

Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique
Département de Mathématiques et informatique
Filière : Informatique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique

Option : **Ingénierie des Systèmes d'Information**

Présenté par :

LAZREUG FATIMA ZOHRA

KOUADRI AMINA

THEME :

ETUDE DE LA STABILITE DES CLUSTERS DANS UN
RESEAU AD-HOC VEHICULAIRE

Soutenu le : 19-06-2019

Devant le jury composé de :

MEROUFEL B	Université de Mostaganem	Président
LAREDJ M.A	Université de Mostaganem	Examineur
BAHNES NACERA	Université de Mostaganem	Encadreur

Année Universitaire 2020-2021

Dédicaces

Nous dédions ce travail

A mes très chers parents

Ma mère, Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblée avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse Dieu le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

Mon père, Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, qui étudie de l'esprit et te protège de tout mal.

A mes sœurs Zineb et Loudjayna

A mes frères Brahim et Imed

A mes cousines Asma, Amina, Marwa.

A nos très chers amis

Nour El Houda, Hadjer, Sara, Naima et Kheira

FATIMA

Dédicaces

A Ma mère, Affable, honorable, aimable, tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A ma sœur, Asma pour ses encouragements permanents, et son soutien moral,

A mon frère, Zakaria, pour son appui et son encouragement,

A toute mes amis, nour el houda, hadjar, sara, naima et kheira pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

AMINA

Remerciements

Nous tiendrons à exprimer toutes nos reconnaissances à notre directrice de mémoire, Madame BAHNES NACERA. Nous la remercions de nous avoir encadrés, orientés, aidés et conseillés.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les enseignants, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions durant nos recherches.

Nous remercions nos très chers parents qui ont toujours été là pour nous.

Nous remercions tous les amis et nos familles pour leurs encouragements et leur soutien incondtionnés.

Nous aimerions exprimer nos gratitudees à tous les chercheurs et spécialistes, trop nombreux pour les citer, qui ont pris le temps de discuter de notre sujet. Chacun par ces échanges nous a aidés à faire avancer notre analyse.

Résumé

Le développement des nouvelles technologies a favorisé une formidable évolution des réseaux véhiculaires. Cette évolution vise à rendre les réseaux plus sûrs, plus efficaces, plus fiables. La technique de clustérisations consiste à organiser les nœuds du réseau en des groupes virtuels appelés « clusters ». Les nœuds géographiquement voisins, sont regroupés dans un même cluster selon certaines règles. Les algorithmes de clustering seront classés selon les paramètres et les métriques combinées. Dans ce rapport nous allons proposer un nouvel algorithme de clustérisations (appelé SHC-HS) basé sur la vitesse des véhicules et assure la stabilité des clusters.

Mots-clés: VANET, clusterisation, stabilité, SHC-HS, r-voisins.

Abstract

The development of new technologies has favored a tremendous evolution of vehicular networks. This development aims to make the networks more secure, more efficient and more reliable. The clustering technique consists of organizing the nodes of the network into virtual groups called “clusters”. The geographically neighboring nodes are grouped together in the same cluster according to certain rules. Clustering algorithms will be classified according to the parameters and the combined metrics. In this report, we will propose a new clustering algorithm called SHC-HS which will be based on vehicle speed and which will ensure cluster stability.

Keywords :

VANET, cluster, stability, SHC-HS, r-voisins.

Liste des figures

Figure N°	Titre de la figure	Page
Figure 1	Exemple de réseau VANET.	5
Figure 2	Les modes de la communication VANET.	6
Figure 3	Fonction d'alerte entre véhicules.	7
Figure 4	Protocoles de routage dans VANET.	11
Figure 5	Le modèle DSRC/WAVE	16
Figure 6	Exemple d'une structure d'un cluster	23
Figure 7	Classification des algorithmes de clustérisations	24
Figure 8	Structure de la liste des voisins d'un véhicule	34
Figure 9 :	Réception d'un message de control	35
Figure 10 :	Sélection de CH	36
Figure 11 :	Maintenance	37
Figure 12 :	Architecture modulaire du simulateur OMNeT++	38
Figure 13 :	Architecture de l'environnement de travail	39
Figure 14 :	Importation de package veins	41
Figure 15 :	La carte routière	41
Figure 16 :	La simulation	43

Figure 17 :	Temps de simulation_nombre de cluster	44
Figure 18 :	Duré de véhicule quand n'a pas un ch	45
Figure 19 :	Nombre de message par rapport le temps de simulation	45
Figure 20	durée de vie du CM	46

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre du tableau	Page
Tableau 1	Types de routages basés sur la topologie	12
Tableau 2	Etats de véhicule	33
Tableau 3	Paramètres de simulation	42

Liste des abréviations

Abréviation	Expression Complète	Page
V2V	Véhicule to véhicule	5
V2I	Véhicule to infrastructure	13
RSU	Road Side Unit	9
CA	Autorité Centrale	9
OBU	On Board Unit	10

CH	Clusterhead	14
CM	Membres de cluster	15
CBMAC	Cluster-based medium aces control	16
TDMA	Time Division Multiple Access	16
VRA	vitesse relative agrégée	17
LIE	Link Lifetime Estimation	18
DS	Dominating Set	18
CDS	Connected Dominating Set	18
WDS	Weakly Connected Dominating Set	18
IS	Independent Set	18
MIS	Maximum Independent Set	19
LCA	Linked Cluster Algorithm	19
HCC	Highest Connectivity Cluster	19
MOBIC	Lowest relative Mobility Clustering Algorithm	26
Mb_Hop	Mobility Based D_hop	27
MOSIC	Mobility Single Hop Clustering	32

Table des matières

Remerciements	iv
Introduction Générale	7
Chapitre 1 Réseau véhiculaire	9
1.1 Introduction	9
1.2 Définitions.....	9
1.2.1 Réseau Ad-hoc	9
1.2.2 Réseau VANET	10
1.3 Modes de communication	10
1.3.1 Communication en mode Ad-hoc (V2V).....	10
1.3.2 Communication en mode infrastructure (V2I).....	11
1.1.3 Communication hybride.....	11
1.4 Types de messages	12
1.4.1 Messages de contrôle	12
1.4.2 Messages d'alerte	12
1.5 Caractéristiques des réseaux véhiculaires	13
1.6 Application des réseaux VANET	14
1.6.1 Application de la sécurité routière	14
1.6.2 Application pour l'optimisation du trafic et aide dans la conduite	14
1.6.3 Application de confort du conducteur et des passagers	14
1.7 Entités de communication	14
1.7.1 Road Side Unit (Unité côté route)	15
1.7.2 Autorité centrale.....	15
1.7.3 On Board Unit (Unité embarquée).....	15
1.8 Protocoles de routage dans les réseaux VANET.....	15
1.9 Travaux de standardisation et de normalisation.....	17
1.9.1 DSRC	17
1.9.2 La norme IEEE 802.11p	18

1.10	Conclusion	19
Chapitre 2 Clustering pour les réseaux VANETs		20
2.1	Introduction.....	20
2.2	Modèle du système	20
2.3	Classification des algorithmes de clustérisassions	21
2.3.1	Rayon du cluster	22
2.3.2	Métrique de sélection des cluster-Head	22
2.3.3	Structure de l'ensemble des cluster-heads	23
2.3.4	Maintenance des clusters	24
2.3.5	Recouvrement des clusters.....	24
2.3.6	Nombre de degré hiérarchique.....	24
2.4	Quelques approches de clustérisassions.....	24
2.4.1	Les algorithmes de clustérisassions à 1-saut.....	25
2.4.2	Les algorithmes de clustérisassions à K-sauts	25
2.5	Approches de Clustering orienté stabilité	26
2.6	Conclusion	29
Chapitre 3		290
3.1	Introduction	30
3.2	Description du modèle proposé SHC-HS	30
3.3	Simulation	34
3.3.1	Environnement de travail	34
3.3.2	Implémentation de SHC-HS	37
3.4	Le scénario	39
3.5	Les résultats	40
3.6	Conclusion	43
Conclusion Générale		444
Bibliographie		466

Introduction Générale

Ces dernières années, nous avons assisté à des développements importants dans le domaine des communications sans fil. Cette évolution est principalement due à la demande actuelle de convivialité et d'accès aux données à tout moment et en tout lieu.

Les systèmes de transport intelligents (STI) sont des applications qui visent à fournir des services novateurs dans différents modes de transport et de gestion du trafic. Ils permettent aux utilisateurs d'être mieux informés sur l'état de la route, et rendent l'utilisation des réseaux de transport plus sûre, plus coordonnée et plus intelligente.

Un réseau VANET (Vehicular Ad-hoc Network) est un élément clé des systèmes de transport intelligent. Le réseau VANET consiste à renforcer la prévention routière et à munir nos voitures et nos routes de capacités permettant de rendre la route plus sûre (le trafic, les accidents, les dangers, les déviations possibles, les informations météorologique, etc.), améliorer le confort des passagers et rendre le temps passé sur les routes plus conviviale. La hiérarchisation du VANET (ou clustering en anglais) organise le réseau en groupes de nœuds (nommés clusters) et apporte alors des solutions à ces problèmes. VANET est prioritaire car la dynamique du trafic des véhicules peut conduire à la formation de groupes «naturels» aux intersections ou aux convois autoroutiers. De plus, les applications orientées transport sont généralement liées à une zone donnée équivalente à une grappe géographique. En divisant l'espace, le réseau devient plus facile à gérer et les messages de coordination ne sont plus échangés entre tous les nœuds, mais échangés au sein du groupe. D'autre part, comme VANET est très dynamique, les groupes sont fréquemment mis à jour, ce qui réduit encore les performances et l'attractivité de la méthode en couches.

La stabilité représente le défi essentiel pour les procédures de clustering dans des environnements dynamiques. Les procédures de clustering bien organisées doivent avoir la capacité de maintenir la formation de clusters existants et de réduire ses frais généraux.

L'objectif de ce projet est d'étudier la formation des clusters et leur stabilité dans un réseau VANET. Ce rapport est divisé en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons donner un aperçu sur les réseaux véhiculaires (VANETs), leurs caractéristiques, les différents types de messages, les applications et les protocoles de routage dans ces réseaux.

Dans le deuxième chapitre, nous allons présenter quelques algorithmes de formation des clusters dans les réseaux VANETs.

Dans le troisième chapitre, nous avons proposé un algorithme de clustérisations. Quelques résultats de simulation sont présentés à la fin du chapitre.

Ce rapport sera terminé par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre 1

Réseaux véhiculaires

1.1 Introduction

Un réseau véhiculaire sans fil (VANET) est un nouveau type d'application de réseau Mobile Ad-hoc network (MANET). Le rôle du réseau VANET est de fournir et de garantir la communication entre les véhicules, et de permettre l'accès à l'information en temps réel. Le but de ce réseau est d'améliorer la sécurité routière, de réduire au maximum possible le risque des collisions, et de minimiser les dégâts en cas d'accident.

Ce chapitre introduit les notions de base liées aux réseaux VANETs. Au début, nous présentons les technologies de communication ainsi les types de messages transmis, les caractéristiques, les applications, les entités de communication, les protocoles de routage, travaux de standardisation et de normalisation.

1.2 Définitions

1.2.1 Réseau Ad-hoc

Les réseaux Ad-hoc sont des réseaux sans-fil capables de s'organiser spontanément et de manière autonome dans leur environnement. Les nœuds proches effectuent une communication directe entre eux, tandis que les autres nœuds jouent le rôle d'intermédiaire pour transporter le message jusqu'à sa destination finale.

Plusieurs problèmes peuvent être rencontrés dans un réseau Ad-hoc tel que l'absence d'infrastructure, une bande passante limitée, beaucoup de perte de données, des erreurs de transmission, et plusieurs problèmes de sécurité.

1.2.2 Réseau VANET

Vehicular Ad-Hoc Network (acronyme de VANET), est un réseau d'échanges d'alertes de sécurité entre plusieurs nœuds mobiles (Voitures, Motocycles, Camions ou autres) afin de gérer et organiser les informations reçues des nœuds mobiles situés dans une zone à proximité du danger, dans l'objectif d'éviter de potentiels accidents ou congestions. Comme montré dans la figure 1, les véhicules jouent le rôle des nœuds qui transmettent le message dans les protocoles de routage [1].

Ces dernières années, les réseaux VANET sont devenu un champ de recherche intéressant en raison des perspectives d'application larges, comme le partage de l'information de la circulation, aide à la conduite, l'accès à l'Internet, etc. [1].

