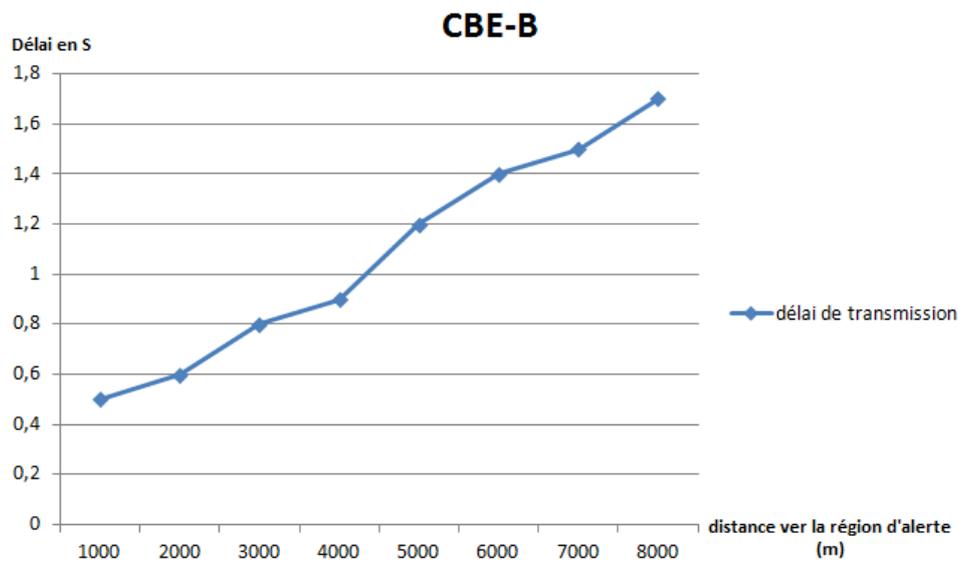


FIGURE 4.8 – Délais de transmission dans CBE-B



la figure 4.9 montre le taux de réception et le taux de perte des message échangés dans les réseaux véhiculaires. Le protocole CBE-B présente le pourcentage de réception 82% par contre il diminue le taux de perte des paquets envoyer.

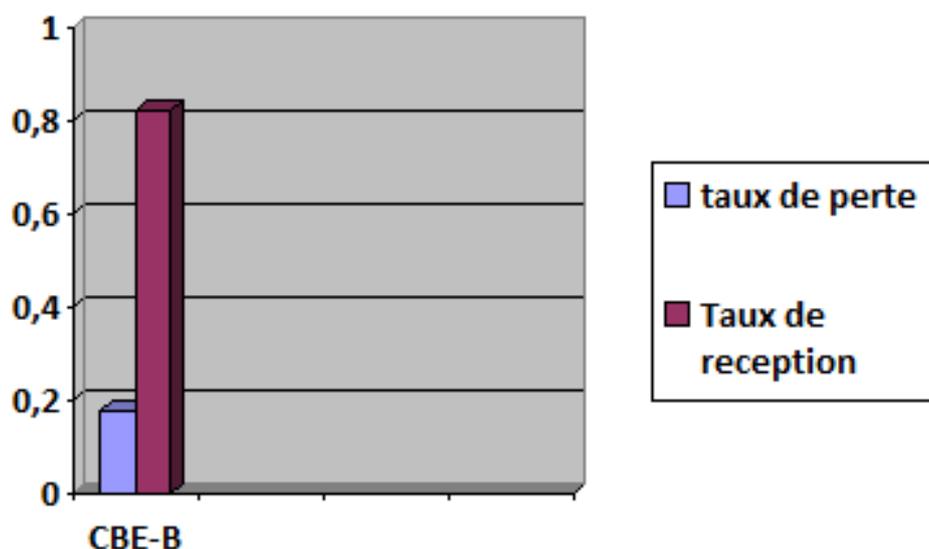


FIGURE 4.9 – Le taux de perte et le taux de réception

## 4.6 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté le protocole CBE-B, qui assure la rapidité de transmission de données avec un minimum de perte des paquets transmis. Les résultats de simulation que nous avons obtenus montrent l'efficacité du protocole CBE-B en termes de diminution de perte des paquets ainsi que le délais de transmission.

