

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE de mathématiques et d'informatique

DEPARTEMENT L'INFORMATIQUE

N° :.....



DOMAINE : mathématiques et informatique

FILIERE : L'INFORMATIQUE

OPTION : IDO

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: Djebblahi Amel

Intitulé

**UNE APPROCHE
BIO-INSPIRE POUR LA RESOLUTION DES
PROBLEMES MULTI OBJECTIFS**

Soutenu devant le jury composé de :

.....

Université de M'sila

Président

GUERNA Abderrahim

Université de M'sila

Rapporteur

.....

Université de M'sila

Examineur

Année universitaire : 2019 /2020

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE de mathématiques et d'informatique
DEPARTEMENT L'INFORMATIQUE
N° :.....



DOMAINE : mathématiques et informatique
FILIERE : L'INFORMATIQUE
OPTION : IDO

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par: Djebblahi Amel

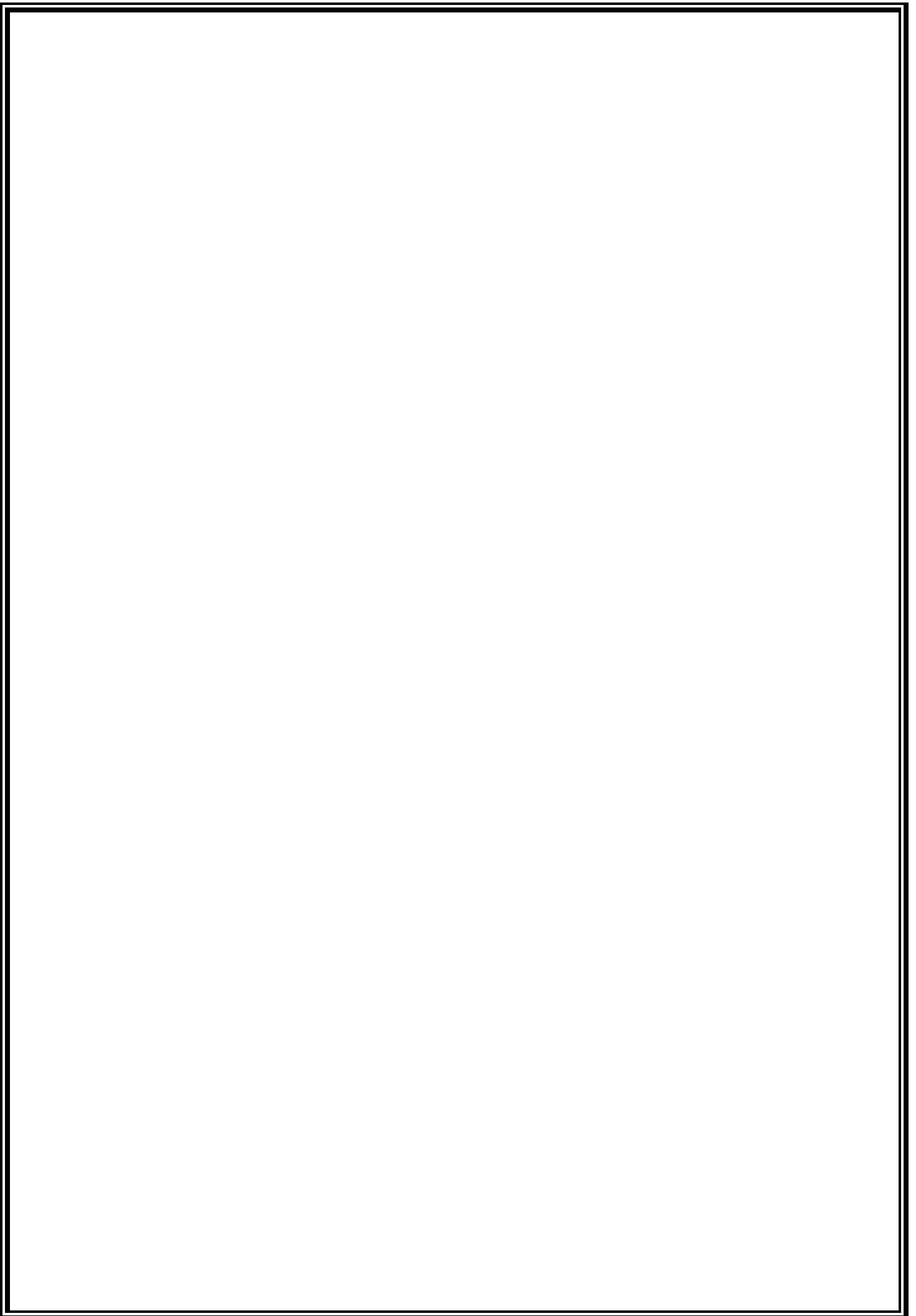
Intitulé

**UNE APPROCHE
BIO-INPIRE POUR LA RESOLUTION DES
PROBLEMES MULTI OBJECTIFS**

Soutenu devant le jury composé de :

.....	Université de M'sila	Président
GUERNA Abderrahim	Université de M'sila	Rapporteur
.....	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2019 /2020



Dédicace

*Je dédie ce
travail à mes
chers parents.
leur amour et
patience.
A mes frères et
sœurs qui n'ont
pas cessé de
m'encourager*

Remerciements

*j' adresse ma sincères
remerciements à tous ceux qui
ont contribué d'une manière ou
d'une autre à la réalisation de ce
travail: L'ensemble des
enseignants du département
d'informatique, surtout mon
enseignant*

*Abderrahim Guerna
qui a contribué efficacement à
mon formation, qui a bien voulu
répondre à mes questions et Je
tiens à remercier Ma famille*

TABLE DES MATIERES

Table des matières

Liste des tableaux	vii
liste des figures.....	vii
Introduction générale	02
Chapitre01 :Les réseaux véhiculaires ad hoc (VANETs)	
1.Introduction	06
2.Les problèmes d'optimisation.....	06
1.1. L'optimisation Combinatoire.....	07
1.2. Problème d'optimisation mono-objectif.....	07
1.3. Problèmes d'optimisation combinatoire multiobjectif	07
3.Classes des problems.....	08
3.1 .Classe P.....	08
3.2. Classe NP.....	08
4. Notion de réduction.....	09
4.1 Réduction polynomiale	09
5. Déploiement des stations de base routières : un aperçu.....	10
5.1.Zone de couverture et de transmission.....	10
5.2. Connectivité de réseau	10
5.3. Le coût de déploiement	11
6. Les réseaux Mobiles.....	11

6.1. Définition de la mobilité.....	11
6.2. Définition d'un réseau mobile.....	11
6.3. Classification des réseaux mobiles.....	12
7. Les réseaux véhiculaire ad hoc (VANETs).....	13
7.1. Définition d'un réseau véhiculaire ad hoc.....	14
7.2. Caractéristiques des réseaux véhiculaires Ad hoc.....	15
7.3. Les applications.....	16
7.4. Les modes de communication dans les réseaux VANET.....	17
7.5. L'architecture d'un réseau véhiculaire	19
7.6. Défis des VANETs.....	21
8. Conclusion.....	22
 Chapitre 02 :Placement des unités au bord de la route (RSUs)	
1. Introduction.....	24
2. Définition d'une RSU.....	24
3.Objectif d'une RSU.....	24
4. Politiques et problèmes de déploiement des RSUs.....	25
5. Solutions proposées : méthodes du placement des RSUs.....	26
5.1. Placement des RSUs à base de Diagramme de Voronoi.....	26
5.2. Placement des RSUs par l'algorithme évolutionnaire.....	29
5.3. Heuristique d'optimisation par expansion de ballon (méthode BEH).....	30
5.4. Placement des RSUs à base de priorité d'intersection	32

6. Synthèse.....	33
7. Conclusion.....	34
Chapitre 03 :GICA : Une stratégie évolutive pour le déploiement des unités routières dans les réseaux véhiculaire	
1.Introduction.....	36
2. GICA : Modèle de système et détails de la proposition	36
2.1 .Définition 1.....	37
3. Algorithme de couverture des intersections génétiques (GICA) pour le déploiement des RSU.....	39
3.1. VANET: Notre proposition.....	39
3.2. Codage individuel et initialisation.....	39
3.3. Critère d'arrêt.....	41
4.Etude Expérimentale.	41
4.1.Paramétrage.....	41
4.2.Résultats.....	42
5. Conclusion.....	45
Conclusion générale.....	47
Bibliographie.....	49

Liste des tableaux

N°	titre des tableaux	N° de page
01	JEU DE DONNÉES BASÉ SUR DES TOPOLOGIES RANDOM STREET	42
02	RÉGLAGES ET VALEURS DES PARAMÈTRES	43
03	RÉSUMÉ DES RÉSULTATS	43

liste des figures

N°	Titre de l'image	N° de page
01	Domaine de solution	07
02	La Réductibilité	09
03	Les types de connectivité	11
04	Mode infrastructure	12
05	Réseau ad hoc	13
06	Un réseau VANET vs MANET	14
07	Hiérarchie des réseaux sans fil.	14
08	Application de gestion de trafic routier	17
09	Modes de communication dans un réseau VANET	18
10	L'architecture d'un réseau véhiculaire	21
11	Exemple de 8 RSUs déployées suivant la politique du déploiement des coûts minimum	26
12	Maximiser les portées indiquées pour 9 RSUs (le cercle représente la portée physique; le polygone représente la portée étendue)	28
13	l'expansion par ballon	31
14	Couverture d'intersection par des RSU	38
15	Codage individuel	39
16	Fonctionnement croisé	40
17	Operation de mutation.	40
18	Taux de couverture en fonction du nombre d'intersection	44
19	Taux de chevauchement lors de la variation du nombre d'intersections	44
20	Numéro de RSU généré en fonction du nombre d'intersections	45