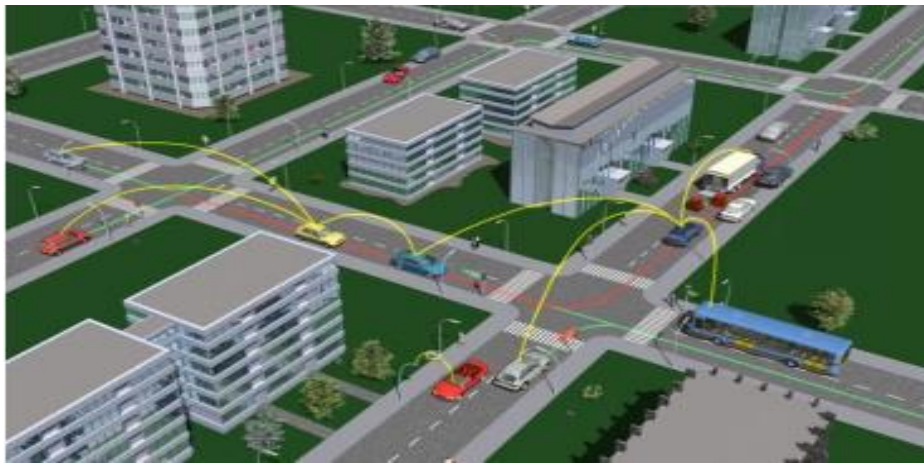


Figure 1 - Exemple de réseau VANET (www.car-2-car.org).

1.3 Modes de communication

Dans les réseaux de véhicules, nous distinguons trois modes de communication (figure 2): les communications Véhicule-à-Véhicule (V2V), les communications Véhicule-à-Infrastructure (V2I) et communications hybride [2].

1.3.1 Communication en mode Ad-hoc (V2V)

Est une forme de communication permettant aux véhicules de communiquer directement entre eux, sans aucune infrastructure requise. Cette forme peut être utilisée dans les scénarios de

diffusion d'alerte (freinage d'urgence, collision, ralentissement, etc.) ou pour la conduite collaborative.

1.3.2 Communication en mode infrastructure (V2I)

La communication en mode infrastructure nommée aussi Véhicule-à-infrastructure (V2I), est la communication réalisée entre les nœuds (Véhicules en utilisant l'OBU) et les entités fixes (RSU et CA). Ceci permet aux véhicules d'accéder aux différents types d'applications (Sécurité, confort, etc.) et aux différents types d'informations (Etat du trafic, météo, etc).

1.3.3 Communication hybride

La combinaison des communications véhicule à véhicule (V2V) avec les communications de véhicules avec utilisation d'infrastructure (V2I), permet d'obtenir une communication hybride très intéressante. En effet, les portées des infrastructures (stations de bases) étant limitées, l'utilisation des véhicules comme relais permet d'étendre cette distance. Dans un but économique et afin d'éviter la multiplication des stations de bases à chaque coin de rue, l'utilisation des sauts par véhicules intermédiaires prend tout son importance.

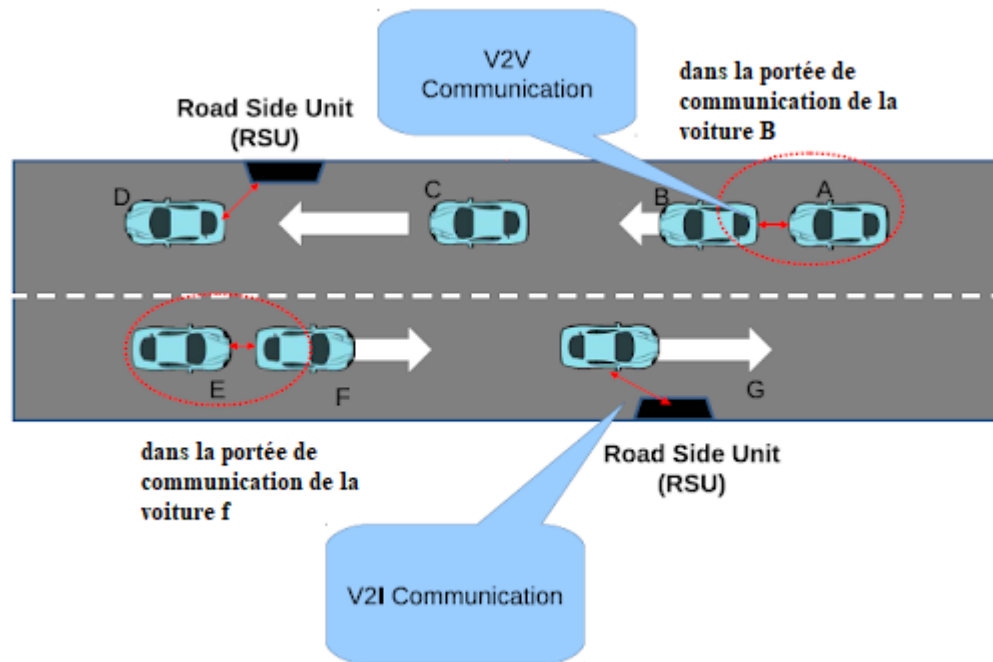


Figure 2. Les modes de la communication VANET (www.article .sapub.org).

1.4 Types de messages

1.4.1 Messages de contrôle

Les messages de contrôle sont des messages périodiques de type « Beacon ». Chaque véhicule émet un message de contrôle toutes les 100 ms pour s'afficher aux autres véhicules voisins. Ce message contient des informations sur le véhicule tel que sa position, sa vitesse, sa direction [2].

1.4.2 Messages d'alerte

Les messages d'alerte ou les messages de sécurité sont envoyés lors d'une situation dangereuse ou lors d'un événement méritant l'attention du conducteur. Dans le cas d'un accident, le message d'alerte sert à prévenir les véhicules qui se dirigent vers la zone de l'accident ou de congestion comme montré dans la figure 3. Ces messages sont urgents et importants et leurs tailles sont petites afin de garantir leur transmission plus rapidement. Les véhicules désignés par la retransmission des messages d'alerte doivent les transmettre dès la réception. Les messages d'alerte contiennent les coordonnées du lieu en question [2].



Figure 3 : Fonction d'alerte entre véhicules (www.slideplayer.fr).

1.5 Caractéristiques des réseaux véhiculaires

Les réseaux véhiculaires ont des caractéristiques spécifiques qui les distinguent de réseaux ad-hoc mobiles, ces caractéristiques doivent être prises en compte lors de conception des protocoles pour les VANETs [3].

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

➤ **La capacité d'énergie et de stockage**

Contrairement au contexte des réseaux MANET où la contrainte d'énergie représente un défi pour les chercheurs, les éléments du réseau VANET disposent suffisamment d'énergie [MJ08] qui peut alimenter les différents équipements électroniques d'une voiture intelligente. Donc, les nœuds sont censés avoir une grande capacité de traitement et de stockage de données.

➤ **La topologie et la connectivité**

Comme les réseaux Ad-hoc mobiles, les réseaux VANET sont caractérisés par une connectivité sporadique, car un véhicule (nœud) peut rejoindre ou quitter un groupe de véhicules en un temps très court, ce qui nous mène ainsi à avoir une topologie très dynamique constituée de plusieurs îlots séparés.

➤ **Le modèle de mobilité**

Plusieurs facteurs peuvent affecter la mobilité dans ces réseaux comme les infrastructures routières ; par exemple : route, autoroute, panneaux de signalisation. En outre, la mobilité dans les VANETs est liée directement au comportement des conducteurs et leurs réactions face à des obstacles ou des situations différentes et complexes rencontrées ; par exemple : les heures d'embouteillage, les accidents, etc.

➤ **La sécurité et l'anonymat**

L'importance des informations échangées via les communications véhiculaires rend l'opération de sécurisation de ces réseaux cruciale qui constitue un prérequis au déploiement des VANETs.

1.6 Application des réseaux VANET

Les principales applications des réseaux VANET peuvent être classées en trois catégories : application de la sécurité routière, application pour l'optimisation du trafic et aide dans la conduite et application de confort [4].

1.6.1 Application de la sécurité routière

Afin d'anticiper à un danger quelconque, les véhicules peuvent s'échanger entre eux des messages d'alertes ; les VANETs permettent de prévenir les collisions, les travaux sur les routes et de détecter les obstacles, ainsi que les accidents deviennent plus rapidement détectables et l'intervention devient plus rapide, cela peut minimiser les accidents.

1.6.2 Application pour l'optimisation du trafic et aide dans la conduite

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

1.6.3 Application de confort du conducteur et des passagers

En plus des services liés à la sécurité des véhicules et leurs occupants, les réseaux véhiculaires peuvent aussi améliorer le confort des conducteurs et des passagers. Dont le but est de rendre les voyages plus agréables, les passagers peuvent communiquer soit avec d'autres véhicules (par exemple : jouer en réseaux), ou avec des stations fixes « infrastructure » pour l'accès à internet, la messagerie, le téléchargement, le chat inter-véhicules, etc.

1.7 Entités de communication

Dans cette partie, nous présentons trois unités de communication [4].

1.7.1 Road Side Unit (Unité côté route)

Les Road Side Units (RSU) sont des entités situées et installées au bord de la route. Ces entités présentent des points d'accès au réseau et sont déployées tout au long de la route. Chaque RSU a pour objectif de transmettre des messages aux véhicules qui se trouvent dans sa zone radio. Ces messages contiennent des informations sur les conditions météorologiques, ainsi que sur l'état de la route (vitesse maximale, autorisation de dépassement, etc.).

1.7.2 Autorité centrale

L'Autorité Centrale (CA) est un serveur de stockage et de transaction qui a la confiance de toutes les entités du réseau. Elle fournit des services et des applications à tous les utilisateurs, ainsi que les certificats, les clés ou pseudonymes de communication des véhicules.

1.7.3 On Board Unit (Unité embarquée)

L'On Board Unit (OBU) est une unité embarquée dans les véhicules intelligents. Son rôle est de permettre aux véhicules de se localiser, calculer, enregistrer et envoyer des messages sur une interface réseau à l'aide d'un ensemble de programmes. Dans un réseau VANET, le conducteur (ou l'utilisateur) peut voir les pseudonymes des véhicules à proximité dans son OBU à l'aide des messages « beacon ». Ainsi, l'utilisateur peut choisir le véhicule avec lequel il veut communiquer.

1.8 Protocoles de routage dans les réseaux VANET

Le problème de routage dans les réseaux de véhicules réside essentiellement dans l'instabilité des chemins causée par la forte mobilité des nœuds et les fragmentations fréquentes du réseau. Aussi bien, la vitesse de déplacement des nœuds est beaucoup plus élevée que dans les MANET. Initialement, nous distinguons deux grandes classes de protocoles de routage pour les réseaux Ad-hoc selon le type d'informations utilisées au cours de l'acheminement les données. La première classe est celle des protocoles qui se basent sur des informations sur la topologie du réseau. La seconde classe est celle des nouveaux protocoles dits géographiques ou de position qui se basent sur des informations supplémentaires sur la position géographique [5].

Les protocoles spécifiques aux VANETs peuvent être classés en cinq classes (voir la figure 4).

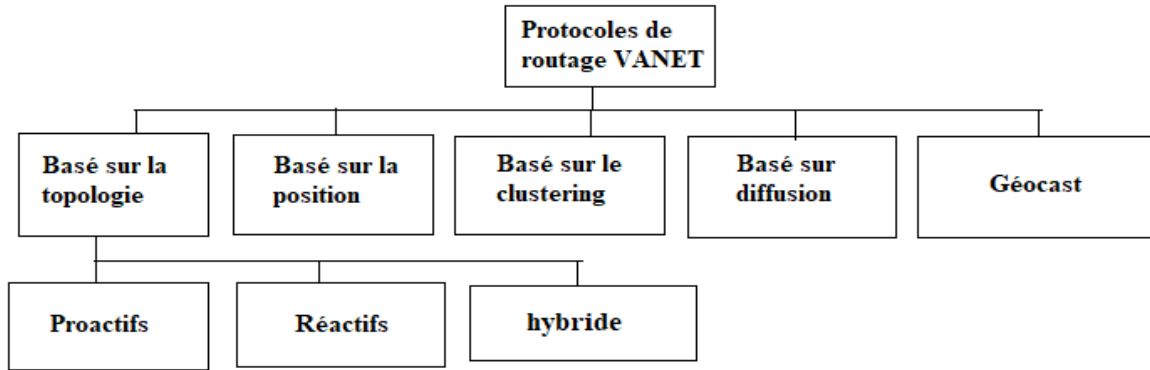


Figure 4 : Protocoles de routage dans les réseaux VANETs [6].

➤ Les protocoles de routage basés sur la topologie

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

Nom	Stratégie	Avantages	Inconvénients	Exemples
Réactif	-Découverte de route uniquement en cas de besoin.	<ul style="list-style-type: none"> • Réduit le surcoût du message de contrôle. • Consomme peu de bande passante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retard lors de la création d’une route. 	<ul style="list-style-type: none"> • DYMO • AODV • DSR • ABR
Proactif	-Table de routage mis à jour régulièrement par diffusion continue de paquets de contrôle.	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de retard de découverte d’une nouvelle route. 	<ul style="list-style-type: none"> • Haute consommation de bande passante. • Stockage inutile de certaines informations. 	<ul style="list-style-type: none"> • DSDV • OLSR • FSR • DREAM
Hybride	-Division du réseau en des zones similaires selon divers critères. -Application de la stratégie réactive dans chaque zone et la stratégie proactive entre zones.	<ul style="list-style-type: none"> • Plus rapide que le réactif. • Moins couteux que le proactif. 	Création et maintenance des zones et une tâche complexe et couteuse dans les réseaux mobiles.	<ul style="list-style-type: none"> • ZRP • TORA • WARP • HSLS

Tableau 1 : Types de routages basés sur la topologie [6].