Donc on peut conclure que ce protocole (CBE-B) répond le mieux au besoin des réseaux véhiculaire en terme de délai de transmission et taux de perte des paquet.

## Conclusion générale

LA nécessité d'avoir des routes plus sûres et plus sécurisées a encouragé le développement et la promotion des systèmes de transport intelligents. Ces derniers s'appuient principalement sur les réseaux véhiculaires pour permettre aux véhicules d'être à l'écoute de leur environnement et de partager des informations. Cette nouvelle catégorie de réseaux ad-hoc sans fil a donné naissance à une large gamme d'applications allant des applications de sécurité routière et de gestion du trafic routier aux applications de divertissement et de confort des passagers.

Dans les réseaux VANETs, la plupart des applications de sécurité routière se basent sur la diffusion pour disséminer les messages sur une zone géographique spécifiée. Nous nous sommes intéressés dans ce mémoire à ces mécanismes de dissémination de messages dans un réseau de véhicules. Plus précisément la dissémination par diffusion. Cette approche se caractérise par des messages à diffuser rapidement et efficacement, elle permet d'augmenter le taux de délivrance des messages et améliore la vitesse d'acheminement des données.

Dans les réseaux VANETs, il existe plusieurs classes de diffusion : on a celles qui sont basées sur la localisation, la probabilité, la topologie, le clustering ... etc . Notre domaine d'étude s'est concentré sur la classe clustering. Notre objectif est d'étudier les performances de protocole CBE-B.

L'étude des performances de protocole CBE-B menée par simulation a été réalisée avec le langage Python. Les résultats obtenus montrent que le protocole CBE-B répond le mieux au besoin des réseaux VANETs en termes du taux de paquets perdus et le délai de transmission.

En guise de perspective, nous souhaitons évaluer ses performances avec une méthode analytique comme : chaînes de MARKOV, Files d'attente, réseaux de PETRI,... etc.

# Bibliographie

- [1] *A. Rowstron and G. Pau.* Characteristics of a vehicular network Technical. University of California Los Angeles. Computer Science Department. 2009.
- [2] *A. Adama.* Protocole de routage basé sur des passerelles, mobiles pour un accès Internet dans les réseaux véhiculaires. PhD thesis, Université de Montréal, 2011.
- [3] *A. Ahmed.* Un protocole de diffusion des messages dans les réseaux véhiculaires. PhD thesis. Université de Montréal. 2011.
- [4] *A. Palma, P. R. Pereira, P. R. Pereira, and A. Casaca.* Multicast routing protocol for vehicular delay-tolerant networks, IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), Pp 753-760, 2012.
- [5] *A. Benslimane.* Optimized Dissemination of Alarm Messages in Vehicular Ad-Hoc Networks (VANET). 2004.
- [6] *A. Benslimane, et A. Bachir,* Réseaux Ad Hoc Mobiles : Géodiffusion InterVéhicules, Chapitre de livre traité IC2 : L'internet ambiant, HERMES Science Publisher, Pp 215-236, 2004.
- [7] *A. Beradj and Z. Mameri.* Multi-hop broadcasting in VANETs for safety applications : Review and classification of protocols. International Journal of Business Data Communications and Networking, Pp 86-104, 2013.
- [8] *B. Tian, K. M. Hou, and H. Zhou.* The Traffic Adaptive Data Dissemination (TrAD) Protocol for both Urban and Highway Scenarios. Sensors. 2016.
- [9] *C. Burgod.* Contribution à la sécurisation du routage dans les réseaux ad-hoc. Université de Limoges. Thèse de doctorat. 2009.
- [10] *C. Pulido Sergio, E. Gaëlle, and P. Wilfried.* Système de Transport Intelligent, Capture et Traitement de l'information et prise de décision. Technical report. 2015
- [11] *C. Maihofer.* A survey of geocast routing protocols. IEEE Communications Surveys and Tutorials, vol(6), No 2, 2004.
- [12] *C. Palazzi, F. Pezzoni, and P. Ruiz.* Delay-bounded data gathering in urban vehicular sensor networks. Elsevier Journal of Pervasive and Mobile Computing, Special Issue on Vehicular Sensor Networks and Mobile Sensing over Wide-Scale Deployment Environments, Pp 180-193, 2011.