INTRODICTION GENERAL

Partout dans le monde, et spécialement dans les zones urbaines, chaque maison possède généralement un ou plusieurs véhicules ; cette situation a un impact mondial sur les embouteillages et les accidents de la route, en plus d'avoir un impact négatif sur l'environnement et, en général, sur la sécurité et le bien-être des citoyens. Pour faire face à ce défi, plusieurs efforts ont été faits pour améliorer la gestion du trafic et rendre les transports plus sûrs et plus confortables. Par conséquent, les nouveaux véhicules sont intégrés dans le cadre d'un nouveau système connu sous le nom de système de transport intelligent (ITS) , dans lequel ces véhicules fonctionnent comme des nœuds d'un réseau connecté appelé réseau ad hoc véhiculaire (VANET). VANET est un réseau sans fil basé essentiellement sur un mode de communication de véhicule à véhicule (V2V) qui assure la transmission de messages entre deux ou plusieurs véhicules se trouvant dans la même portée de transmission . Les caractéristiques particulières des environnements véhiculaires, telles que le comportement variable du conducteur, les degrés élevés de mobilité et la topologie dynamique, ont un impact sur la durée de vie de la liaison inter-véhicules , qui est généralement faible. Pour relever les défis associés aux communications V2V, y compris le fait de sauter les limites de la plage de couverture des véhicules, des unités routières (RSU) peuvent être déployées pour fournir des communications entre véhicules et unités routières (V2R). Dans les communications V2R, les unités routières (RSU) peuvent jouer un rôle important pour améliorer la sécurité de conduite, la gestion du trafic ou même fournir aux conducteurs et aux passagers un accès Internet . Cependant, malgré leurs nombreux avantages, dans les premiers stades de déploiement de ces technologies, la présence de RSU devrait être réduite en raison des coûts élevés de déploiement et de maintenance, en particulier lorsqu'ils sont établis à grande échelle. En fait, placer ces RSU, pour améliorer les performances du réseau véhiculaire, devient un problème important, nécessitant de déterminer les endroits optimaux dans une région donnée avec un nombre limité de RSU afin d'obtenir une connectivité réseau maximale.

Dans une zone urbaine ou suburbaine, les RSU peuvent généralement être déployées aux intersections pour fournir des performances de connectivité optimales . Dans ce modèle, toutes les intersections étaient considérées comme des emplacements candidats. De cette manière, le problème de placement des RSU est défini comme le processus de recherche de la meilleure combinaison d'UAR sur les emplacements candidats en fonction de conditions données pour répondre aux exigences demandées (par exemple, meilleure connectivité, couverture, faible coût de déploiement). Par conséquent, le déploiement de RSU est formulé

comme un problème d'optimisations multi-objectives, avec de multiples objectifs tels que la maximisation de la priorité d'intersection (couverture d'intersection) et la minimisation du coût de déploiement de RSU.

Ce problème de déploiement de RSU est considéré comme un problème d'optimisation combinatoire, et s'est également avéré être NP-difficile . Malheureusement, pour un problème NP-difficile, la performance d'une recherche exhaustive n'est pas satisfaisante car le nombre de solutions possibles, augmentant de façon exponentielle avec la taille des solutions possibles (n instances) .

En raison de sa complexité de calcul, les algorithmes exacts ne conviennent pas pour résoudre ce type de problème . En effet, les meilleures solutions de cette classe de problèmes sont générées à l'aide d'algorithmes approchés, souvent appelés métaheuristiques, conduisant à des solutions quasi optimales en un temps de calcul raisonnable. Par conséquent, une approche métaheuristique (appelée également approche approximative) est recommandée pour trouver les emplacements optimaux des RSU avec une complexité réaliste. Pour faire face à ce problème, nous proposons dans cet article une nouvelle intersection génétique Algorithme de couverture (GICA) basé sur le concept de priorité. Puisque notre objectif est de couvrir les rues / routes dans une zone cible, nous introduisons le concept de couverture d'intersection pour fournir les performances de connectivité souhaitées. Pour découvrir les bons emplacements avec un nombre minimum de RSU, nous considérons l'idée de priorité d'intersection. GICA propose de placer les RSU aux intersections par ordre décroissant de priorité d'intersection en fonction de la popularité des intersections et de la densité en termes de nombre de véhicules qu'une RSU placée à cette intersection pourrait couvrir. De cette manière, une RSU peut être placée à l'intersection avec la priorité d'intersection la plus élevée, et ainsi de suite jusqu'à ce que toutes les intersections soient couvertes. Afin de réduire les messages de trafic dupliqués redondants générés par les véhicules, nous analysons les interférences dans la zone de chevauchement couverte par deux RSU différentes (voir figure 2). Par conséquent, nous formulons le problème de déploiement des RSU comme un problème d'optimisation multi-objectif, où la priorité d'intersection, la couverture d'intersection et le brouillage moyen (taux de chevauchement) sont intégrés dans la fonction d'objectif (aptitude) évaluée. Les tests de simulation sont ensuite effectués pour valider cette proposition et comparés à l'algorithme glouton conventionnel proposé pour le déploiement de RSU dans .

Ce manuscrit de thèse est organisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre est un aperçu général sur réseau ad hoc véhiculaire y compris quelques définitions relatives au l'optimisation combinatoire multi objectives. Nous abordons le chapitre avec une première partie qui donne une vue d'ensemble des réseaux véhiculaires en mettant l'accent sur les travaux de standardisation et les projets de recherche réalisés. La seconde partie du chapitre est consacrée à l'optimisation combinatoire multi objectives, où le problème de déploiement des stations de bases routières dans un réseau ad hoc véhiculaire est notre cas d'étude.

Le deuxième chapitre présente un état de l'art sur le problème de déploiement des stations de bases routières dans un réseau ad hoc véhiculaire. Nous décrivons, en plus des travaux récemment réalisés dans ce contexte, les différentes approches de modélisation ainsi que les principaux paramètres que doivent intégrer.

Dans le dernier chapitre nous présentons en détaille notre approche de déploiement (GICA). Notre approche est sera comparé avec l'algorithme glouton en utilisant certains métriques de comparaison.

Le manuscrit se termine par une conclusion générale qui présente une synthèse de l'ensemble de nos contributions et quelques perspectives que nous avons tracées pour la poursuite du travail.

**CHAPITRE 01 : LES RESEAUX VEHICULARES AD HOC
(VANETs)**

1. Introduction

Les réseaux véhiculaires ad hoc (VANETs) sont un nouveau domaine d'intérêt dans la communauté des communications sans fil ainsi que celle des recherches en transport.

Les réseaux VANET ne sont qu'une application des réseaux mobiles Ad hoc (MANET). Les réseaux véhiculaires sont une projection des systèmes de transports intelligents (Intelligent transportation Systems - ITS). Leur objectif principal est d'améliorer la sécurité routière par l'utilisation de la technologie des communications et de l'émergence de dispositifs sans fil à faible coût. Le potentiel des réseaux véhiculaires à fournir des services comme l'information sur le trafic en temps réel ou sur les accidents, font de cette technologie un domaine de recherche très important.

Un problème d'optimisation multi-objectifs consiste donc à trouver une solution optimale qui satisfait plusieurs objectifs. Avant d'entamer ce volet, certaines définitions et terminologies nécessitent un éclaircissement. Dans ce premier chapitre nous allons détailler l'ensemble de ces termes tels que : problème d'optimisation, optimisation combinatoire, et la théorie de la complexité. Nous finissons en suite par la citation de célèbres problèmes qui existent dans la littérature

Dans ce chapitre, nous présentons la mise en réseau, les différentes caractéristiques et les défis des VANETs. Ensuite, nous décrivons les différentes applications de ce réseau ainsi les types et les technologies de communication.

2. Les problèmes d'optimisation

Un problème d'optimisation est défini par une *fonction objectif* f qu'on cherche à *minimiser* (ou *maximiser*), et un ensemble de contraintes que doivent respecter les solutions de ce problème.

2.1. L'optimisation Combinatoire

Définition : un modèle $P = (S, \Omega, f)$ d'un problème d'optimisation combinatoire consiste à :

X : l'ensemble de toutes les solutions pour un problème donné.

$S \subseteq X$: espace de solutions réalisables (admissibles) satisfait les contraintes de

Problème.

Ω : Est un ensemble de contraintes sur les variables.

$f: S \rightarrow N$: Est une fonction à minimiser appelée *fonction objectif*.

L'ensemble S_Ω des solutions réalisables est l'ensemble des éléments de S qui vérifient toutes les contraintes de Ω .

Résoudre un problème d'optimisation combinatoire revient à trouver :

$$s^* \in S_\Omega \text{ t.q. } \forall s \in S_\Omega \quad f(s^*) \leq f(s)$$

- Pour un Pb de maximisation remplacer $f(s^*) \leq f(s)$ par $f(s^*) \geq f(s)$

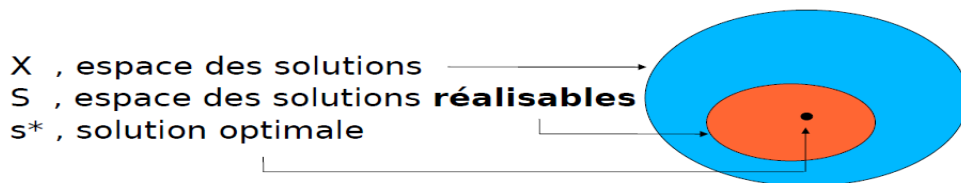


Fig1.1 Domaine de solution

2.2.Problème d'optimisation mono-objectif

Lorsqu'un seul objectif (critère) est donné, le problème d'optimisation est mono-objectif. Dans ce cas la solution optimale est clairement définie, c'est celle qui a le coût optimal (minimal, maximal). De manière formelle, à chaque instance d'un tel problème est associé un ensemble S des solutions potentielles respectant certaines contraintes et une fonction d'objectif $S \in X$ qui associe à chaque solution admissible s de S une valeur $f(s)$.

2.3.Problèmes d'optimisation combinatoire multiobjectif

Un problème d'optimisation multi-objectifs consiste à rechercher les meilleures solutions qui minimisent un nombre m de fonctions, appelées fonctions coût,

$$\text{Min}_{x \in X} Z(X) = (Z_1(X), \dots, Z_m(X))$$

Par rapport à un vecteur X , qui est le vecteur des n variables de contrôle (ou paramètres) : $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$, en satisfaisant un certain nombre de contraintes, explicites comme les

contraintes de borne $x_i^l \leq x_i \leq x_i^s, i = 1, \dots, n$, On se limite aux problèmes de minimisation, puisque la maximisation d'une fonction $f(X)$ peut facilement être transformée en un problème de minimisation :

$$\max(f(X)) = -\min(-f(X))$$

3. Classes des problèmes

3.1. Classe P

Un problème de décision est dans la classe **P** s'il peut être résolu sur une machine déterministe en temps polynomial par rapport à la taille de la donnée. On qualifie alors le problème de polynomial, c'est un problème de complexité $O(n^k)$ pour un certain K . Où : K est une constante et n la taille des données.