➤ **Les protocoles de routage basés sur la position**

Les protocoles de routage géographique (ou basés sur la position) utilisent des coordonnées géographiques (par exemple, fournies par un système de géolocalisation tel que le GPS) afin de trouver un chemin vers la destination [7]. Chaque nœud source inclut l'identifiant et la position de la destination dans l'entête de tout paquet à envoyer, les nœuds recevant ce paquet utilisent les informations géographiques incluses dans ce dernier et celles disponibles dans leurs tables de routage pour retransmettre le paquet et répètent le même mécanisme jusqu'à ce que celui-ci atteigne la destination.

➤ **Routage basé sur les clusters**

Dans ce cas, les nœuds d'un réseau sont répartis en différents groupes géographiquement proches les uns des autres (Cluster). Dans chaque cluster, un nœud (cluster-head) est élu pour assumer les fonctions essentielles dans le routage.

➤ **Routage basé sur la diffusion**

Dans ce type de protocole, la construction d'un chemin entre deux nœuds se fait en diffusant un message sur l'ensemble du réseau. Le message reçu pour la première fois par un nœud sera répété à tous les voisins, et ces voisins feront de même plus tard.

➤ **Routage à base Geocast**

Dans ce type de protocole, la source délivre les messages uniquement à une zone géographique spécifique ; cette zone visée doit contenir la destination.

1.9 Travaux de standardisation et de normalisation

Les premiers standards définis pour les communications sans fil dans les VANETs utilisent la bande de fréquence de 915MHz essentiellement pour assurer des services.

1.9.1 DSRC

Le DSRC (Dedicated Short Range Communications) est un standard de diffusion d'informations par l'intermédiaire des ondes radar. Il représente la transmission radio établie

entre des équipements fixes jalonnant l'infrastructure routière RSU (Road Side Unit) et des équipements embarqués à bord des véhicules connu sous le nom OBU (On bord Unit) [8].

1.9.2 La norme IEEE 802.11p

L'IEEE a étendu sa famille de protocoles 802.11 en ajoutant le 802.11p, s'inspirant pour cela du standard ASTM E2213-03, lui-même basé sur le 802.11a. Ce protocole modifie la couche physique et la couche MAC.

La figure.5 représente le modèle DSRC/WAVE (Dedicated Short Range Communications /Wireless Access in a Vehicular Environment) utilise deux piles, une pile pour les applications de sécurité routière et une plus pour les deux autres catégories d'applications.

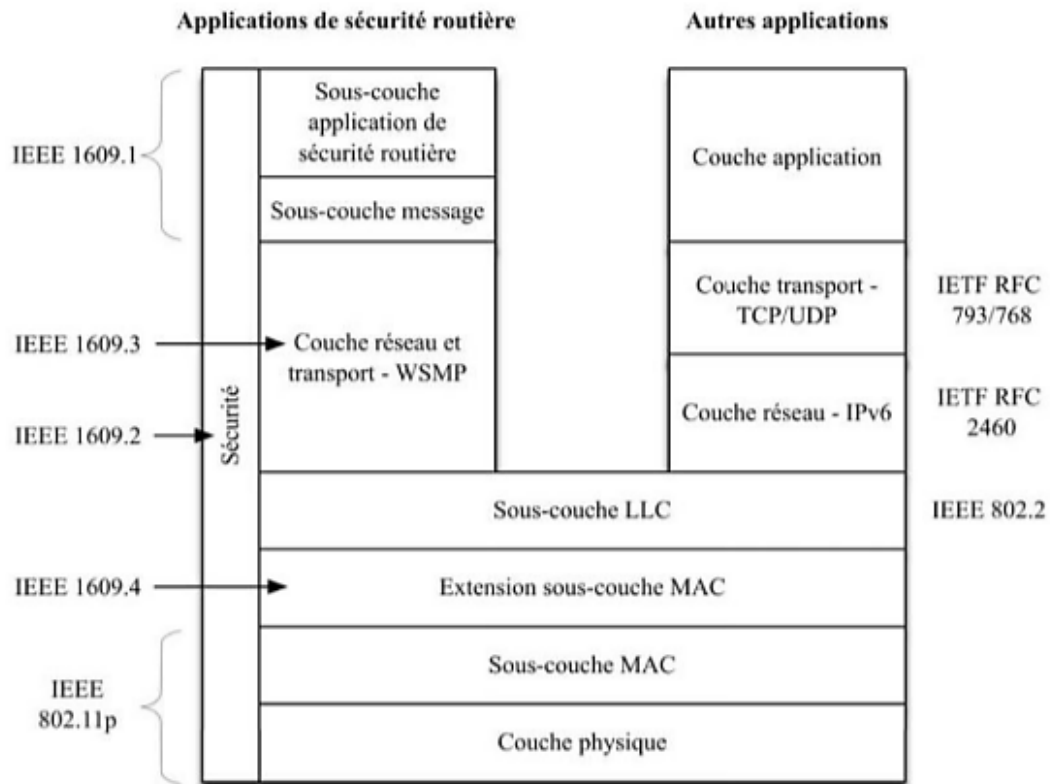


Figure .5 : Le modèle DSRC/WAVE : IEEE 1609 [8].

IEEE 1609.1 – WAVE Resource Manager : permet aux applications distantes une bonne gestion de ressources de OBU telle que : la mémoire et l’interface utilisateur en garantissant l’interopérabilité [9].

IEEE 1609.2 – WAVE Security Services for Applications and Management Messages: décrit le format des paquets et les fonctions de sécurité dans un système WAVE pour les messages de sécurité, données et gestion [10].

IEEE 1609.3 - WAVE Networking Services : définit les services de niveau réseau et transport incluant l’adressage, le routage et la transmission, l’envoi est basé sur le protocole WSMP (WAVE Short Messages Protocol) qui permet un échange efficace des messages WSM (WAVE Short Messages) [11].

IEEE 1609.4 - WAVE Multi-Channel Opération : définit les mécanismes d’accès en priorité, la coordination et la gestion des 7 canaux DSRC lors du routage et transmission de données [12].

1.10 Conclusion

Des progrès significatifs dans la technologie de communication sans fil et l’industrie automobile ont suscité beaucoup d’intérêt de recherche dans le domaine de VANET. Ce type de réseau consiste en des communications V2V, V2I et hybride. Cette innovation dans la communication sans fil a été exploitée pour améliorer la sécurité routière dans un avenir proche grâce au développement des systèmes de transport intelligents (STIs). Par conséquent, les gouvernements, les industries des automobiles et les universités sont des partenaires dans plusieurs projets de recherche en cours. L’ensemble des domaines d’application typique des VANET, tels que l’alerte en cas de collision de véhicules et la diffusion d’informations sur le trafic, ont fait des réseaux VANETs un domaine très dépendant des communications sans fil.

Nous avons décrit dans le premier chapitre de ce mémoire, les réseaux véhiculaires sans fil, leurs architectures, leurs caractéristiques et leur application ainsi leurs entités de communication. Dans le chapitre suivant, nous allons analyser et présenter les travaux de recherches liés à la clustérisations dans les réseaux VANETs.

Chapitre 2

Clustering pour les réseaux VANETs

2.1 Introduction

Le problème de routage dans les VANETs est un thème de recherche récent et d'actualité. Malgré la variété des approches proposées et le développement des technologies de communication, il subsiste encore de nombreux défis. Selon une enquête à grande échelle, les protocoles de routage les plus appropriés aux réseaux VANETs sont conçus sur la base de l'approche de clustérisations [6].

La clustérisation consiste à diviser le réseau en un ensemble de nœuds géographiquement proches. Elle présente alors une solution intéressante pour simplifier et optimiser les fonctions et les services du réseau. En particulier, elle permet au protocole de routage de fonctionner plus efficacement en réduisant le trafic de contrôle dans le réseau et en simplifiant le processus d'aiguillage des données [13].

2.2 Définition de cluster

La technique de clustérisation consiste à organiser les nœuds du réseau en des groupes virtuels appelés « clusters ». Les nœuds géographiquement voisins, sont regroupés dans un même cluster selon certaines règles. Dans un cluster, on retrouve généralement trois types de nœuds [13] comme montré dans la figure 6: « *cluster-head* » (CH), nœuds « *passerelles* » et nœuds « *ordinaires* » dite aussi « *membres* ». Dans chaque cluster, un nœud est élu comme chef de groupe appelée *cluster-Head*, qui possède des fonctions supplémentaires (routage, accès au médium, etc.). Un **nœud ordinaire** est un nœud non cluster-Head qui ne possède pas des liens avec les autres clusters, tandis qu'une **passerelle** est un nœud membre (non cluster-Head) qui possède des liens inter clusters et peut donc accéder à des clusters voisins et acheminer les données entre eux.

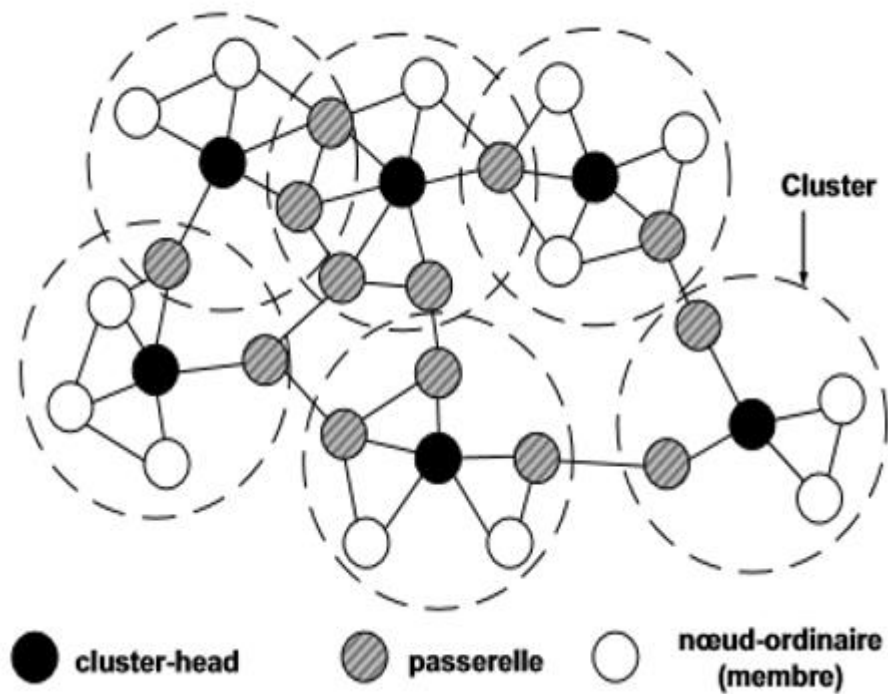


Figure 6 : Exemple d'une structure d'un cluster [13].

2.3 Classification des algorithmes de clustérisassions

L'étude de classe des algorithmes de clustérisassions distingue six catégories d'algorithmes : les algorithmes se basant sur la construction d'un ensemble dominant, les algorithmes à charges équilibrée, les algorithmes à faible coût de maintenance, les algorithmes conscients de la mobilité, les algorithmes d'économie d'énergie et les algorithmes à métriques combinées [14].

La figure 7 illustre la **classification des algorithmes de clustérisassions** selon plusieurs critères.