- [13] *F. Mezghani, R. Dhaou, M. Nogueira, and A. Beylot.* Content dissemination in Vehicular Social Networks. Taxonomy and User satisfaction. *IEEE Communications Magazine*. Pp 34-40. 2014.
- [14] *F. Dotzer, L. Fisher, and P. Magiera.* vars : A vehicle ad-hoc network reputation system. In sixth IEEE International Symposium on a world of Wireless Mobile and Multimedia Networks, 2005.
- [15] *G. Sofiane.* Contribution à la Qualité de Service dans les réseaux VANET. PhD thesis. Université d'Oran. 2015.
- [16] *G. Karagiannis, O. Altintas, E. Ekici, G. Heijenk, B. Jarupan, K. Lin, and T. Weil.* Vehicular networking. A survey and tutorial on requirements, architectures, challenges, standards and solutions. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, Pp 584-616, 2011.
- [17] *G. Korkmaz.* Urban multi-hop broadcast protocol for inter-vehicle communication systems. Technical report. Conference Proceedings of the First International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks, 2004.
- [18] *G. Korkmaz, and E. Ekici.* Urban Multi-Hop Broadcast Protocol for Inter-Vehicle Communication Systems. Proceedings of the 1st ACM international workshop on VANETs, Philadelphia, pp 76-85, 2004.
- [19] *H. Moustafa, S. Sidi-Mohammed, and M. Jerbi.* Introduction to Vehicular Networks in Vehicular Networks Techniques. Standards and Applications. 2008.
- [20] *H. Hartenstein and K. Laberteaux.* A tutorial survey on vehicular ad hoc networks. *IEEE Communications Magazine*, Pp 164-171, 2008.
- [21] *H. Alshaer and E. Horlait.* An Optimized Adaptive Broadcast Scheme for Inter-vehicle Communication, In Proceedings of the IE Vehicular Technology Conference (IE VTC2005-Spring), Pp 2840-2844, 2005.
- [22] *H. Wu, R. Fujimoto and M. Hunter.* A Mobilitycentric Data Dissemination Algorithm for Vehicular Networks. In Proceedings of the Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET 04), Pp 47-56, 2004.
- [23] *H. Su and X. Zhang,* Clustering-Based Multichannel MAC Protocols for QoS Provisionings Over Vehicular Ad Hoc Networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Pp 3309-3323, 2007.
- [24] *H. Wu, R. Fujimoto, R. Guensler, and M. Hunter.* MDDV : A mobilitycentric data dissemination algorithm for vehicular networks, in Proc. 1st ACM VANET, Pp 47-56, 2004.
- [25] *H. Jiang, H. Guo, L. Chen.* Reliable and Efficient Alarm Message Routing in VANET, The 28th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, 2008.