Un exemple de problème polynomial est celui de la connexité dans un graphe.

3.2. Classe NP

C'est la classe des problèmes qui peuvent être décidés sur une machine non déterministe (machine capable d'exécuter en parallèle un nombre fini d'alternatives) en temps polynomial. Intuitivement, les problèmes dans NP sont les problèmes qui peuvent être résolus en énumérant (l'examen d'un grand nombre -éventuellement exponentiel- de cas) l'ensemble des solutions possibles et en les testant à l'aide d'un algorithme polynomial

On distingue deux grandes sous-classes de la classe NP

-Classe-P: est la classe des problèmes résolubles par un algorithme polynomial déterministe.

C'est la classe des problèmes les plus faciles de NP.

-Classe NP-complet : Les problèmes les plus difficiles de NP définissent la classe des problèmes NP-complets. Ainsi, les problèmes NP-complets sont des problèmes combinatoires dans le sens où leur résolution implique l'examen d'un nombre exponentiel de cas. cette classe est basée sur la notion de réduction polynomiale. Quand le problème de décision est NP-complet, le problème d'optimisation est dit NP-difficile.

4. Notion de réduction

4.1 Réduction polynomiale

- Soit **P1** et **P2** : deux problèmes de décision on dit que **P1** est dit réductible à un autre problème de décision **P2** not $P1 \propto P2$:
 $P1 \propto P1 \propto P2 \Rightarrow \exists M$ qui transforme en temps polynomial toute instance **I** de **P1** en une instance $M(I)$ de **P2** .
- Pour tout **I**, la solution de **I** pour **P1** est identique à la solution de $M(I)$ pour **P2** .

M: machine de Turing déterministe

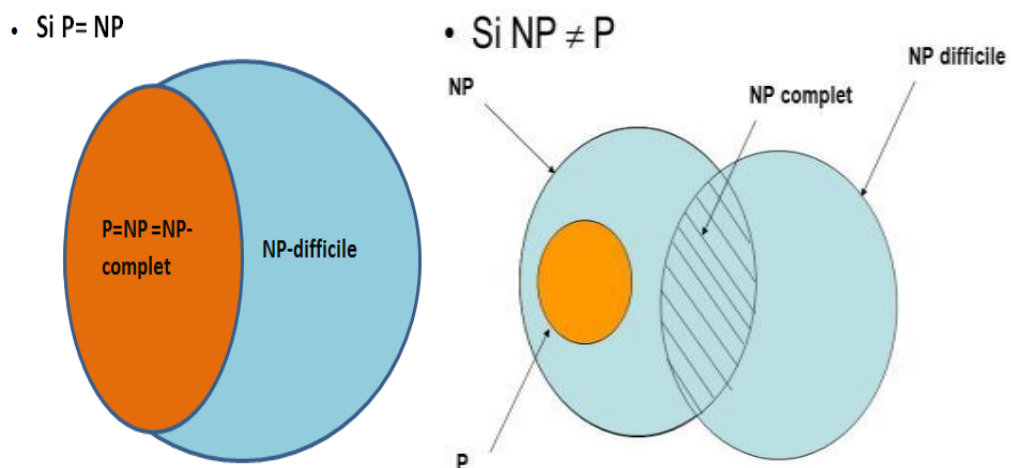


Figure 1.2 La Réductibilité

5. Déploiement des stations de base routières : un aperçu

Dans la littérature, la plupart des schémas de placement de RSU proposés sont concentrés sur la maximisation des performances de réseau via un nombre minimum des stations de bases RSUs. Dans une zone géographique, il existe généralement de nombreux emplacements possibles pour déployer des unités RSU. S'il y avait 100 places candidates avec 10 RSU comme budget de déploiement, il y a $1,73 \cdot 10^{13}$ emplacements possibles [1]. Identifier un sous-ensemble d'emplacement est formulé comme un problème d'optimisation combinatoire [2] [3]. En outre, ce problème peut avoir multi- objectifs tels que : maximisation de la couverture et connectivité réseau et la minimisation de coût du déploiement RSU. Dans cette section, nous abordons le problème du déploiement de RSU dans une zone étudiée pour obtenir les meilleures performances du réseau.

5.1. Zone de couverture et de transmission

Maximiser la couverture et la transmission d'un RSU est l'objectif qui a reçu le plus d'attention dans la littérature sur le déploiement de RSU. Une zone de couverture d'une RSU est la distance maximale à l'intérieur de laquelle une RSU peut établir une liaison de communication avec une autre entité réseau (Véhicule ou RSU). Par conséquent, l'objectif de maximiser la couverture d'une RSU tente de couvrir un nombre maximum de véhicules appartenant à cette zone.

5.2. Connectivité de réseau

La connectivité réseau est la communication entre les RSU et le trafic réel formé par le véhicule en mouvement sur le réseau routier. Cette connectivité est définie de deux manières, la première est la connexion directe, qui se produit lorsque deux RSU se trouvent dans la plage de transmission de l'autre, et la seconde est la connexion indirecte, qui a lieu lorsque deux RSU sont éloignées l'une de l'autre en terme de la portée de transmission. Dans ce cas, le nombre de véhicules qui passent entre ces deux RSU pourrait déterminer la connectivité [4].

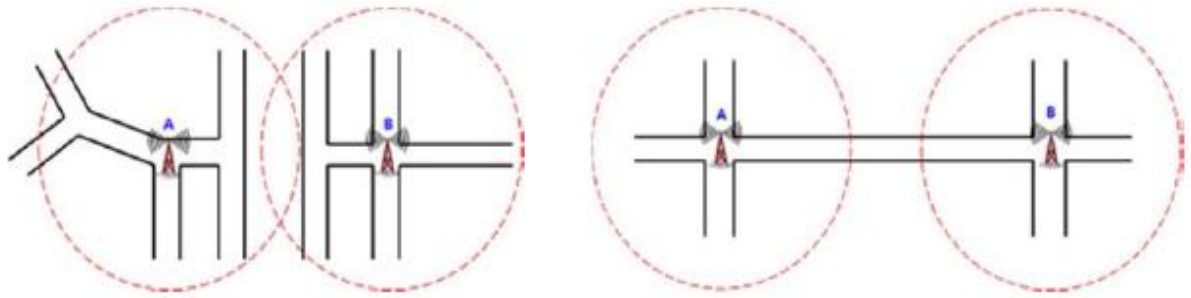


Figure 1.3 Les types de connectivité

5.3. Le coût de déploiement

Le déploiement des RSU dans le réseau routier nécessite des coûts d'investissement et de maintenance. Par exemple, si les unités RSU sont déployées de manière massive, la couverture sera étendue, mais le coût d'installation des unités RSU est trop élevé (de 13 000 \$ à 15 000 \$ par unité RSU) en tant que coût [5]. Par conséquent, toute approche de déploiement doit prendre en considération le facteur coût afin d'avoir une couverture réseau via un nombre limité de RSUs.

6. Les réseaux Mobiles

Un réseau mobile est composé de nœuds reliés les uns aux autres par des liaisons de communication sans fil.

6.1. Définition de la mobilité

Le terme mobilité est la capacité ou la facilité d'un objet ou d'une personne à se déplacer par rapport à un lieu, à une position ou à un ensemble d'objets de même nature. Dans le domaine des réseaux, la mobilité se traduit par la possibilité que certaines entités peuvent passer d'une cellule à une autre sans perdre la liaison [6].

6.2. Définition d'un réseau mobile

Un réseau est dit mobile s'il permet à ses utilisateurs d'accéder à l'information indépendamment de leurs positions géographiques. Pour communiquer entre eux les nœuds du réseau mobile utilisent une interface de communication sans fil (médium radio ou infrarouge) qui permet de propager les signaux sur une certaine distance. Les réseaux

mobiles offrent une plus grande flexibilité d'emplois et un plus grand confort par rapport aux réseaux filaires [7].

6.3. Classification des réseaux mobiles

Nous pouvons distinguer deux classes de réseaux mobiles, les réseaux mobiles avec infrastructure de communication, et les réseaux mobiles sans infrastructure de communication ou les réseaux Ad Hoc [7].

6.3.1. Réseaux mobiles avec infrastructure

En mode infrastructure, chaque ordinateur station (notée STA) se connecte à un point d'accès via une liaison sans fil. L'ensemble formé par le point d'accès et les stations situés dans sa zone de couverture est appelé ensemble de services de base (en anglais Basic Service Set, noté BSS) et constitue une cellule [8].

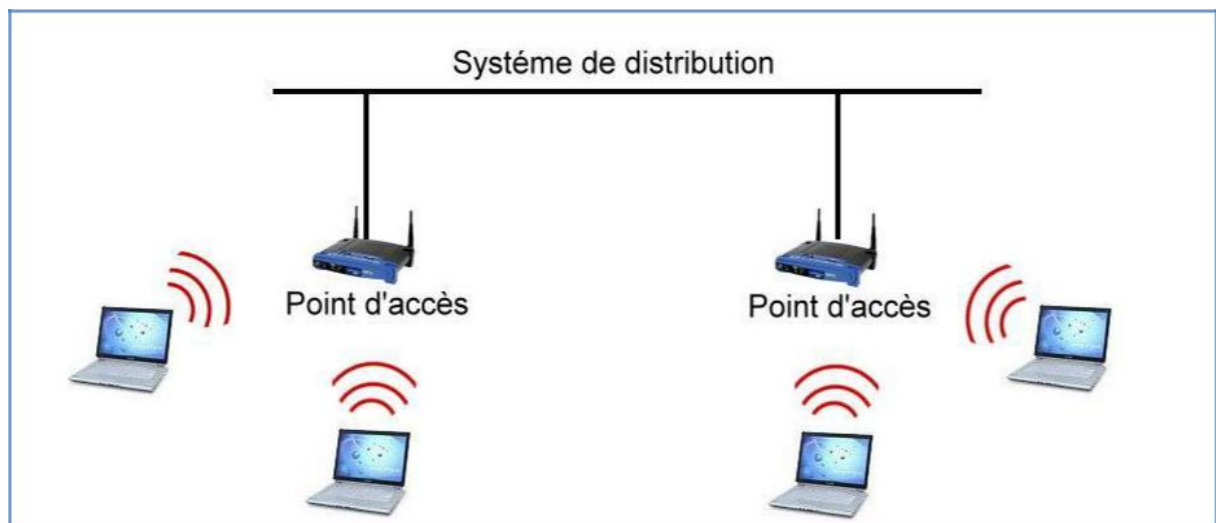


Figure 1.4 : Mode infrastructure

6.3.2. Réseaux ad hoc

Le réseau mobile ad hoc, appelé généralement MANET (Mobile Ad hoc Network) est un système autonome se compose d'un nœud mobiles dynamiques interconnectés par des liens sans fil sans l'utilisation de l'infrastructure fixe et sans gestion centralisée [9].