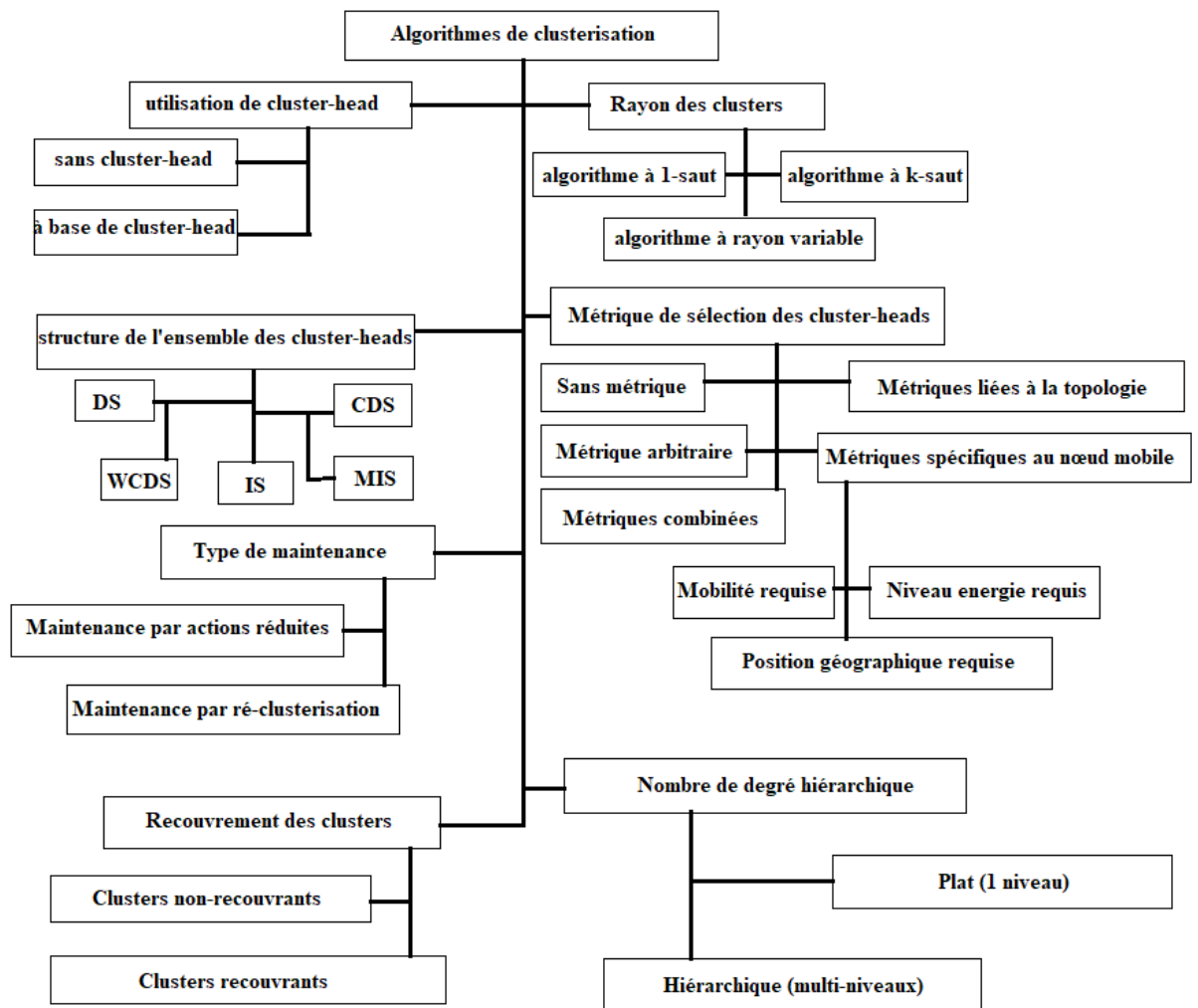


Figure 7 : Classification des algorithmes de clustérisassions [14].

2.3.1 Rayon du cluster

Le rayon d'un cluster exprime la valeur maximale de la distance qui sépare le cluster-Head à l'ensemble de ses membres, Cette distance est exprimée en nombre de sauts. Nous distinguons trois classes d'algorithmes : les algorithmes à 1-saut, les algorithmes à K-sauts et les algorithmes à rayon variable.

2.3.2 Métrique de sélection des cluster-Head

Dans [14], une classification des algorithmes de clustérisassions a été proposée selon le type des métriques employé lors de la sélection des cluster-Head.

- **Sans métrique** : regroupe les algorithmes qui déclarent les cluster-Heads sans avoir recours à aucune métrique de sélection.
- **Métrique arbitraire** : représente une valeur choisie arbitrairement et généralement non significative. Dans cette classe, nous trouvons les algorithmes qui utilisent des valeurs aléatoires ou l'identifiant des nœuds.
- **Métriques liées à la topologie** ; cette classe regroupe tous les algorithmes qui utilisent une métrique issue de la topologie du réseau. Parmi les métriques qui appartiennent à cette classe, nous citons : le degré de connectivité, le K-degré de connectivité et la K-densité.
- **Métriques spécifiques aux nœuds mobiles** : les algorithmes de cette classe utilisent des métriques très spécifiques aux nœuds mobiles.
- **Métriques combinées** : plusieurs algorithmes combinent plusieurs métriques de différents types pour élire l'ensemble de cluster-Head.

2.3.3 Structure de l'ensemble des cluster-heads

Les cluster-heads élus forment des structures particulières [14], parmi lesquelles nous citons :

- Ensemble dominant DS (Dominating Set) : est un ensemble de nœuds tel que tout nœud du réseau est voisin d'au moins un nœud de cet ensemble.
- Ensemble dominant connecté CDS (Connected Dominating Set) : est un ensemble dominant où tous les nœuds dominants sont directement connectés.
- Ensemble dominant faiblement connecté WDS (Weakly Connected Dominating Set) : est un ensemble dominant tel que l'ensemble des dominants avec les arêtes dont une des extrémités est un dominant forme un ensemble connexe.
- Ensemble indépendant IS (Independent Set) : est un ensemble de nœuds du graphe tel qu'aucune paire de nœuds de l'IS ne se trouvent voisins dans le graphe.

- Ensemble indépendant maximal MIS (Maximum Independent Set) : est un ensemble indépendant présentant une cardinalité maximale.

2.3.4 Maintenance des clusters

Dans de nombreux algorithmes, la maintenance est effectuée par re-clustering. D'autres algorithmes proposent d'éliminer l'effet de cascade introduit par le re-clustering. Ils proposent certaines règles et mesures de maintenance, qui fonctionnent localement et limitent le diamètre de la modification de la structure du cluster. Ensuite, selon le type de maintenance, nous sommes répartis en deux catégories : la maintenance par re-clustering, et la maintenance par réduction des opérations.

2.3.5 Recouvrement des clusters

Les algorithmes de clusterisation peuvent créer des clusters recouvrants où non recouvrants. Un algorithme construit des clusters recouvrants s'il existe des nœuds qui sont liés à plus qu'à cluster-head. Les clusters sont dits non recouvrants si chaque nœud appartient à un seul cluster.

2.3.6 Nombre de degré hiérarchique

Les algorithmes de base se contentaient d'élire un ensemble de cluster-heads. Ce sont les algorithmes plats à un seul niveau. D'autres algorithmes élisent des cluster-heads dans un nouveau niveau parmi l'ensemble des cluster-heads déjà sélectionnés au niveau précédent. Ils introduisent alors une hiérarchie de cluster-heads, c'est des algorithmes hiérarchiques multi-niveaux.

2.4 Quelques approches de clustérisations

Une grande partie de clustérisations construisent des clusters à 1-saut où chaque nœud est à un saut de son cluster Head. D'autres algorithmes génèrent des clusters à K-sauts où chaque nœud est à au plus K-sauts de son cluster-Head.

2.4.1 Les algorithmes de clustérisations à 1-saut

2.4.1.1 les algorithmes à métrique arbitraire

L'un des algorithmes de clustérisations les plus anciens est LCA (Linked Cluster Algorithm) [15], connu sous le nom de l'algorithme du plus petit identifiant (ID) ou du plus petit ID.

2.4.1.2 Les algorithmes à métrique liée à la topologie

L'algorithme HCC (Highest Connectivity Cluster) choisit le nœud ayant le plus grand nombre de voisins (plus grand degré) comme cluster-head. Initialement, tous les nœuds sont non couverts [14].

2.4.1.3 Les algorithmes à métrique spécifiques au nœud mobile

MOBIC (Lowest Relative Mobility Clustering Algorithm) [16] est un algorithme de clustering conçu pour les réseaux ad-hoc mobiles qui fonctionne aussi dans VANET. Il présente une nouvelle mesure de mobilité relative des nœuds sur la base du rapport des niveaux de puissance en raison de la réception des paquets successifs à un nœud dans le cas de la même valeur de mobilité il utilise l'algorithme le plus bas-ID.

2.4.2 Les algorithmes de clustérisations à K-sauts

2.4.2.1 Les algorithmes à métrique arbitraire

L'algorithme Max-Min-d-clusters [17] construit des d-clusters non recouvrant, avec un paramètre de l'heuristique. Cet algorithme utilise l'identifiant du nœud comme métrique d'élection du cluster-Head et se déroule en trois tours.

2.4.2.2 Les algorithmes à métrique liée à la topologie

Dans ces algorithmes, une métrique est appelée associativité et représente la stabilité relative des nœuds dans leurs voisinage.

2.4.2.3 Les algorithmes à métrique spécifique au nœud mobile

HEED (Hybrid, Energy-Efficient, Distributed) est un algorithme distribué de clustérisations proposé pour les réseaux des capteurs. Il construit un graphe connecté de cluster-heads à plusieurs sauts, les clusters formés sont disjoints.

2.4.2.4 Les algorithmes à métriques combinée

Mob-Dhop (Mobility-based D-hop) [17] est un algorithme distribué qui forme des clusters de diamètre variable avec la mobilité du nœud. Cet algorithme suppose que chaque nœud peut mesurer la puissance du signal reçu. Cinq paramètres doivent être calculés :

- La distance estimée entre les nœuds : basée sur la puissance du signal reçu du voisin.
- La mobilité relative entre les nœuds est la différence de la distance estimée d'un nœud pour les deux moments successifs. Elle indique si les deux nœuds s'éloignent ou se rapprochent.
- La variation de la distance estimée en fonction du temps.
- La stabilité locale est une fonction de la variation de la distance estimée et de la mobilité relative.
- La distance moyenne estimée.

2.5 Approches de Clustering orienté stabilité

Étant donné que la connectivité discontinue dans les VANETs est le problème majeur, un grand nombre d'approches ont été développées pour surmonter ce défi. En effet, la division de l'espace en plusieurs clusters facilite la gestion du réseau et réduit les messages de coordination échangés entre les nœuds. Dans cette section, nous examinons les solutions les plus récentes basées sur les algorithmes de clustering.

- V. Sutagundar et al. [18], ont développé un protocole de clustering dynamique orienté stabilité SOCDV (Stability Oriented Cluster Dynamism in VANET) où les RSUs sont responsables des décisions de clustering. Les auteurs ont utilisé les métriques de mobilité, de densité, de direction et de connectivité pour améliorer la stabilité. Ce modèle SOCDV s'appuie entièrement sur les RSUs pour former

des clusters en fonction de leurs plages de communication disponibles et pour sélectionner le nœud qui se déplace dans la direction opposée en tant que CH initial.

- Dans [19], les auteurs ont présenté un algorithme de clustering basé sur le backbone hybride pour une communication efficace et stable entre les véhicules. Ce modèle utilise le nœud ayant un degré de connectivité élevé et une vitesse relative faible pour la formation du cluster et pour l'élection du Cluster-Head (CH) correspondant. Pour chaque véhicule, la vitesse relative agrégée (VRA) est calculée en respectant tous les voisins. Ensuite, le véhicule ayant une VRA minimale est élu en tant que CH. Lorsqu'il n'y a pas de voisins, le CH sera dans un état inconnu en attendant l'entrée de nouveaux voisins pour commencer le processus de re-clustering.

- Dans [20], M. Ren et al. ont proposé un algorithme de clustering prenant en compte trois paramètres (position, direction et estimation de la durée de vie des liaisons). Le modèle proposé est résumé en quatre étapes :

1. Initialement, tout nouveau véhicule entrant est considéré comme un nœud non affecté. Si ce nœud ne parvient pas à rejoindre un cluster pendant une période de temps prédéterminée "p", il se revendique lui-même comme un CH temporaire et forme son propre cluster.

2. Pour réduire la connectivité intermittente, les nœuds de bordure ne sont pas autorisés à rejoindre n'importe quel CH même s'ils se trouvent dans sa portée de transmission. Ce processus est appelé "seuil de distance de sécurité".

3. Une fois le CH élu et formé son groupe, les nœuds les plus éloignés seront considérés comme des passerelles. Lorsque deux nœuds ont la même distance, les chercheurs ont utilisé un paramètre LIE (Link Lifetime Estimation) pour sélectionner le plus approprié.

4. Si la zone de chevauchement entre deux clusters augmente ou si la distance entre les deux CH correspondants devient inférieure à un seuil donné, une procédure de fusion de cluster est appelée pour la maintenance.

➤ Dans [21], J-H. Kwon et al. Ont proposé un schéma de regroupement pour les environnements urbains. Ce modèle contient deux processus.

1. Clustering: pour accélérer la formation des clusters et surmonter la connectivité intermittente, les chercheurs ont utilisé le changement moyen du nombre de voisins comme un signal pour déclencher une nouvelle élection du CH.
2. Transmission classifiée : pour réussir la transmission des messages d'urgence, les véhicules envoient leurs données de haute priorité à des intervalles de temps en utilisant un accès par canal basé sur l'interrogation.