- [26] *I. Lequerica, M. García Longaron, and Pedro M. Ruiz.* Drive and Share. Efficient Provisioning of Social Networks in Vehicular Scenarios. *IEEE Communications Magazine*. Pp 90-97. 2010.
- [27] *J. Zhang.* A survey on trust management for vanets. In *IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA 12)*. Biopolis, Singapore. 2011.
- [28] *J. Peng, L. Cheng.* A distributed mac scheme for emergency message dissemination in vehicular ad-hoc networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Pp 3300-3308, 2007.
- [29] *J. Xie, A. Das, S. Nandi, and A.K. Gupta.* Improving the reliability of IEEE 802.11 broadcast scheme for multicasting in mobile ad hoc networks, In *Proc. of the IEEE Wireless Communications and Networking*, Pp 126-131, 2005.
- [30] *K. Yacine, M. Tsukadaa, J. Santab, J. Choia and T. Ernsta.* A usage oriented analysis of vehicular networks, from technologies to applications, *journal of communications*, vol 4, Pp 357-368. 2009.
- [31] *L. Briesemeister, L. Schäfers and G. Homel.* Disseminating Messages among Highly Mobile Hosts based on Inter-Vehicle Communication, In *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Pp 522-527, 2000.
- [32] *L. Wischof, A. Ebner, et H. Rohling.* Information Dissemination in Self-Organizing Intervehicle Networks. 2005.
- [33] *L. Briesemeister, G. Homel.* Role-based multicast in highly mobile but sparsely-connected ad hoc networks. *Proceedings of the 1st ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing*, Boston, Massachusetts, 2000.
- [34] *M. Bakhouya, J. Gaber, and M. Wack.* Performance evaluation of dream protocol for intervehicle communication. In *2009 1st International Conference on Wireless Communication. Vehicular Technology. Information Theory and Aerospace Electronic Systems Technology*. Pp 289-293. 2009.
- [35] *M. Torrent Moreno, D. Jiang, and H. Hartenstein.* Broadcast reception rates and effects of priority access in 802.11-based vehicular ad-hoc networks. In *Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET)*. Pp 10-18, 2004.
- [36] *M. Ashtiani and Q. Dongyu.* Achieving fair cooperation for multi-hop ad hoc networks. Master's thesis, QBSC, Queen's University Kingston, Canada, 2010.
- [37] *M. Raya, P. Papadimitratos, I. Aid, D. Jungls, and J-P. Hubaux.* Eviction of misbehaving and faulty nodes in vehicular networks. *IEEE Journal on Selected Area in Communication*. Pp 1557-1568. 2007.
- [38] *M. Gerlach and F. Fokus.* Trust for vehicular application. in *IEEE Eighth International Symposium on Autonomus Decentralized Systems*. Sedona. 2007.

- [39] *M-T.Sun*. Gps-based message broadcast for adaptive inter-vehicle communications, VTC Fall 2000.
- [40] *M.N. Mariyasagayam, T. Osafune, M. Lenardi*. Enhanced MultiHop Vehicular Broadcast (MHVB) for Active Safety Applications. 2007.
- [41] *M.HATEM, S.SALMI*. Routage basé sur le clustering dans les réseaux VANETs. Mémoire Master. Université A/Mira de Béjaia. 2017.
- [42] *N. Hadadou*. Réseaux ad-hoc véhiculaires : vers une dissémination de données efficace, coopérative et fiable, École Doctorale MSTIC, Université Paris-EST, 2014.
- [43] *N. Benamara, D. Kamal, M. Benamara, D.El Ouadghiri and J.M. Boninb*. Routing protocols in vehicular delay tolerant networks : A comprehensive survey, Computer Communications, 2014.
- [44] *N. Karthikeyan and V. Palanisamy and K. Duraiswamy*. Optimum Density Based Model for Probabilistic Flooding Protocol in Mobile Ad Hoc Network. European Journal of Scientific Research. Pp 577-588. 2010.
- [45] *N. Balan and J. Guo*. Increasing broadcast reliability in vehicular ad-hoc Networks. in Proc. the 3rd ACM International Workshop on Vehicular Ad-Hoc Networks (VANET), 2006.
- [46] *N. Wisitpongphan, O. Tonguz, J. Parikh, P. Mudalige*. Fan Bai and Varsha Sadekar. Broadcast storm mitigation techniques in vehicular ad hoc networks. Wireless Commun, Pp 84-94, 2007.
- [47] *O. Chakroune*. Techniques de contrôle de congestion et de dissémination d'informations dans les réseaux véhiculaires. PhD thesis. Université de Sherbrook. 2015.
- [48] *O. Chakroun, S. Cherkaoui*. Relevance-based messages dissemination scheme for 802.11p VANETs. Pp 568 - 573. 2014.
- [49] *P.Marlir*. Communications optimisées dans un réseau véhiculaire ad-hoc multi-sauts, Université de Technologie de Compiègne, 2007.
- [50] *P. Dhamal*. Broadcasting Routing Protocols in VANET. IISTE, ISSN. Pp 0974-6471, 2011.
- [51] *P. Batavia, M.Ramalingam*. Study of Broadcasting Protocols in Vehicular Ad-Hoc networks. Pp 439-444. 2016.
- [52] *Q. Xu, T. Mak, J. Ko, and R. Sengupta*. Vehicle-to-vehicle safety messaging in DSRC, In Proc. of the 1st ACM Int. Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks(VANET), Pp 19-28, 2004.
- [53] *S. Chang and S. Lee*. A study on distance-based multi-hop broadcast scheme for intervehicle communication. International Conference on IT Convergence and Security(ICITCS). Pp 1-4.2004.