Un nœud dans le réseau ad hoc communique avec un autre nœud directement (en utilisant son interface sans fil), si ce dernier est dans sa portée de transmission, ou indirectement par

l'intermédiaire d'autres nœuds du réseau dans le cas contraire. Chaque nœud dans le réseau ad hoc doit se comporter comme un terminal, et aussi comme un routeur, et participer à la découverte et la maintenance des routes entre les nœuds du réseau [7].

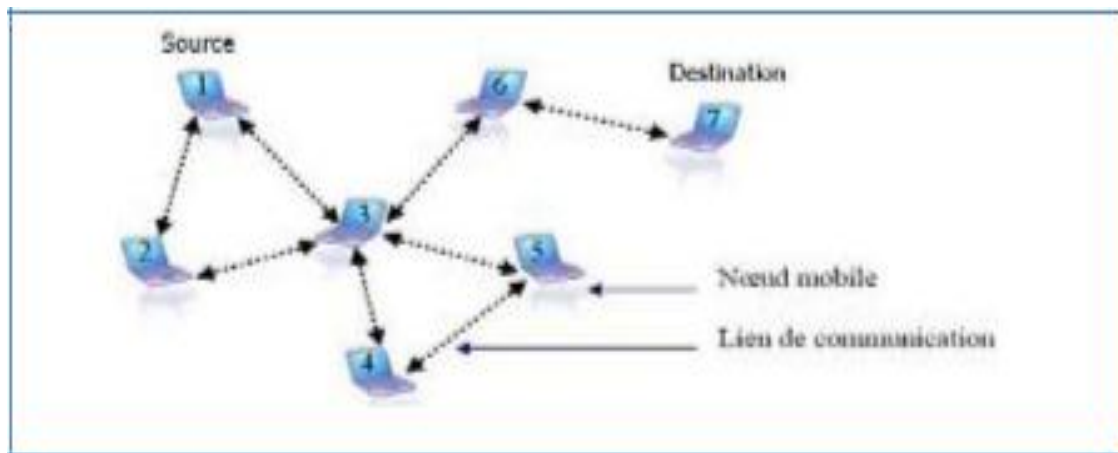


Figure (1.5) : Réseau ad hoc

Un réseau mobile ad hoc (MANET) est une collection de nœuds mobiles sans fil formant un réseau temporaire / de courte durée sans infrastructure fixe où tous les nœuds sont libres de se déplacer arbitrairement et lorsque tous les nœuds se configurent. Dans un MANET, chaque nœud joue à la fois le rôle d'un routeur et d'un hôte et même la topologie du réseau peut également changer rapidement [4].

7. Les réseaux véhiculaire ad hoc (VANETs)

Un réseau véhiculaire ad hoc (VANET) est une sous-classe de réseaux mobiles ad hoc, considéré comme l'une des approches les plus importantes des systèmes de transport intelligents (ITS) [10].

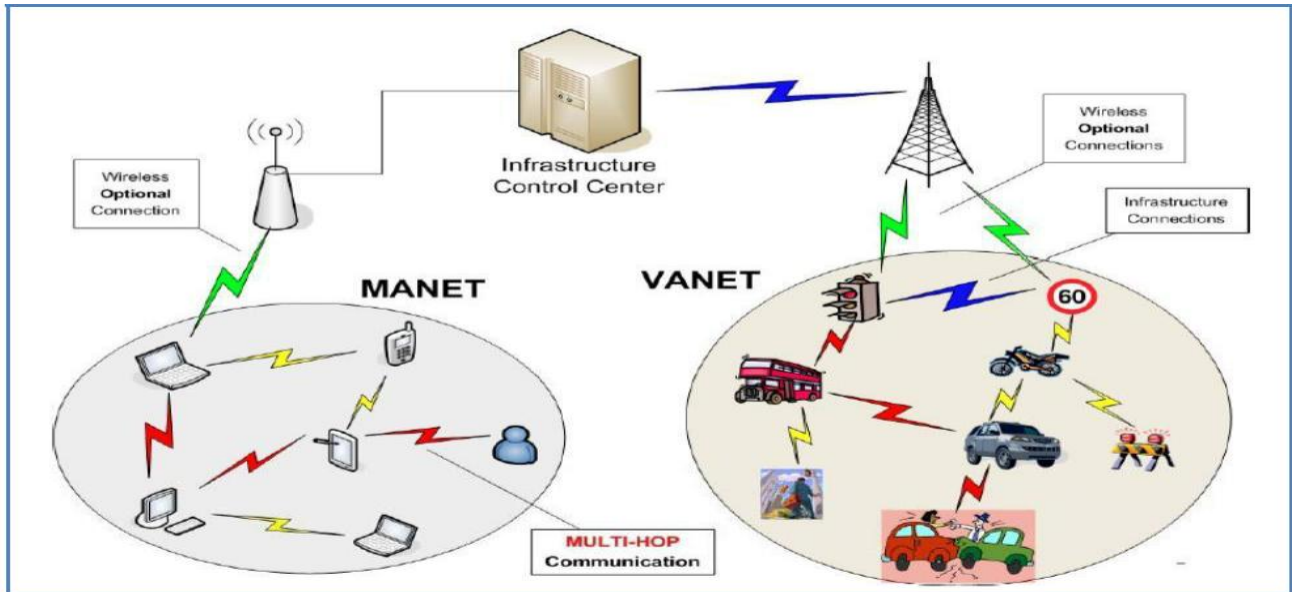


Figure (1.6) : Un réseau VANET vs MANET

7.1. Définition d'un réseau véhiculaire ad hoc

Un réseau VANET [11] est une particularité des réseaux MANET où les nœuds mobiles sont des véhicules (intelligents) équipés de calculateurs, de cartes réseau et de capteurs. Comme tout autre réseau Ad hoc, les véhicules peuvent communiquer entre eux (pour échanger les informations sur le trafic par exemple) ou avec des stations de base placées tout au long des routes (pour demander des informations ou accéder à internet ou autres). Les réseaux véhiculaires regroupent deux grandes classes d'applications, à savoir les applications qui permettent de bâtir un système de transport intelligent ITS (Intelligent transport System) et celles liées au confort ou avertissement du conducteur et des éventuels passagers.

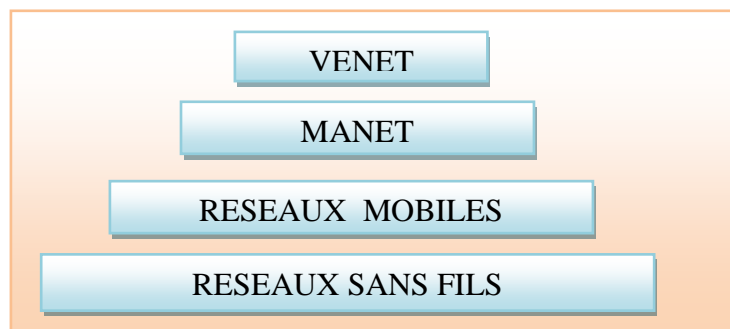


Figure (1.7): Hiérarchie des réseaux sans fil.

La figure 1.4 représente la hiérarchie des réseaux sans fil où elle schématise l'inclusion des VANETs dans les MANETs, les MANETs dans les réseaux Mobiles ainsi que les réseaux mobiles dans les réseaux sans fil.

7.2. Caractéristiques des réseaux véhiculaires Ad hoc

Les réseaux véhiculaires ad hoc ont des caractéristiques spécifiques qui les distinguent des autres types de réseaux mobiles [12]

7.2.1. Capacité de traitement, d'énergie et de communication :

Contrairement au contexte des réseaux ad hoc ou des réseaux de capteurs où la contrainte d'énergie, à titre d'exemple, représente une des problématiques traitées dans la littérature, les éléments du réseau VANET n'ont pas de limite en terme d'énergie et disposent d'une grande capacité de traitement et peuvent avoir plusieurs interfaces de communication (Wifi, Bluetooth, et autres).

7.2.2. Environnement de déplacement et modèle de mobilité :

Les environnements pris en compte par les réseaux Ad Hoc sont souvent limités à des espaces ouverts ou indoor (comme le cas d'une conférence ou à l'intérieur d'un bâtiment). Les déplacements des véhicules quant à eux sont liés aux structures des routes (intersections, panne aux de signalisation, etc.) et aux stations de base routières (infrastructures) que se soit dans les autoroutes ou au sein d'une zone métropolitaine. Les contraintes imposées par ce type d'environnement, à savoir les obstacles radio et les effets de la propagation à trajets multiples (multipath) ou d'évanouissement (fading), affectent considérablement le modèle de mobilité et la qualité des transmissions radio à prendre en compte dans les protocoles de routage. En outre, la mobilité est un facteur lié directement au conducteur du véhicule.

7.2.3. Forte mobilité, topologie du réseau et connectivité :

A la différence des réseaux Ad Hoc, les réseaux VANET sont caractérisés par la forte mobilité des nœuds (véhicules), liée à la vitesse des voitures qui est très importante dans les autoroutes. Par conséquent, un nœud peut rejoindre ou quitter le réseau en un temps très court, ce qui rend les changements de topologie très fréquent, des problèmes peuvent apparaître

quand le système (Inter Vehicule Communication -IVC -) n'est pas équipé dans la majorité des véhicules.

7.3. Les applications

Il existe de nombreuses applications pour les réseaux véhicules proposés [13] qui peuvent être classées en trois catégories.

7.3.1. Application dans la sécurité routière

Les applications de sécurité visent à améliorer la sécurité des passagers sur les routes en avisant les véhicules de toute situation dangereuse. Ces applications se basent en général sur une diffusion, périodique ou non, de messages informatifs permettant aux conducteurs d'avoir une connaissance de l'état de la route et des véhicules voisins.