Dans [22], les auteurs ont combiné les caractéristiques des protocoles de routage clustérisés et géographiques pour éliminer le processus de découverte d'itinéraire et pour former des clusters stables avec un débit élevé. Chaque segment est divisé en plusieurs clusters de taille égale à la moitié de la plage de transmission. À un moment donné, le véhicule ayant la durée de vie maximale est sélectionné comme un CH jusqu'à ce qu'il atteigne le point le plus éloigné du bord directionnel du cluster. A ce moment, une nouvelle élection du CH est déclenchée.

Une autre idée est proposée dans [23] dont le but est de minimiser le temps d'élection des CHs et de la formation des clusters. Cet algorithme est divisé en trois phases.

1. Formation du cluster : le véhicule le plus lent est désigné pour partitionner le réseau en fonction de la portée de transmission et de la densité.
2. Choix du CH : le CH est sélectionné sur la base d'une fonction d'attente multi-métrique compte tenu de la différence de vitesse et de la distance relative entre les nœuds voisins.
3. Changement du CH : lorsque le CH actuel est proche de quitter le cluster, un mécanisme de commutation appelé "Make Before Break" permet de sélectionner le nœud le plus proche de la position moyenne du cluster comme un nouveau CH.

Dans [24], les auteurs ont présenté l'algorithme MOSIC qui est basé sur les changements de la mobilité relative des véhicules, qui est calculée en trouvant la moyenne de la vitesse relative, du degré nodal et de la distance relative de tous les voisins de même direction. Il a utilisé le modèle de mobilité de Gauss-Markov pour prédire l'emplacement suivant du véhicule et en fonction de l'emplacement du véhicule et de son emplacement prévu, la distance relative sera calculée et, par conséquent, la mobilité relative peut être obtenue.

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié la technique de clustérisations dans les réseaux VANET. Nous avons présenté une classification des algorithmes de clustérisations et les principales caractéristiques des approches proposées.

L'inconvénient majeur de la plupart des approches est de ne pas garder la structure des clusters stable dans un environnement dense, mobile et à large échelle. Fournir un mécanisme de clustérisations stable est important pour le bon fonctionnement des applications. La stabilité de la structure des clusters permet de garantir la stabilité des routes et donc réduire le coût de leur maintenance et améliorer les performances du réseau [13].

Le chapitre suivant est consacré à la présentation de notre solution reposant sur l'approche « MOSIC ». Nous avons pris en considération la vitesse maximale au lieu de la mobilité.

Chapitre 3 : Contribution et Simulation

3.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la partie contribution et simulation où nous avons proposé un nouvel algorithme de clustérisations. Cet algorithme a comme objectif de former les clusters et d'assurer leur stabilité. A la fin du chapitre, nous avons présenté et analysé les résultats de simulation obtenus.

3.2 Description du modèle proposé SHC-HS

SHC-HS (Single-Hop Clustering based on Highest Speed) est une Schéma de clustering à un seul-hop lié à la vitesse pour les réseaux VANET. L'objectif du SHC-HS est de former des clusters stables en augmentant la durée de vie de la cluster-head et en réduisant le nombre de changements de cluster-head. Nous supposons que tous les véhicules circulant dans la même direction et nous concentrons uniquement sur la communication V2V. Nous avons donné des définitions concernant les états d'un véhicule, la liste de voisin et les types de message transmis.

Définition 1 : (état de Véhicule)

Dans le schéma proposé, un véhicule peut avoir un de quatre états énumérés dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Etats d'un véhicule.

Etat	Description
NC	Il n'appartient à aucun cluster (état initial)
CM	Membre dans un Cluster
CH	Cluster-Head
TNC	Il n'appartient à aucun cluster temporairement

NC indique qu'un véhicule n'appartient à aucun cluster, CM en tant que véhicule appartenant à un cluster, CH en tant que la tête de cluster et TNC indique que le véhicule a perdu son CH.

Définition 2 : (liste des voisins)

Chaque véhicule envoie périodiquement un message de type « HELLO » et les véhicules qui reçoivent ce type de message mis à jour sa table des voisins par les informations de l'expéditeur du message. La figure 08 montre la structure de la liste des voisins (déclarée au niveau du simulateur OMNeT).

```
//structure de parametre des voisins
struct voisin{
    Coord position;
    int stat;
    LAddress::L2Type myId ;
    double speed;
    simtime_t time;
};
//liste des voisins
std::list<voisin> liste_voisin;
```

Figure 08 : La structure de la liste des voisins d'un véhicule

Définition 3 : (Types des messages)

Nous avons créé trois types de message :

1^{er} type : « je deviens ton ch » envoyé par un Cluster-Head.

2^{ème} type : « Je veux devenir membre de cluster » envoyé par un véhicule qui n'appartient pas à un cluster à fin de solliciter un CH parmi ces voisins.

3^{ème} type : « Hello » message périodiquement envoyé par les véhicules qui se trouvent dans l'état CM ou TNC.

3.2.1 Les étapes de SHC-HS

SHC-HS est composé de trois procédures (réception d'un message de control, sélection CH et maintenance de cluster).

a) 1^{ère} procédure - Réception d'un message de control

Cette partie est exécutée par tout véhicule, si le message reçu est de type « je deviens ton ch » et la véhicule est dans l'état NC alors la véhicule change leur état à « CM ».

Si le message reçu est de type « Je veux devenir membre de cluster » ; il répond par un message de type « je deviens ton ch ». Dans le cas contraire la fonction `Modifier_voisin ()` est appelé pour mettre à jour la liste des voisins. Cette dernière est une fonction qui ajout un voisin dans la liste des voisins s'il n'existe pas sinon fait la mise à jour de ces données, et cherche dans la liste s'il existe un cluster-head (CH) et envoie un message de type « Je veux devenir membre de cluster ». Cette procédure est présentée par un organigramme (voir la figure 09).

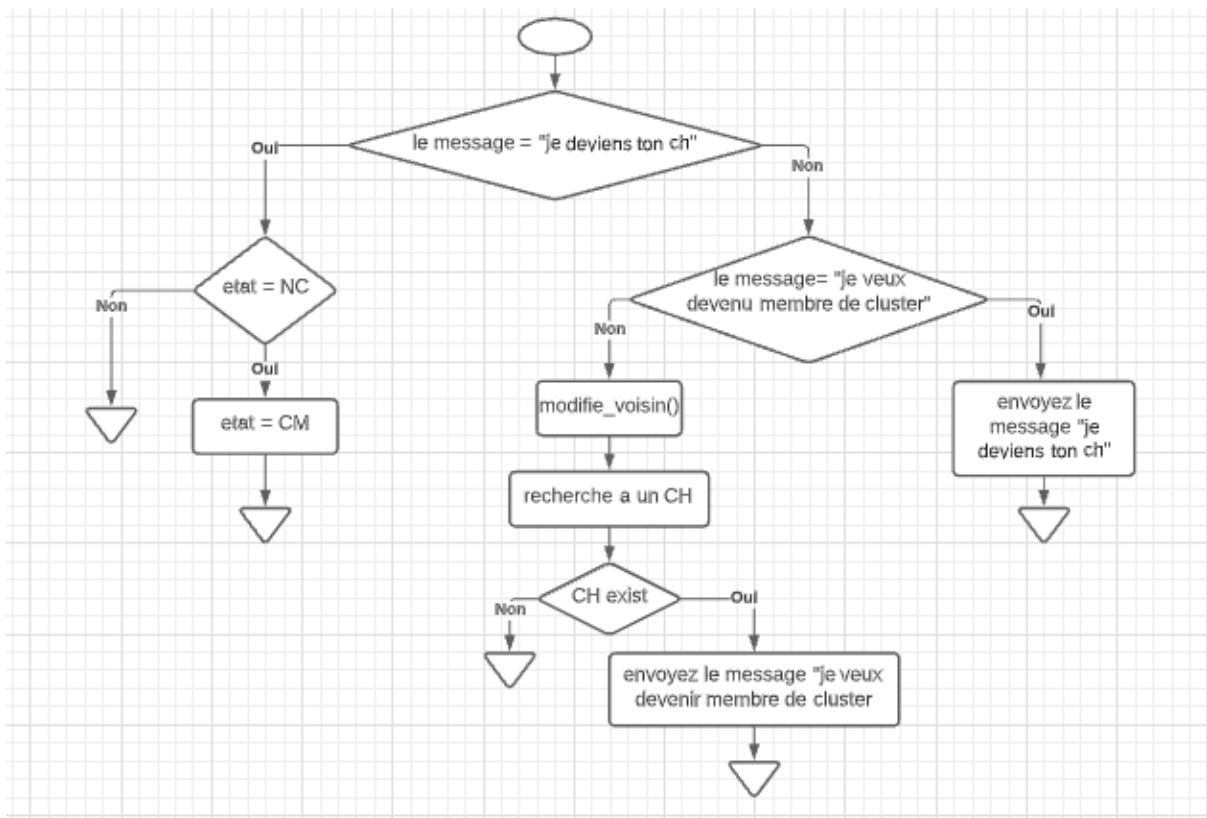


Figure 09 : Réception d'un message de control

b) 2^{ème} procédure - Sélection de CH.

Dans cette étape, on va tester si l'état de véhicule est « NC » ou « TNC » alors fait l'appel à la fonction `max_vitesse ()`. Cette fonction retourne la vitesse maximum des voisins inscrits dans la liste des voisins et teste si la vitesse du véhicule est plus grande que la

vitesse maximum des nœuds voisins alors changer son état à CH. La phase de sélection CH est illustrée par un organigramme dans figure 10.

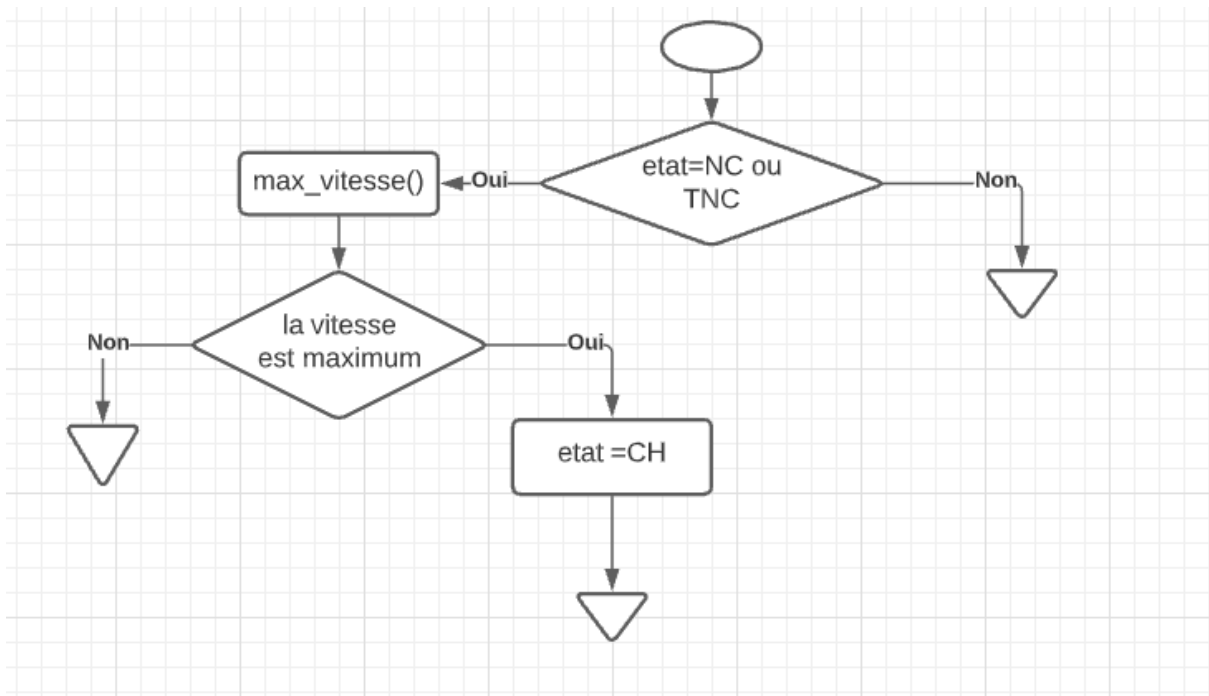


Figure 10 : Phase Sélection CH

c) 3^{ème} Procédure - Maintenance de cluster

Tout d’abord chaque véhicule teste si son état est CH et cherche dans la table des voisins s’il existe des véhicules voisins dont leur état est TNC. Si Oui, envoyer un message « je deviens ton ch » et supprime les véhicules déconnectés de la liste des voisins.

Si l’état du véhicule est « CM » ce dernier cherche son CH et s’il le trouve, il teste le temps de communication. En cas ou, le temps de communication est de long durée alors la véhicule doit le supprimer le CH et changé l’état au TNC et envoyer le message « Je veux devenir membre de cluster ». La Procédure de maintenance est montrée dans figure 11.