- [54] *S. Yao Ni, Y-C. Tseng, Y-S. Chen, J-P. Sheu.* The broadcast storm problem in a mobile ad-hoc network. In Proceedings of the 5th anual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking (MobiCom 9), New York, USA, 1999.
- [55] *S. Ni, Y. Tseng, Y. Chen and J. Sheu.* The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network. In Proceedings of the 5th anual ACM/IE international conference on Mobile computing and networking (MobiCom 99), New York, USA, 1999.
- [56] *T.D.C. Little, A. Agarwal.* An Information Propagation Scheme for VANETs, MCL Technical Report 07-01-2005, Department of Electrical and Computer Engineering, Boston University, 2005.
- [57] *U. Lee and M. Gerla.* A survey of urban vehicular sensing platforms. elsevier computer networks. 2009.
- [58] *V. Raman and M. C. Caesar.* A practical approach for providing qos in multichannel adhoc networks using spectrum width adaptation, In GLOBECOM IEEE Global Telecommunications Conference. Pp 1-6. 2009.
- [59] *W. Viriyasitavat, O.K. Tonguz, and F. Bai.* UV-CAST : an urban vehicular broadcast protocol. IEEE Communication. Mag. Pp. 116-124, 2011.
- [60] *Y. Luo, W. Zhang, Y. Hu.* A new cluster based routing protocol for VANET. In : Proceedings on second international conference on networks security wireless communications and trusted computing (NSWCTC), Pp 176-180, 2010.
- [61] *Y. Bi, H. Shan, X. S. Shen, N. Wang, and H. Zhao.* A multi-hop broadcast protocol for emergency message dissemination in urban vehicular ad hoc networks, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Pp 736-750, 2016.
- [62] *Y.C. Tseng, S.Y.Ni, Y.S. Chen and J.P.Sheu.* The broadcast storm problem in a mobile ad-hoc network, Wireles Networks, Pp 153-67, 2002.
- [63] *Y. Toor, P. Muhlethaler, and A. Laouiti.* Vehicle ad hoc networks, applications and related technical issues. IEEE Communications Surveys and Tutorials, Pp 74-88, 2008.
- [64] *Y. Toor, P. Mühlethaler, A. Laouiti et A.D.L.Fortelle.* Vehicle ad-hoc networks, Applications and related technical issues. IEEE Communications Surveys and Tutorials, Pp 74-88, 2008.
- [65] *[http ://www.python.org](http://www.python.org)*

# Résumé

LA dissémination des données par diffusion dans les réseaux VANET est considéré comme une solution prometteuse pour améliorer considérablement les performances de ces réseaux. Dans ce mémoire, nous nous intéressons particulièrement à implémenter un nouveau protocole de diffusion basée sur le clustering, Cluster Based Efficient Broadcast (CBE-B). L'évaluation des performances du protocole CBE-B a été réalisée par le langage PYTHON. Les résultats obtenus montrent que le protocole réduire le taux de perte des paquets ainsi que diminuer le délai de transmission de données.

**Mots clés :** Réseaux VANETs, protocole de dissémination, clustering dans VANET, CBE-B, évaluation de performances.

# Abstract

Dissemination of data by broadcast in VANET networks is considered as a promising solution to significantly improve the performance of these networks. In this thesis, we are particularly interested in implementing a new clustering-based broadcasting protocol, Cluster Based Efficient Broadcast (CBE-B). The performance evaluation of the CBE-B protocol was carried out by the PYTHON language. The results obtained show that the protocol reduces the rate of packet loss as well as decreases the delay of data transmission.

**Keywords :** VANET networks, Data dissemination protocol, clustering in VANET, CBE-B, performance evaluation.