A titre d'exemple, alerter un conducteur en cas d'accidents permet d'avertir les véhicules qui se dirigent vers le lieu de l'accident que les conditions de circulations se trouvent modifiées et qu'il est nécessaire de redoubler de vigilance. Les messages d'alertes et de sécurité doivent être de taille réduite pour être transmis le plus rapidement possible et doivent être émis à des périodes régulières. La sécurité des plus importantes applications.

7.3.2. Les applications de gestion de trafic

Les applications de gestion de trafic sont axées sur l'amélioration des conditions de circulation dans le but de réduire les embouteillages et les risques d'accidents. Elles consistent à fournir aux conducteurs des informations leur permettant d'adapter leur parcours

2. 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.

7.3.3. Les applications de confort ou de divertissement

Les applications de confort ou de divertissement dont l'objectif est de rendre les voyages plus agréables en permettant aux passagers de communiquer soit avec d'autres véhicules ou avec des stations fixes comme l'accès à Internet, la messagerie, le chat inter – véhicule, etc.

Les passagers dans la voiture peuvent jouer en réseaux, télécharger des fichiers MP3, envoyer des cartes à des amis, etc.

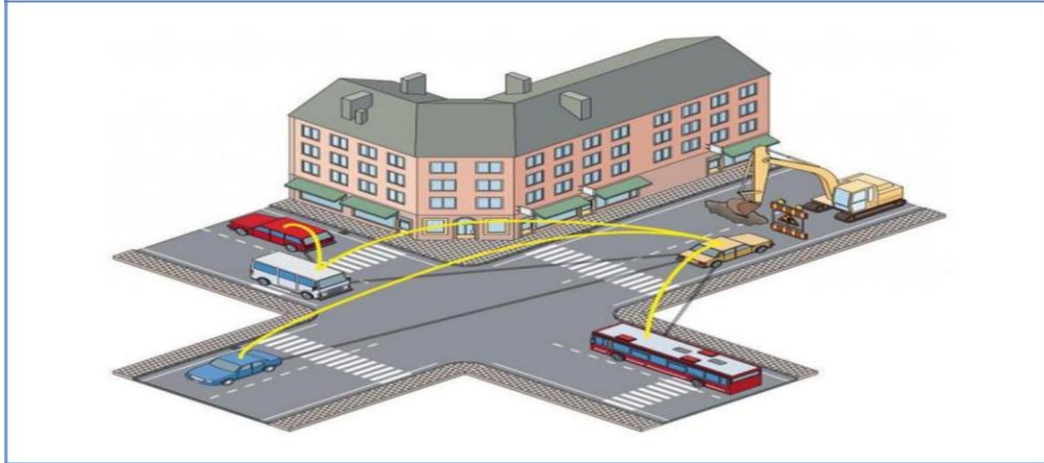


Figure (1.8) : Application de gestion de trafic routier .

7.4. Les modes de communication dans les réseaux VANET

Dans les réseaux VANETs, on peut distinguer trois modes de communication, les communications Véhicule-à-Véhicule (V2V), les communications Véhicule-à-Infrastructure (V2I) et la communication hybride. 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 [14]:

7.4.1. Mode de communication Véhicule-à-Véhicule (V2V)

Ce mode de communication fonctionne suivant une architecture décentralisée, et représente un cas particulier des réseaux mobiles ad hoc, Il est basé sur la simple communication inter-véhicules qui ne nécessitant pas une infrastructure. En effet, un véhicule peut communiquer directement avec un autre véhicule s'il se situe dans sa zone radio, ou bien par le biais d'un protocole multi-sauts qui se charge de transmettre les messages de bout en bout en utilisant les nœuds voisins qui les séparent comme des relais. Dans ce mode, les supports de communication utilisés sont caractérisés par une petite latence et un grand débit de transmission.

Les communications V2V sont très efficaces pour le transfert des informations concernant les services liés à la sécurité routière, mais elles ne garantissent pas une connectivité permanente entre les véhicules.

7.4.2. Mode de communication de Véhicule à Infrastructure (V2I)

Ce mode de communication permet une meilleure utilisation des ressources partagées et démultiplie les services fournis (par exemple : accès à Internet, échange de données de voiture-à-domicile, communications de voiture-à-garage de réparation pour le diagnostic distant, etc.) grâce à des points d'accès RSU (*Road Side Unit*) déployés aux bords des routes; ce mode est inadéquat pour les applications liées à la sécurité routière car les réseaux à infrastructure ne sont pas performants quant aux délais d'acheminement [14].

7.4.3. Communication Hybride

La combinaison des communications véhicule à véhicule avec utilisation d'infrastructures, 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 [14].

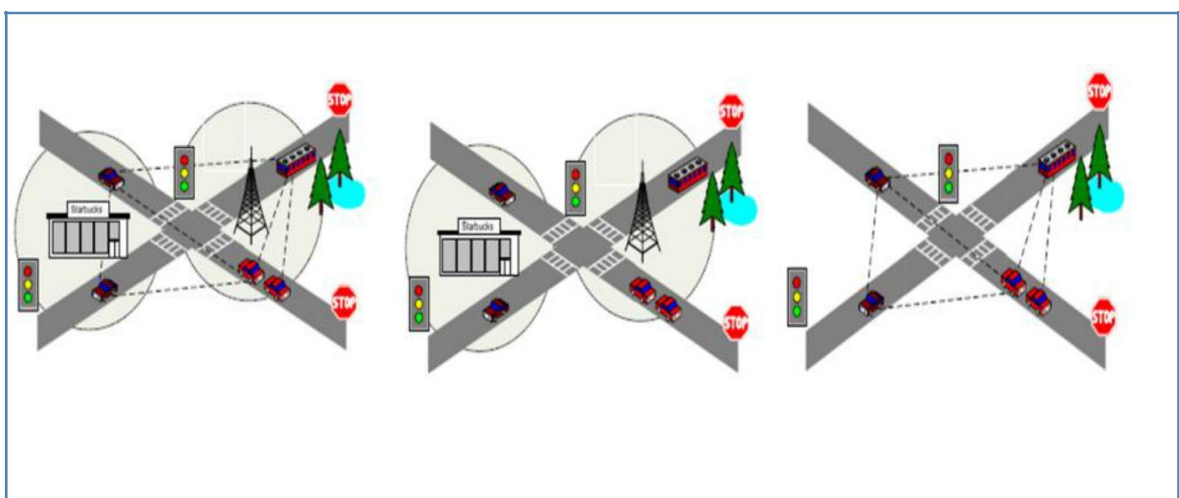


Figure (1.9) : Modes de communication dans un réseau VANET .

7.5. L'architecture d'un réseau véhiculaire

La communication entre les véhicules, ou entre un véhicule et un RSU est réalisée par un moyen sans fil appelé WAVE.

Cette méthode de communication offre une vaste gamme d'informations aux conducteurs et aux voyageurs et permet aux applications de sécurité pour améliorer la sécurité routière et de fournir une conduite confortable. Les principaux composants du système sont l'unité d'application (AU), les ordinateurs de bord (OBU) et RSU. Typiquement, le RSU héberge une application qui fournit des services et l'OBU est un dispositif qui utilise les services fournis.

L'application peut résider dans les RSUs ou dans l'OBU; le dispositif qui héberge l'application est appelé le fournisseur et le dispositif qui utilise l'application est décrite comme étant l'utilisateur [15]. Chaque véhicule est équipé d'un OBU et un ensemble de capteurs pour collecter et traiter l'information puis de l'envoyer en tant que message à d'autres véhicules ou RSUs à travers le support sans fil; elle comporte également un AU unique ou multiple qui utilise les applications fournies par le fournisseur en utilisant les capacités de connexion de l'OBU. Le RSU peut également se connecter à Internet ou à un autre serveur qui permet de l'AU à partir de plusieurs véhicules pour se connecter à l'Internet.

7.5.1. On board unit (OBU)

Un OBU est un dispositif montait habituellement à bord d'un véhicule utilisé pour échanger des informations avec les unités au bord de la route (RSUs) ou avec d'autres OBU. Il se compose d'un processeur de commande de ressources (RCP), et des ressources comprennent une lecture / écriture en mémoire utilisée pour stocker et récupérer des informations. Il peut aussi être composé d'une interface utilisateur, une interface spécialisée pour se connecter à d'autres OBU et un dispositif de réseau de communication sans fil de courte portée basé sur la norme de technologie radio IEEE 802.11p.

Il peut aussi inclure un autre périphérique réseau pour les applications de non-sûreté basés sur d'autres technologies radio telles que IEEE 802.11a / b / g / n. Il fournit aussi des services de communication à l'AU. Les fonctions principales de l'OBU sont l'accès de radio sans fil, l'acheminement ad hoc et géographique, le contrôle de congestion de réseau, le transfert de message fiable, la sécurité des informations et la mobilité IP.

7.5.2. Unité d'application

L'unité d'application (en anglais application unit AU) est un dispositif équipé dans le véhicule qui utilise les applications fournies par le fournisseur en utilisant les capacités de communication de l'OBU.

L'AU peut être un dispositif dédié pour les applications de sécurité ou un dispositif normale comme un assistant numérique personnel (PDA) pour exécuter l'Internet, l'AU peut être connecté à l'OBU via une connexion filaire ou sans fil et peut résider avec l'OBU dans une seule unité physique; la distinction entre l'AU et l'OBU est logique. L'AU communique avec le réseau uniquement par l'OBU qui assume la responsabilité de toutes les fonctions de mobilité et de mise en réseau

7.5.3. Unité de bord de la route

Appelée en anglais RoadSide unit (RSU) est un dispositif installé au bord de la route ou dans des emplacements dédiés tels qu'aux intersections ou à proximité des espaces de stationnement. Une RSU est équipée d'un dispositif de réseau pour une communication dédiée à courte portée basée sur la technologie de radio IEEE 802.11p, et peut également être équipée d'autres dispositifs de réseau de manière à être utilisée pour une communication au sein du réseau d'infrastructure.