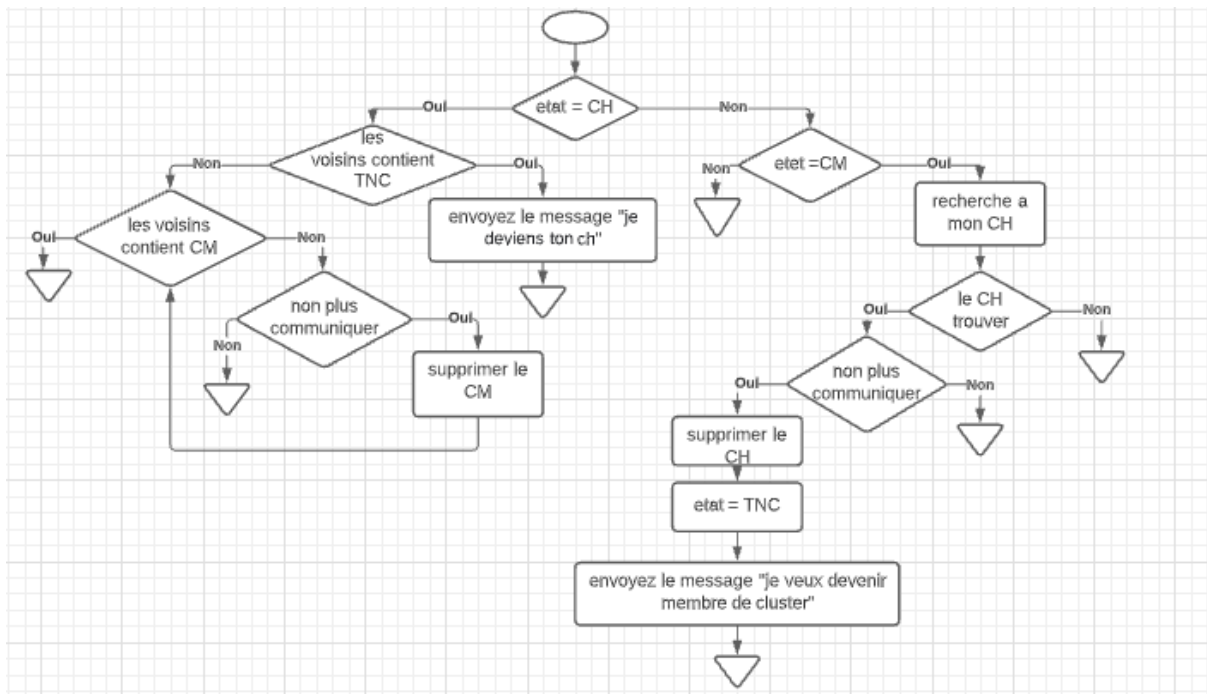


Figure 11 : Phase de Maintenance

3.3 Simulation

Nous simulons notre proposition sous le simulateur OMNET ++ (version 5.6.2), VEINS (version 5.1) et SUMO (version 1.8).

3.3.1 Environnement de travail

3.3.1.1 OMNeT++

Objective Modular Network Test-bed in C++ (OMNet++) est un environnement de simulation modulaire à base de composants (Open Source). Son domaine d'application principal est celui des réseaux de communication. OMNeT++ présente une architecture générique et flexible ce qui lui permet aussi d'être efficace dans d'autres domaines tels que les systèmes informatiques, les réseaux de files d'attente, des architectures matérielles, ou même des processus d'affaires [25].

➤ Architecture d'OMNeT++

L'architecture du modèle OMNeT++ se compose de plusieurs modules hiérarchiquement imbriqués qui sont :

- Le module système

- Modules simples (les feuilles) : programmés en C++ encapsulant le comportement d'un réel d'un système. Pour chaque module simple correspond un fichier « .cc » et un fichier « .h ».
- Modules composés : constitués d'un ou de plusieurs modules simples ou des modules composés reliés entre eux. Les paramètres, les ports et les modules de chaque module sont spécifiés dans un fichier « .ned ». L'architecture d'OMNET++ est visualisée dans la figure suivante.

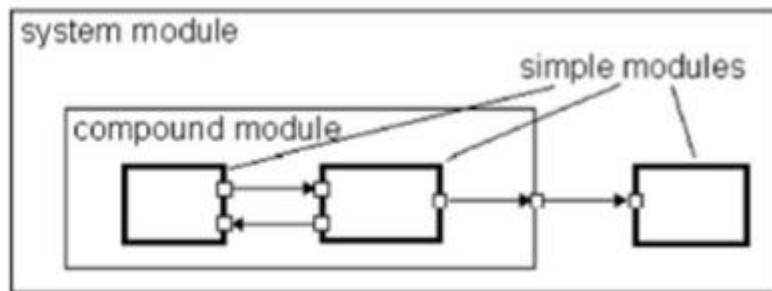


Figure 12 : Architecture modulaire du simulateur OMNeT++ [25]

Dans la construction d'un nouveau programme de simulation, il y'aura à chaque fois des informations chargées dynamiquement telles que la topologie du réseau à partir des fichiers « .ned » et les configurations sont disponibles dans les fichiers « .ini ». Lors de la simulation, différents fichiers « trace » seront remplis. Les deux fichiers « .vec » et « .sca » seront utiles lors du traçage de la courbe et de représentation des résultats [25].

3.3.1.2 VEINS Framework

VEINS [26] est un Framework open source qui permettent d'exécuter des simulations des réseaux ad-hoc véhiculaires VANET. Il est basé sur deux simulateurs qui sont OMNeT++ et SUMO. Son architecture est illustrée dans la Figure 13. Les deux simulateurs sont combinés pour offrir une plateforme complète de modèles pour la simulation des VANET. La simulation du trafic routier est effectuée par SUMO, qui est désigné pour le domaine de l'ingénierie de trafic. La simulation des communications réseaux est effectuée par OMNeT++ avec la modélisation de la couche physique grâce au modelés MIXIM [27], ce qui permet

d'employer des modèles précis pour les interférences radio, ainsi que l'observation par des obstacles fixes et mobiles.

3.3.1.3 Le simulateur SUMO

SUMO « Simulation of Urban MObility » est un logiciel open source disponible pour Windows et Linux, qui permet d'effectuer des simulations de trafic routier. Il est très portable et nécessite uniquement l'installation des bibliothèques C++. Il permet la simulation de trafic microscopique, multi-modal, et de simuler la manière dont une demande de trafic donnée qui se compose de véhicules individuels se déplace à travers un réseau routier donné [28].

➤ La liaison OMNET++, VEINS et SUMO

Avec Veins, chaque simulation est effectuée en exécutant deux simulateurs en parallèle : OMNeT ++ (pour la simulation de réseau) et SUMO (pour la simulation du trafic routier). Les deux simulateurs sont connectés via un socket TCP. Le protocole de cette communication a été normalisé sous le nom de Traffic Control Interface (TraCI). Cela permet une simulation bidirectionnelle couplée du trafic routier et du trafic réseau. Le mouvement des véhicules dans le simulateur de trafic routier SUMO se traduit par le mouvement des nœuds dans une simulation OMNeT ++.

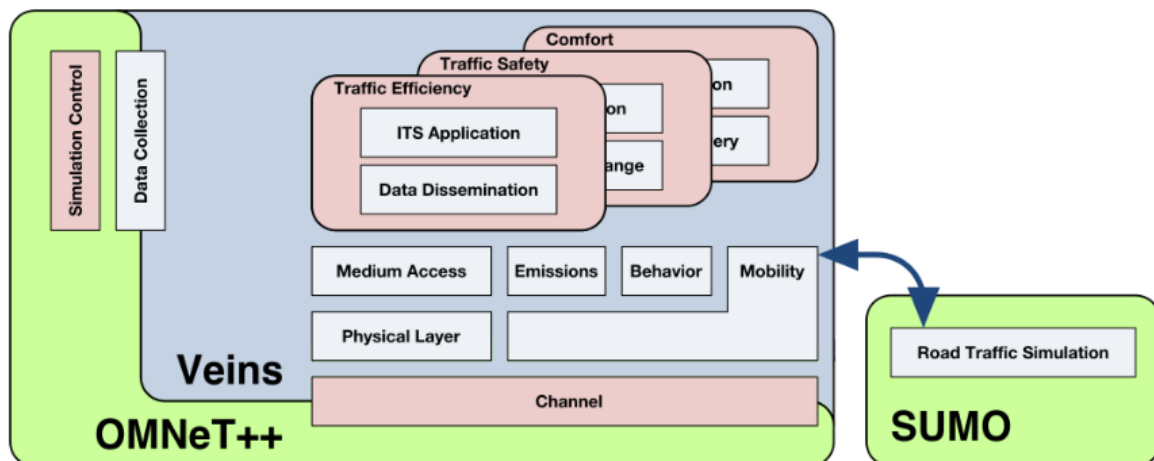


Figure 13 : Architecture de l'environnement de travail [29]

➤ Installation De l'IDE

- Ouvrez le répertoire OMNET
- Cherchez le programme Mingwenv.cmd et double-cliquez dessus pour le démarrer, une console devrait s'afficher.
- Tapez la commande suivante : **./configure** et attendez que la configuration soit terminée.
- Tapez ensuite la commande suivante : **make** et attendez que la compilation se termine.
- Tapez la commande suivante : **omnetpp**. Ceci va démarrer le simulateur OMNET++.
- Pour pouvoir démarrer OMNET à partir du bureau, vous devez faire les configurations suivantes :
 - Fermez OMNET++
 - Fermez mingwenv.cmd
 - Repérez l'exécutable omnetpp.exe dans le répertoire IDE
 - Double-cliquez dessous et choisissez : envoyer vers bureau pour créer un raccourci sur le bureau.
 - Allez sur les paramètres avancés du système Windows, cliquez sur Variables d'environnement, choisissez la variable PATH et ajouter lui le chemin suivante : <repertoire omnet>/bin. <repertoire omnet> représente le nom exacte du répertoire OMNET.
 - A présent, vous pouvez démarrer OMNET++ directement à partir du bureau.

3.3.2 Implémentation de l'algorithme SHC-HS

Tout d'abord nous avons importé le package « veins »t comme illustré dans la figure 14. On implémente notre algorithme dans les fichiers cluster.h et cluster.cc qui hérite de BaseWaveAppLayer.h et BaseWaveAppLayer.cc qui sont trouvé dans le dossier src/veins/modules/application.

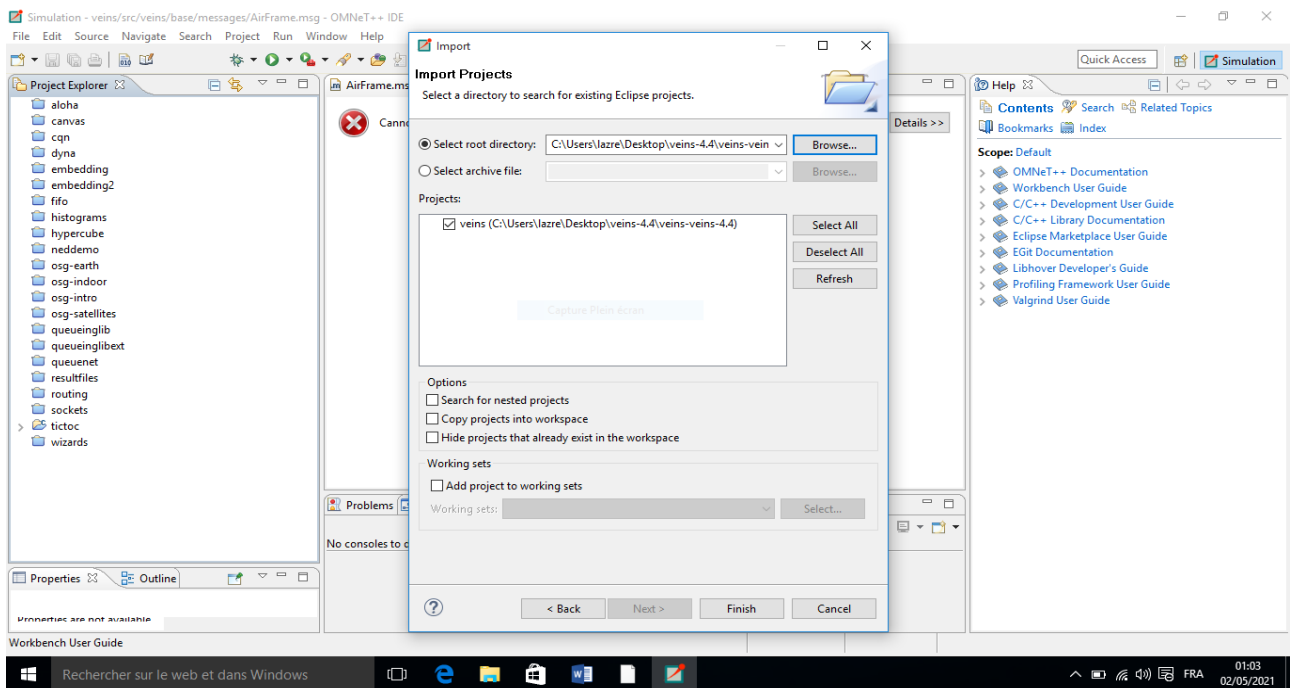


Figure 14 : Importation de package « veins » .

La figure 15 présente la carte routière utilisée lors de nos simulations.

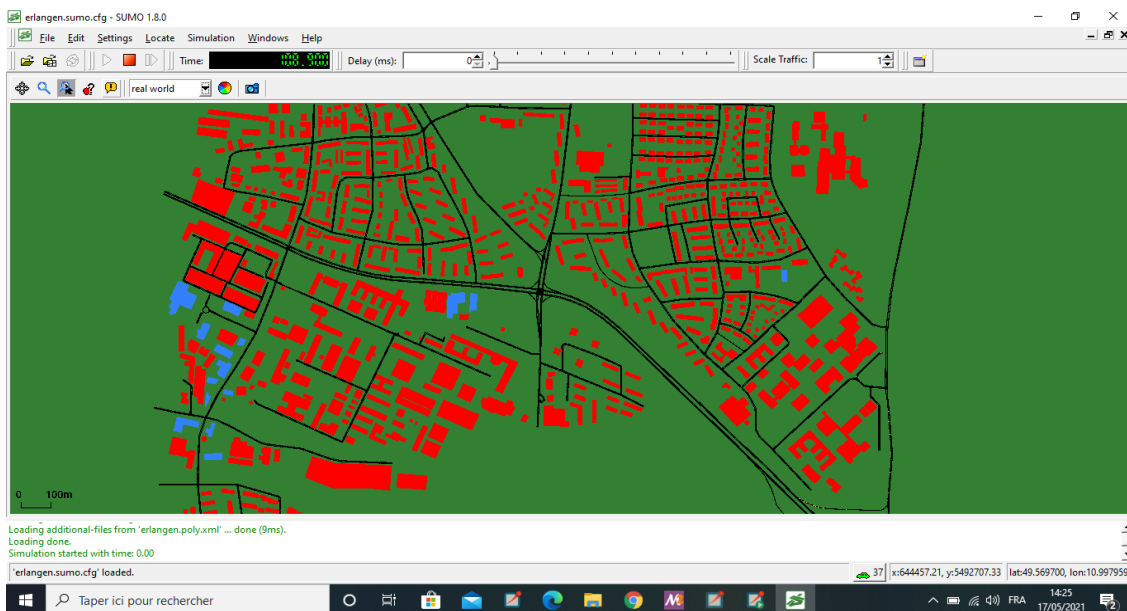


Figure 15 : Une carte routière

3.3.3 Paramètres de simulation

Paramètre	Valeur
Temps de simulation	{200, 300, 400}
Simulation area	2500m*2500m
Range de transmission	{100, 200, 300}
Le temps de transmission des messages périodiques	1 s
Temps de maintenance	{5, 10, 15}

Tableau 03 : paramètres de simulation

3.4 Le scénario :

Les véhicules circulent sur les routes de la carte routière présentée dans la figure 15 avec le même point de départ. Au début de simulation, les véhicules prennent la couleur « blanche ». La figure 16 présente un aperçu de simulation où les véhicules ont des couleurs différents (CH prend la couleur rouge et les véhicules avec l'état CM prennent la couleur bleu).

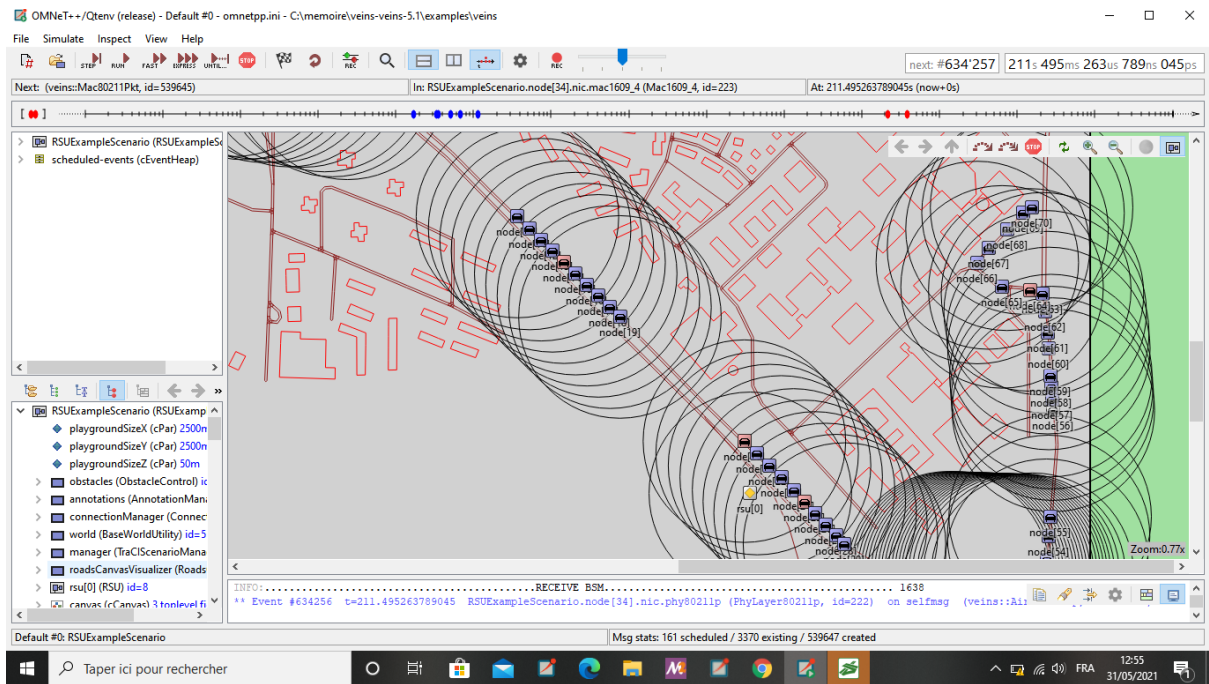


Figure 16 : aperçu d'une simulation

2.5 Les resultats

a) Le nombre des clusters

Dans VANET, en raison du mouvement très dynamique des véhicules, des clusters sont créés et disparaissent fréquemment au cours de l'exécution. La figure 17 montre le nombre des clusters sous différentes plages de transmissions et temps de simulation. Le nombre de clusters diminue avec un rayon de de transmission élevé.

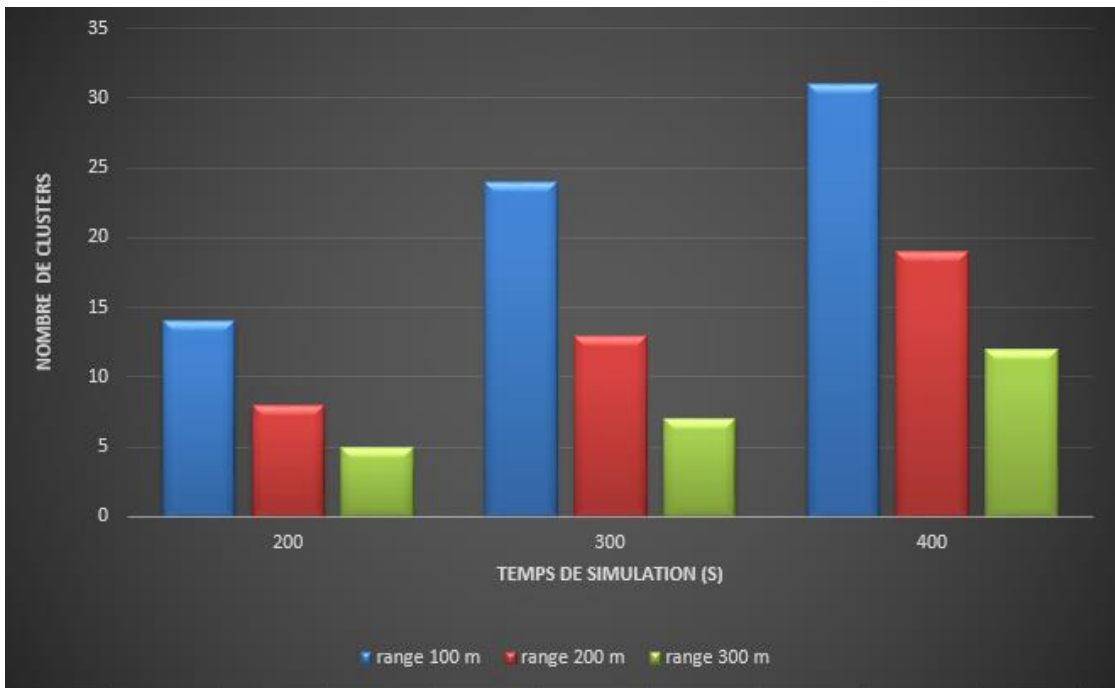


Figure 17 : Nombre de cluster

b) Délai d'attente avant une nouvelle sélection de CH

C'est la durée pendant laquelle un véhicule reste en dehors de cluster après avoir perdu son CH. La figure 18, présente la moyenne des durées de vie des véhicules sans CH en variant la durée d'appel de la fonction de maintenance (5s, 10s et 15s), on voit que le délai d'attente moyen (sans CH) augmente avec l'augmentation de durée d'appel de maintenance.

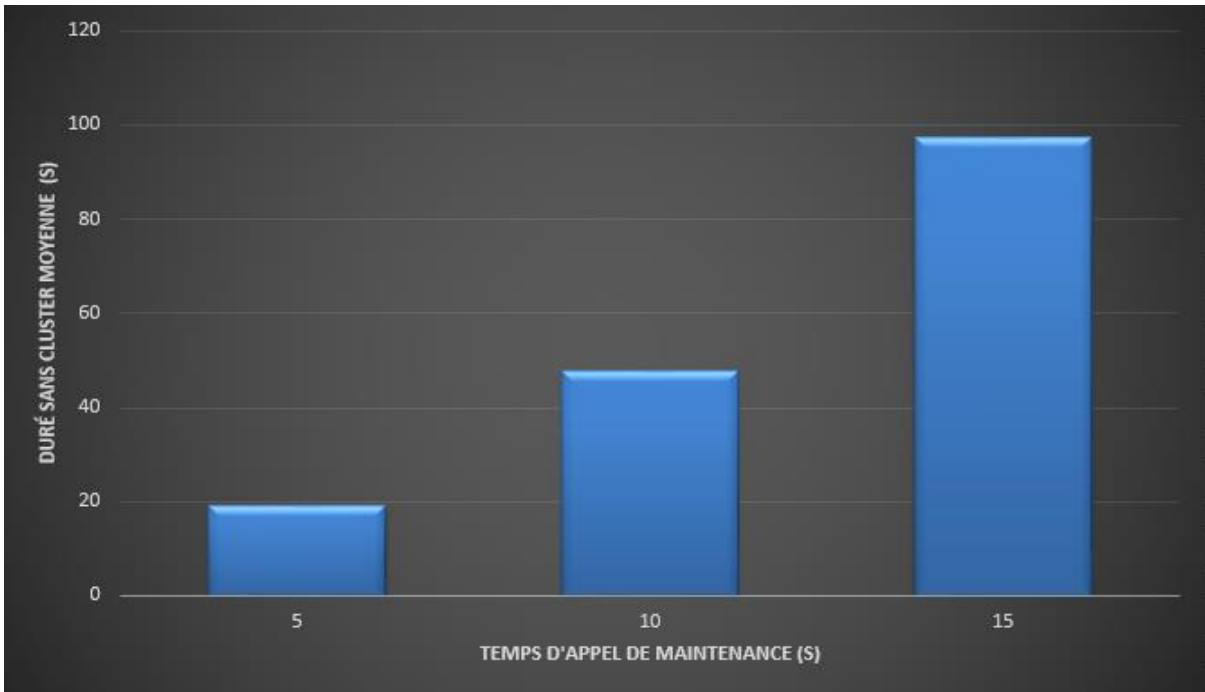


Figure 18 : délai d'attente moyen avant une nouvelle sélection de CH

c) Nombre des messages

La figure suivante illustre le nombre des messages reçus suivant le temps de simulation. Le nombre des messages augmente avec le temps de simulation.