Une RSU est une unité essentielle dans un réseau véhiculaire ad hoc pour collecter et analyser les données de trafic fournies par les véhicules intelligents. En outre, une RSU peut participer à contrôler le flux du trafic pour une conduite sécuritaire de véhicules en diffusant les données analysées localement, transmettre des messages importants, et de communiquer avec d'autres unités RSUs [14].

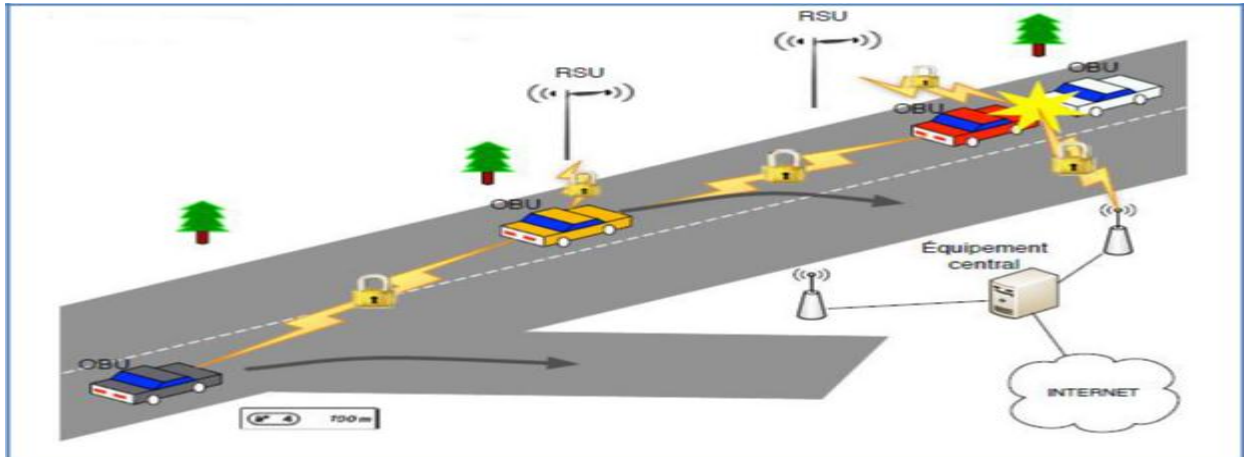


Figure (1.10): L'architecture d'un réseau véhiculaire.

7.6. Défis des VANETs

Plusieurs défis ont besoin d'investigation et des solutions innovantes pour permettre l'infrastructure du VANET, les communications, la sécurité, les applications et les services. Nous présentons ici les principaux défis [15]:

7.6.1. Conditions de mobilité et de l'environnement :

Le haut débit et la mobilité des véhicules représentent un défi pour la plupart des algorithmes d'optimisations destinées aux routes prédéfinis pour transmettre les paquets.

7.6.2. Sécurité et confidentialité:

Les utilisateurs de cette technologie veulent s'assurer qu'ils peuvent faire confiance à l'information source. En outre, les exigences des expéditeurs de confidentialité doivent être respectées.

7.6.3. Le manque de gestion centralisée en ligne et d'une entité de coordination:

Le problème ici est l'utilisation efficace de la bande passante disponible du canal sans fil. Dans un VANET, il n'existe aucune entité capable de synchroniser et gérer les événements de transmission des différents nœuds qui conduisent à un grand nombre de collisions de paquets et donc à une utilisation moins efficace du canal.

7.6.4. Le placement des RSUs :

Le composant le plus important dans un réseau véhiculaire ad hoc (VANET), en plus de véhicules, est les unités de bord de la route (RSUs). L'efficacité d'un VANET dépend largement de la densité et de l'emplacement de ces RSUs. Durant les étapes initiales de VANET, il ne sera pas possible de déployer un grand nombre des RSUs soit en raison de la faible pénétration des véhicules ou en raison du coût de déploiement de ces unités [22].

Par conséquent, un placement optimal en termes de coût et de connectivité est un défi très important dans les VANETs.

8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le réseau VANET qui est censé à jouer un rôle important dans l'amélioration de la sécurité routière et offre plus d'applications pour les passagers pendant leur Voyage dans un véhicule. Nous avons vu que la plupart des travaux sont orientés vers l'utilisation de RSU afin de fournir une communication telle que l'accès Internet.

Les RSUs ont le potentiel de fournir une opportunité pour améliorer l'acheminement dans les réseaux véhiculaires ad hoc dû à une taille plus élevée d'antenne qui augmente la gamme et la fiabilité des communications de V2I. Ces caractéristiques peuvent être utilisées pour établir un chemin robuste pour la transmission des paquets et ils peuvent jouer un rôle pour équilibrer la charge du trafic afin d'éviter la congestion du réseau, principalement dans le cas des messages d'urgence. L'utilisation de RSU s'avère très importante et mérite d'être développée afin d'exploiter leur potentiel dans le processus d'acheminement.

Dans ce mémoire, nous intéressons au déploiement optimal des RSUs considérée comme un défi très important des VANETs, en citant dans le prochain chapitre les méthodes principales de placement de ces unités qui doivent être pleinement réparties sur une zone entière(zone routière) afin de maximiser la disponibilité de connectivité dans le VANET.

CHAPITRE 02

PLACEMENT DES UNITÉS AU BORD DE LA ROUTE
(RSUs)

1. Introduction

Le composant le plus important dans un réseau véhiculaire ad hoc (VANET), est les unités au bord de la route (Roadside units RSUs). L'efficacité d'un VANET dépend largement de la densité et de l'emplacement de ces RSUs.

Durant les étapes initiales de placement d'un VANET, il ne sera pas possible de déployer un grand nombre de RSUs soit en raison de la faible pénétration de marché du VANET ou en raison du coût de déploiement de RSU. Il est donc nécessaire de placer de manière optimale un nombre limité des RSUs dans une région donnée afin d'atteindre une performance maximale en termes de connectivité.

Dans ce chapitre, nous présentons quelques méthodes d'optimisation pour le placement d'un nombre limité des unités au bord de la route dans une région urbaine.

2. Définition d'une RSU

Une RSU est une unité statique installée à une intersection. Elle est essentiellement supposée être équipée d'un émetteur de communication sans fil, un dispositif de stockage de collecte de données de trafic, et un dispositif de calcul pour créer des messages de circulation et d'analyse de données de trafic. La fréquence 75MHz de la communication de la norme (DSRC) dédiée aux VANETs avec un spectre à 5.9GHz est adoptée pour la technologie de communication sans fil qui concerne les RSUs.

Les RSUs sont généralement censées à transmettre les données de trafic fournies par les véhicules intelligents. En outre, les RSUs gardent l'analyse des situations de circulation locales puis diffusent les données analysées périodiquement et diffusent les événements anormaux occasionnellement. Une RSU peut communiquer leurs informations de trafic avec une RSU voisins pour une analyse plus approfondie du trafic [12].

3. Objectif d'une RSU

Les RSUs sont réparties le long des routes. La fonction principale de ces unités est de contourner les messages entre les véhicules. Bien que la fonction assurée par les RSUs soit

simple, une RSU est un élément très important dans les environnements VANET. Si le nombre des RSUs est petit ou si les RSUs sont allouées de façon inappropriée, les performances du VANET seront dégradées [16].

Les principales fonctions et les procédures associées aux RSUs peuvent être résumées comme suit [11]:

- a. L'extension de la portée de communication du réseau ad hoc en redistribuant les informations à d'autres unités de bord (OBUs) comme les ordinateurs de bord, et en envoyant les informations à d'autres RSUs.
- b. L'exécution d'applications de sécurité, comme un avertissement d'un pont bloqué, une alerte d'accidents ou d'une zone de travail, en utilisant la communication infrastructure à véhicule (I2V) où les RSUs agissent comme une source d'information.
- c. Fournir une connectivité Internet aux OBUs.

4. Politiques et problèmes de déploiement des RSUs

Les unités au bord de la route sont généralement coûteuses à installer. Par conséquent, les autorités limitent leur nombre, en particulier dans les banlieues et les zones de population éparses, ce qui rend une RSU une ressource précieuse dans les environnements véhiculaires. De plus, étant donné la situation économique actuelle, les autorités et les organismes de transport tendent à réduire les investissements d'infrastructures liées aux systèmes de transport.

Par conséquent, la politique de déploiement optimal est d'une haute importance lors de l'ajout d'infrastructures pour les réseaux véhiculaires. Les autorités pourraient placer les RSUs de façon homogène (uniforme) en essayant de maximiser la zone de couverture (de connectivité), ou bien en suivant une approche de déploiement non uniforme (par exemple, le regroupement des RSUs dans des parties spécifiques d'une zone) en essayant de réduire le coût de déploiement.

De la même façon qu'aux feux de circulation ou aux panneaux lumineux du trafic, avant de déployer les RSUs, les autorités devraient faire une étude préliminaire qui consiste à recueillir les données importantes (concernant l'impact économique, ou le nombre potentiels

d'usagers) de décider où et comment déployer ces stations d'infrastructure. Par ailleurs, les gouvernements devraient également accorder une attention particulière à l'estimation de la densité prévue des véhicules afin d'optimiser les déploiements d'infrastructure, réduisant ainsi le coût économique, sans réduire le temps requis par les véhicules d'avoir accès aux RSUs .



Figure (2.1): Exemple de 8 RSUs déployées suivant la politique du déploiement des coûts minimum .

5. Solutions proposées : méthodes du placement des RSUs

Nous présentons quelques solutions au problème du placement des RSUs avec l'objectif de maximiser le flux d'informations des véhicules aux RSUs dans un environnement urbain, pour permettre la diffusion d'informations dans les routes. Il faut savoir où placer ces unités de sorte qu'un nombre maximum de véhicules en circulation soit couvert.

5.1. Placement des RSUs à base de Diagramme de Voronoï

Cette approche de placement a été proposée par Prithviraj Patil et Aniruddha Gokhale. Dans un diagramme de Voronoï, une région est divisée en cellules qui sont des polygones convexes. La constitution de chaque polygone est dictée par la présence d'un point unique (parfois appelé le point de génération) à l'intérieur de ce polygone de telle sorte que tous les

autres points dans cette cellule sont plus proches de son point de génération que tous les autres points de génération des autres cellules formées [17].

5.1.1.Principe du placement [18]

Grâce aux propriétés de diagramme de Voronoï, chaque véhicule sera maintenant être couvert

par une seule RSU, ce véhicule joue à son tour le rôle d'une RSU pour les nœuds qui sont dans son voisinage.

Ce critère maximise la zone couverte par les RSUs données tout en répondant au délai autorisé lié pour chaque véhicule car chaque véhicule à base de son emplacement est attribué à la plus proche RSU et aucun véhicule n'est laissé sans affectation.

5.1.2.Les deux étapes de l'algorithme

Phase 1: L'algorithme prend en entrée le nombre maximal des RSUs qui sont autorisés par les urbanistes, ainsi qu'une carte d'une zone urbaine, les propriétés de mobilité de trafic, et le délai maximal tolérable pour le service avant que la qualité se dégrade et quelques autres paramètres.

L'algorithme commence par placer les RSUs à une position initiale de façon aléatoire ou en les étalant uniformément. Pour déterminer la densité de véhicules dans une région, l'algorithme utilise la densité de population des données disponibles à partir des données de recensement et calcule ces paramètres pour chaque RSU.

On calcule la portée étendue d'une RSU en attribuant un seul paquet à tous les RSUs dans la région et on laisse le paquet se propager à partir d'une RSU donnée vers d'autres RSUs.

Chaque paquet se propage à une certaine distance dans une durée maximale prescrite D_{max} et peut ne pas atteindre nécessairement l'autre RSU. Pour le chemin maximum (le plus éloigné possible) qu'un paquet peut atteindre, on calcule les emplacements et les vitesses des véhicules une fois que le délai D_{max} du paquet est atteint.

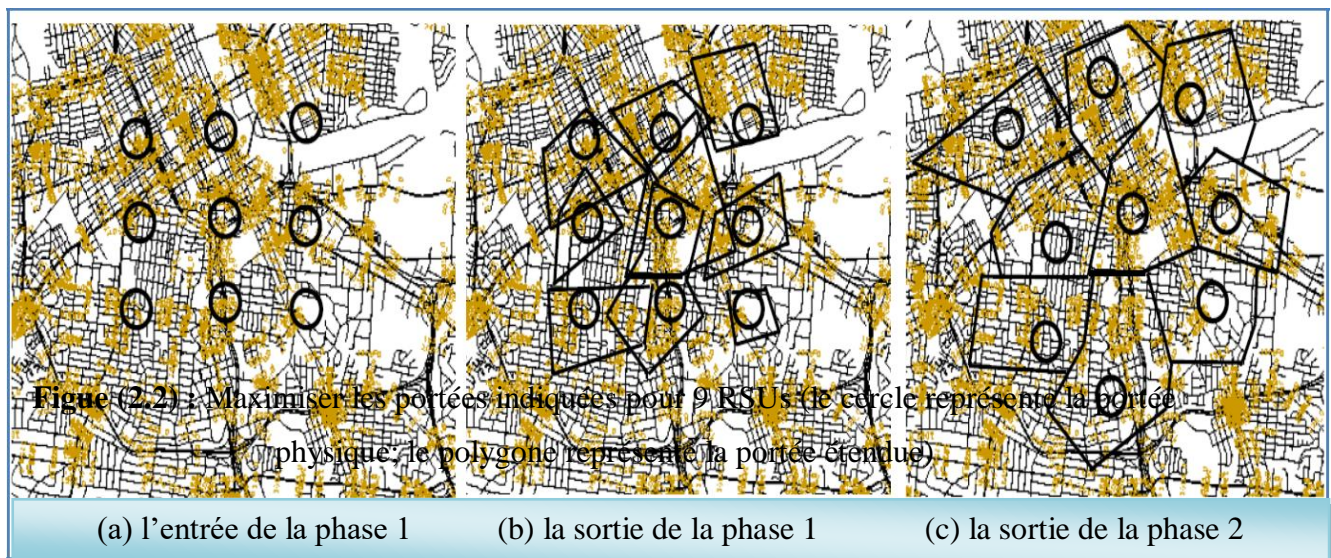
Un ensemble de tous ces emplacements représente la portée étendue d'une RSU. Ce qu'il détermine les contours du polygone tandis que la position d'une RSU devient le point de génération. Si les portées étendues de deux paires RSUs se chevauchent, les RSUs dans les paires sont considérées comme voisines. En conséquence, une carte de voisinage de tous les RSUs pour la région entière est calculée.

Il est à noter que chaque véhicule peut entraîner une perte de bande passante du fait de sa vitesse. Pour prendre en considération cette perte, nous calculons le paramètre N_U qui est la portion du nombre total de véhicules qui respectent le délai toléré N_U . détermine le niveau de chevauchement entre deux zones de transmission de deux RSUs.

Phase 2 : l'algorithme prend en entrée le nombre et la position des RSUs initiales avec leurs voisines et N_U . Ensuite, il effectue une itération pour chaque RSU en visitant ses voisines sur toutes les routes possibles et il essaie de déplacer les RSUs pour assurer un maximum de portée N_U des RSUs en évitant les chevauchements possibles.

Étant donné que chaque RSU va essayer de maximiser son N_U (en termes de voisine), à la fin de l'itération, N_U sera partagé également entre tous les RSUs. Aussi cela va enlever tous les espaces sans surveillance car pour maximiser son N_U , une RSU va essayer d'incorporer de telles zones dans sa portée étendue.

La figure (2.2) représente l'entrée et la sortie pour chaque étape de l'algorithme pour une carte d'une zone urbaine avec 9 RSUs initiales.



5.1.3. Avantages de l'approche

- Maximiser la portée normale d'une RSU à une portée étendue. Ceci optimise consécutivement le nombre de RSUs exigé pour réaliser une qualité de service spécifique de connectivité.

5.1.4. Inconvénients de l'approche

- Les décisions de placement prises par cet algorithme ne peuvent pas toujours être applicables parce que les emplacements où les RSUs doivent être déployées peuvent impliquer un terrain privé, il ne prend pas les considérations des obstructions, telles que des collines et des bâtiments.
- Diverses exigences de qualité du service pour chaque paquet individuel sont requises.

5.2. Placement des RSUs par l'algorithme évolutionnaire

Trullols et al. [19] Evellyn S. Cavalcante et al.[20] ont présenté une approche évolutionnaire au lieu d'utiliser des méthodes de recherche locale, ils ont profités de la recherche globale d'un algorithme génétique (GA) pour trouver les positions des RSUs, et comparer les résultats avec ceux obtenus par une approche gloutonne.

5.2.1.Principe de l'algorithme

Etant donné une carte de route avec n intersections et k RSUs. $\mathbf{I} = \{ i_1, i_2, \dots, i_k \}$, où $i_j \in \{ 0, 1, \dots, n-1 \}$, $0 \leq i_j < n$. Par exemple, un scénario avec $n = 10$ intersections pour déployer $k = 4$ RSUs, un individu valide est $\mathbf{I} = \{0, 4, 8, 9\}$, i.e les RSUs sont placées aux intersections numérotées 0, 4, 8 et 9. Après la population est initialisée, les individus sont évalués et sélectionnés en utilisant une sélection de tournoi pour subir des opérations du point de croisement et de mutation.

Une procédure élite maintient les meilleurs individus dans la population suivante, et la nouvelle population est augmentée avec les individus produits par croisement et mutation. Cette procédure est mise en œuvre jusqu'à ce qu'un nombre maximum de générations soient atteintes. Si le croisement produit des enfants avec des intersections répétées, une opération de correction est utilisée pour supprimer les celles répétées

En plus de la représentation individuelle, deux composants dans l'algorithme ont été proposés: la fonction fitness et la procédure d'initialisation de la population. La fonction de

fitness d'un individu est définie comme le pourcentage de véhicules couverts dans la zone considérée.

La procédure d'initialisation de la population a été changée après les premiers résultats analysés, l'algorithme a pris trop de nombreuses générations à parvenir à des solutions similaires à ceux de gloutonne.

Afin de rendre le processus évolutionnaire plus efficace, au lieu de commencer à partir de l'évolution zéro (aléatoire), nous avons donné à l'AG la chance de travailler avec des solutions déjà trouvées par la recherche gloutonne. Dans le même temps, nous avons aussi gardé la moitié de la population aléatoire, afin d'éviter l'introduction des biais à la solution gloutonne. Nous pourrions avoir inséré seulement la solution finale de la recherche gloutonne dans la population initialisée aléatoirement. Cependant, nous avons modifié l'algorithme glouton de sorte que, à chaque itération, non seulement la meilleure intersection (avec une couverture maximale) soit sélectionnée.

5.2.2 Avantages de l'algorithme

- Les positions des RSUs mènent à une meilleure couverture de connectivité par rapport à ceux obtenus par une approche gloutonne.

5.2.3 Inconvénients de l'algorithme

- Pas de parallélisations de la solution, ce qui peut considérablement diminuer les performances de l'algorithme.
- On inscrit un problème lorsque le nombre k des RSUs autorisées peut être minimisé.

5.3. Heuristique d'optimisation par expansion de ballon (méthode BEH)

La méthode Balloon Expansion Heuristic (BEH) utilise l'expansion de ballon de façon analogique pour trouver une solution optimale, elle a été proposée par Baber Aslam et al [21]. Ils ont intégré la densité et la vitesse des véhicules, et la probabilité d'occurrence d'un incident (événement) dans des schémas d'optimisation. L'optimisation vise à minimiser un temps d'occurrence (Reporting time) qui est une durée de temps d'occurrence d'un événement rapporté par un véhicule à une RSU.

5.3.1. Principe de l'approche

Dans cette optimisation, chaque RSU et sa zone de couverture est considérée comme un ballon qui se développe dynamiquement dans un espace à 2 dimensions. La frontière d'un ballon représente la zone couverte par une RSU dans un délai moyen. Les ballons sont dynamiquement élargis jusqu'à ce qu'un taux souhaité de couverture de la zone soit atteint.

À tout moment, les routes à l'intérieur de la frontière d'un ballon comprennent tous les segments qui peuvent être couverts par une RSU. L'expansion du ballon suit un réseau routier et l'expansion est indépendante de chaque côté du ballon, si une RSU est placée à une intersection alors la frontière du ballon sur chacun des quatre côtés augmente indépendamment de trois d'autres côtés.

L'expansion dépend de la vitesse et la densité de véhicule, de la distribution d'événement (incident) et de la probabilité des véhicules qui sont sur une route. Les segments, le long d'une route, avec la haute fréquence des événements (incidents) auront plus d'impact sur le calcul du temps d'occurrence que ceux avec la basse fréquence des événements.