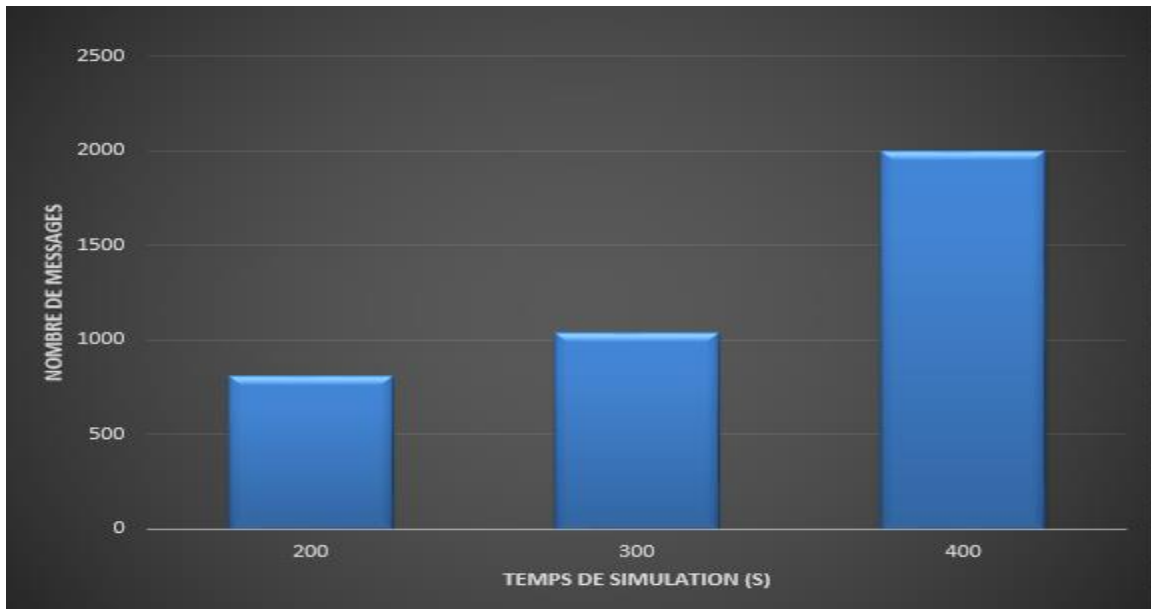


Figure 19 : Nombre de messages vs temps de simulation

d) Durée de vie moyenne de membres de cluster

La durée de vie moyenne d' CM est définie comme la durée de vie moyenne d'un véhicule au sein d'un cluster avant de quitter son cluster.

La figure 20 montre la durée de vie moyenne d'un CM en fonction de variation du rayon de transmission des véhicules, la durée de vie de CM est élevée lorsque le rayon de transmission du véhicule est très large (le véhicule perd rapidement le CH lorsque le rayon de transmission est serré).

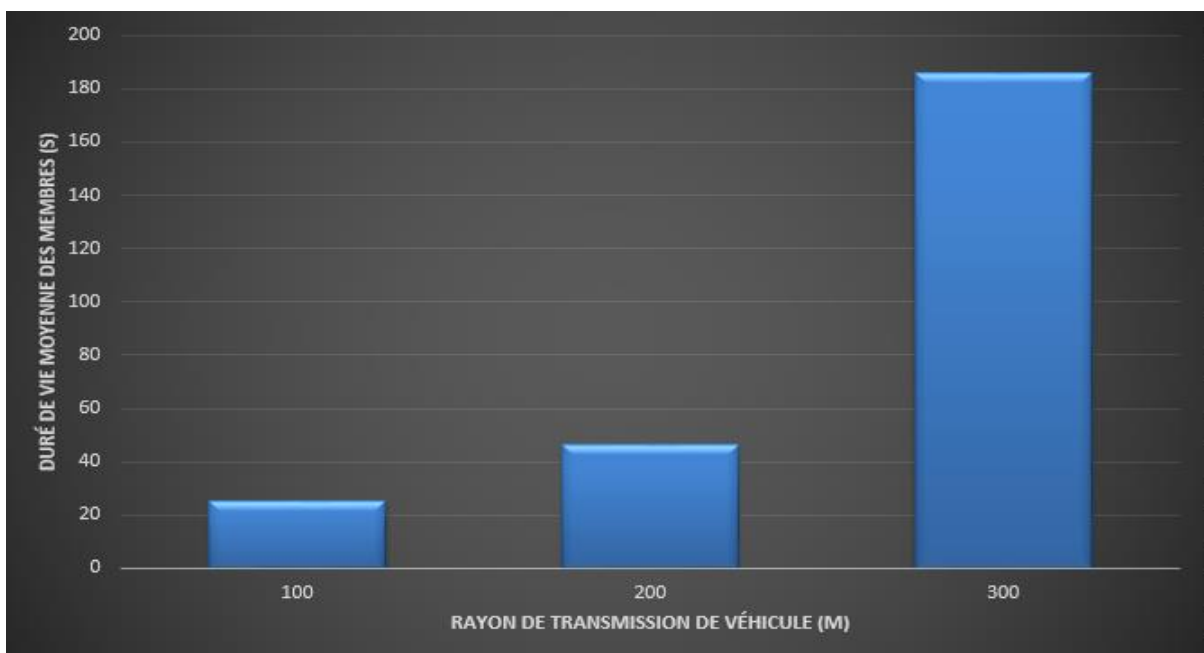


Figure 20 : durée de vie moyenne des membres de cluster

3.6 Conclusion

Dans cette étude, un mécanisme de clustering (SHC-HS) a été proposé pour les réseaux VANET. SHC-HS est un schéma de clustérisations à un seul-hop reposant sur la vitesse maximum des véhicules voisins.

SHC-HS est simulé sous le simulateur omnet ++ et les résultats montrent que notre modèle réalise la formation et la stabilité des clusters.

Conclusion Générale

Un réseau des véhicules va ouvrir une pléthore de services à un grand nombre de spectateurs qui se révèlent être de sauver des vies ainsi que le plaisir. Il y a de nombreux défis qui doivent être abordés lors de la création d'un réseau ad-hoc de véhicules. L'un des défis auxquels font face les réseaux ad-hoc est la topologie du réseau qui change rapidement. Les véhicules dans un VANET ont un degré élevé de mobilité.

L'organisation en clusters est bien adaptée aux VANET car des groupes naturels se forment aux intersections ou sur autoroute. L'objectif est d'introduire des structures stables dans un système globalement instable. Parmi les critères utilisés dans les différents protocoles et algorithmes de clustering que nous avons présentés, nous avons principalement retenu : la position géographique, la distance entre véhicules, la vitesse et la vitesse relative au sein du groupe et la direction de déplacement.

Dans cette étude, nous avons proposé un schéma de clustering qui assure la formation et la maintenance des clusters.

Perspectives

L'approche proposée dans cette étude a été basée sur la vitesse maximum entre les nœuds voisins. Pour les futurs travaux, nous proposons :

- Comparer notre approche avec les travaux existants qui sont basé sur d'autre métrique (comme la vitesse relative).
- Modifier l'approche proposée en introduisant la vitesse relative.
- Améliorer l'approche proposée à fin qui elle puisse forme des clusters avec k-saut.
- Simuler SHC-HS avec des scénarios en implémentant nos réseaux routiers.

Bibliographie

Articles de revue

- [1] : Song, Tao, et al. « A cluster-based directional routing protocol in VANET» Communication Technology (ICCT), 2010 12th IEEE International Conference on. IEEE, 2010.
- [2] : Sharef, Baraa T., Raed A. Alsaqour, and Mahamod Ismail. « Vehicular communication ad hoc routing protocols : A survey. » Journal of Network and Computer Applications 40 (2014) : 363-396.
- [4] : ADETUNDJA ADIGUN «gestion de l'anonymat et de la traçabilité dans les réseaux véhiculaires sans fil », mémoire de maîtrise, Département de mathématiques et informatique appliquées. Université du Québec à Trois-Rivières, Octobre 2013.
- [5] : Ali Kahina Ait, Modélisation et étude de performances dans les réseaux VANET, Thèse de doctorat, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2012.
- [6] : Rejab Hajlaoui. Résolution à base d'heuristiques du problème de routage dans les réseaux ad hoc de véhicules. Réseaux et télécommunications [cs.NI]. Université Bourgogne Franche-Comté, 2018. Français.
- [7] : Yasinac Alec and Carter Stephen, Secure Position Aided Ad hoc Routing, Florida State University, 2002.
- [8] : Jonathan Petit, “Surcoût de l'authentification et du consensus dans la sécurité des réseaux sans fil véhiculaires ”, l'Université Toulouse III - Paul Sabatier, 13 Juillet 2011.
- [10] : IEEE P1609.1 SWG, “IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)”, Resource Manager, IEEE Computer Society, 2006.
- [11] : IEEE P1609.2 SWG, “IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)”, Security Services for Applications and Management Messages, IEEE Computer Society, 2006.
- [12] : IEEE 1609.3 SWG, “IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)”, Networking Services. IEEE Computer Society, 2010.

- [13] : IEEE 1609.4 SWG, “IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)”, Multichannel Operation. IEEE Computer Society,2010
- [14] : Elizabeth M. Belding-Royer. Hierarchical Routing in Ad Hoc Mobile Networks. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2(5) :515–32, 2002.
- [15] : M. Re, L. Khoukhi, H. Labiod, J. Zhang and V. Veque, “A mobility-based scheme for dynamic clustering in vehicular ad-hoc networks (VANETs)”, *IEEE/IFIP NOMS Workshop: International Workshop on Urban Mobility & Intelligent Transportation Systems (UMITS)*, 2016.
- [16] : Anthony Ephremides, Jeffrey E. Wieselthier, and D.J. Baker. « A Design Concept for Reliable Mobile Radio Networks With Frequency Hopping Signaling ». *Proceedings of the IEEE*, 75(1) :56 – 73, January 1987. ISSN 0018-9219.
- [17] : Ching Chuan Chiang, Hsiao-Kuang Wu, Winston Liu, and Mario Gerla. « Routing In Clustered Multihop, Mobile Wireless Networks With Fading Channel », In *Proceedings of the IEEE Singapore International Conference on Networks (SICON’97)*, pages 197–212, Singapore, August 19 1997. IEEE.
- [18] : F. Bai, N. Sadagopan and A. Helmy, “The important framework for analyzing the Impact of Mobility on Performance Of Routing protocols for Adhoc Networks”, *Ad Hoc Networks journal*, pp. 383–403, 2003.
- [18] : A.v. Sutagundar, P. Hubballi and R. Belagali, “Stability Oriented Cluster Dynamism in VANET (SOCDV)”, *IEEE 2016 International Conference on Computational Systems and Information Systems for Sustainable Solutions*, 2016.
- [19] : J. P. Singh and R. S. Balib, “A Hybrid Backbone Based Clustering algorithm for Vehicular Ad-Hoc networks”, *International Conference on Information and Communication Technologies*, Elsevier, 2015.
- [20] : Amin Ziagham Ahwazi et MohammadReza NooriMehr ” Mobility-Aware Single-Hop Clustering Scheme for Vehicular Ad hoc Networks on Highways”, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 7, No. 9, 2016.
- [21] : M. Re, L. Khoukhi, H. Labiod, J. Zhang and V. Veque, “A mobility-based scheme for dynamic clustering in vehicular ad-hoc networks (VANETs)”, *IEEE/IFIP NOMS Workshop: International Workshop on Urban Mobility & Intelligent Transportation Systems (UMITS)*, 2016.

- [22] : J-H Kwon, H. S. Chang, T. Shon, J-J. Jung and E-J. Kim, “Neighbor stability-based VANET clustering for urban vehicular environments”, Journal of Supercomputing, Vol. 72 Issue 1, pp. 161-176, 2016.
- [23] : A. Abuashour and M. Kadoch, “A Cluster-Based Life-Time Routing Protocol in VANET”, 4th IEEE International Conference on Future Internet of Things and Cloud, 2016.
- [24] : Amin Ziagham Ahwazi et MohammadReza NooriMehr ” Mobility-Aware Single-Hop Clustering Scheme for Vehicular Ad hoc Networks on Highways”, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 7, No. 9, 2016..
- [25] : A.Varga, “Using the OMNET++ discrete event simulation system in education”, IEEE Transactions on Education, 42 (4), 1999
- [26] : W.Celimuge and S.Ohzahata, “Vanet broadcast protocol based on fuzzy logic and lightweight retransmission mechanism”, IEICE transactions on communications, vol. 95, no. 2, pp. 415–425, 2012
- [27] : Kopke, A.Swigulski, M.Wessel, K.Willkomm, D.Haneveld, P.K.Parker, T.Visser, O.Lichte, and H.S.Valentin, “Simulating wireless and mobile networks in OMNeT++ - The MiXiM vision”, PhD thesis, ICST Brussels Belgium, 2008.
- [28] : MJ.Thinus Booyesen, MJ.booyesen at sun dot ac dot za, “Simulating VANET and ITS (using OMNeT++ and SUMO)”, University STELLENBOSCH, In Seminar at UniRC –Jul 2012

Documents web

- [3]<http://dspace.univguelma.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1213/rima%26hayet.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Consulté le 02/02/2021
- [9]<http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/11132/1/Ms.Tel.Brahmi%2BCherif.pdf> Consulté le 10/02/2021
- [29] <https://veins.car2x.org/documentation/> Consulté le 08/04/2021