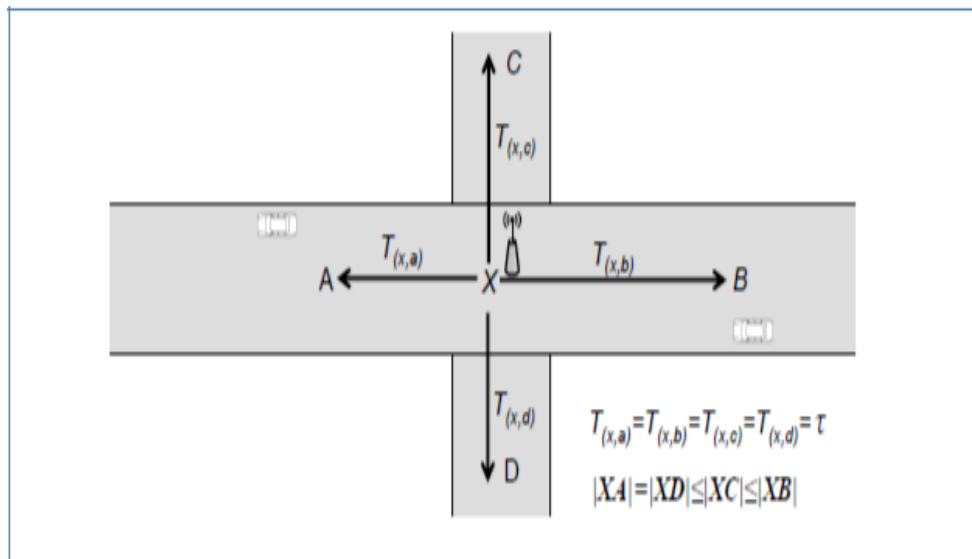


Figure (2.3): l'expansion par ballon

La figure (2.3) montre une intersection et une RSU. Dans cette figure, A, B, C, et D sont les frontières du ballon pendant un certain temps moyen de d'occurrence (τ).

Initialement, $|XA| = |XB| = |XC| = |XD| = 0$, c'est-à-dire, les points $\{A, B, C, D\}$ sont situés à X et $T(x, a) = T(x, b) = T(x, c) = T(x, d) = 0$, où $T(x, y)$ est le temps moyen d'occurrence le long du chemin XY y compris le point Y. Le ballon est élargi indépendamment sur les quatre routes pour un temps moyen d'occurrence (τ).

Pour éviter des boucles, nous supposons que la frontière de l'expansion d'une RSU est vers la direction s'éloignant de RSU; si l'expansion rencontre une intersection alors elle continue dans les directions qui sont loin de RSU.

L'expansion continue jusqu'à ce qu'un nombre suffisant de sous-segments sont couverts par plus d'une RSU voisine (ou le seuil de temps moyen d'occurrence est atteint).

Le nombre d'itérations dans la méthode d'optimisation BEH dépend de la taille d'incrément du temps moyen de réponse dans chaque itération, et non pas sur la taille du problème.

5.3.2. Avantages de l'approche

- BEH est évolutive et appropriée pour résoudre des problèmes de grande taille.
- BEH incorpore la connaissance de la topologie de route pour trouver la solution optimale. Donc elle est plus polyvalente et peut-être utilisée pour résoudre le problème d'optimisation sans aucune autre relaxation.

5.3.3. Inconvénients de l'approche

- Pas flexible dans une topologie de route plus complexe.

5.4. Placement des RSUs à base de priorité d'intersection

Jeonghee Chi et al. [14] ont proposé des méthodes de placement des RSUs basées sur la priorité d'intersection pour trouver le nombre optimal des RSUs et pour la distribution complète en offrant une connectivité maximale entre les RSUs tout en minimisant les coûts de configuration des RSUs.

5.4.1. Principe de l'approche

L'approche propose trois algorithmes optimaux pour résoudre le problème du déploiement de RSUs : l'algorithme glouton, l'algorithme dynamiques et l'algorithme hybrides. Les principes primaires sont :

1/ placer les RSUs préférentiellement aux intersections importantes, **2/** l'allocation des RSUs jusqu'à ce que chaque intersection soit couverte, et **3/** la distribution des RSUs est uniforme que possible.

Afin de mesurer l'importance de chaque intersection, les auteurs ont introduit une notion de priorité d'intersection. La priorité d'intersection est calculée par certains facteurs du trafic, y compris la densité de véhicules, la popularité et la particularité d'intersection, etc. Ensuite, cette approche place les RSUs aux intersections selon les principes ci-dessus.

L'algorithme glouton met simplement les RSUs aux intersections par ordre de priorité décroissant des intersections. Cependant, l'algorithme dynamique se concentre sur la distribution régulière des RSUs. Quant à l'algorithme hybride, il combine la méthode gloutonne avec la méthode dynamique.

5.4.2. Avantages

L'approche travaille dans des différents types de routes avec des données réelles du trafic, et permet de trouver le nombre optimal et les positions des unités de bord de la route dans ces zones.

6. Synthèse

Il existe plusieurs travaux qui abordent le déploiement des RSUs dans un VANET. La plupart de ces travaux sont axés sur la maximisation du débit et la minimisation du temps de déplacement en déployant de manière optimale un nombre limité des RSUs.

Le diagramme de Voronoi était proposé pour maximiser la portée normale des RSUs à une portée étendue. Ceci optimise consécutivement le nombre des RSUs ainsi que la zone de couverture mais les décisions de placement prises par cet algorithme ne peuvent pas toujours être applicables dans tous les emplacements. Dans l'algorithme évolutionnaire les positions obtenues des RSUs améliore la couverture maximale, mais beaucoup de problèmes lorsqu'on veut minimiser le nombre de RSUs.

L'approche d'expansion par ballon incorpore la connaissance de la topologie de route pour trouver la solution optimale mais la limite de cette approche concentre sur la topologie de route donc elle n'est pas flexible dans une topologie de route plus complexe.

Dans la dernière approche les RSUs sont distribuées pour couvrir toutes les intersections avec une connectivité maximale entre les RSUs tout en minimisant les coûts de configuration des RSUs. Cette approche offre les meilleures performances parce qu'elle travaille dans des

différents types de routes avec des données réelles du trafic donc elle répond aux exigences des autres méthodes.

7. Conclusion

Nous avons présenté quelque approche de placement des RSUs afin de trouver le nombre optimal ainsi les positions des RSUs pour assurer une distribution complète en offrant une connectivité maximale entre ces RSUs tout en minimisant les coûts de configuration.

Nous nous concentrons sur la découverte du nombre optimal et des positions des RSUs qui peuvent couvrir toutes les intersections et cela peut maximiser la connectivité entre les RSUs par l'utilisation de la notion de priorité d'intersection.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter l'approche de placement choisit (approche basée sur la priorité des intersections) vue ces avantages cités dessus. Ainsi, nous présentons la conception proposée de ce système.

CHAPITRE 03

GICA:UNE STRATÉGIE ÉVOLUTIVE POUR LE DÉPLOIEMENT DES UNITÉS ROUTIÈRES DANS LES RÉSEAUX VÉHICULAIRE

1.Introduction

Nous proposons dans ce chapitre notre approche nommée couverture d'intersection en utilisant l'algorithme génétique (GICA) basé sur le concept de priorité. Puisque notre objectif est de couvrir les rues / routes dans une zone cible, nous introduisons le concept de couverture d'intersection pour fournir les performances de connectivité souhaitées. Pour découvrir les bons emplacements avec un nombre minimum de RSU, nous considérons l'idée de priorité d'intersection. Ce concept est calculé par une fonction de pondération qui utilise deux paramètres : la popularité des intersections et de la densité des véhicules. GICA essaye de placer les RSU aux intersections par ordre décroissant de priorité d'intersection. De cette manière, une RSU peut être placée à l'intersection avec la priorité d'intersection la plus élevée, et ainsi de suite jusqu'à ce que toutes les intersections soient couvertes. Afin de réduire les messages de trafic dupliqués redondants générés par les véhicules, nous analysons les interférences dans la zone de chevauchement couverte par deux RSU différentes. Par conséquent, nous formulons le problème de déploiement des RSU comme un problème d'optimisation multi-objectif, où la priorité d'intersection, la couverture d'intersection et le brouillage moyen (taux de chevauchement) sont intégrés dans la fonction d'objectif (aptitude) évaluée. Les tests de simulation sont ensuite effectués pour valider cette proposition et comparés à l'algorithme glouton conventionnel proposé pour le déploiement de RSU dans [4].

2. GICA : Modèle de système et détails de la proposition

Comme présenté ci-dessus, l'idée principale de notre proposition est de suggérer l'algorithme GICA comme approche de déploiement des RSU, qui considère les intersections routières comme les meilleurs emplacements pour déployer des RSU. Dans la topologie des routes urbaines, de nombreuses intersections existent, cependant, le déploiement d'un grand nombre de RSU est une solution coûteuse.

Dans cette section, la description du problème abordé et quelques dénitrions sont discutées qui seront utilisées dans le reste de ce travail.

Modèle de système Compte tenu d'une topologie de route urbaine, le réseau de véhicules peut être représenté sous forme de graphique pondéré, où:

- $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ désigne l'ensemble des intersections, $|I| = n$ (n intersections).

- $E = \{E_1, E_2, \dots, E_m\}$ est le segment de routes défini, $e_{ij} \in E$ est le segment routier reliant I_i et I_j .
- $D = \{D_1, D_2, \dots, D_m\}$ est l'ensemble de distances des segments de routes et d_{ij} est la distance entre I_i et I_j .
- Soit P une fonction de poids, où P_i désigne la priorité de i^{th} intersection.

$$P = I \rightarrow R^+$$

$$I_i \rightarrow P_i$$

Lorsque P_i est calculé en fonction de paramètres de trafic tels que la densité du véhicule dnc_i et la popularité du $poiy_i$ d'allocation, il est déterminé comme suit:

$$P_i = w_1 \cdot dnc_i + w_2 \cdot poiy_i \quad (1)$$

Ici, w_i est un poids pour chaque facteur de trafic, où $w_1 + w_2 = 1$. Afin de placer les RSU aux intersections de haute priorité, nous employons deux ensembles indiqués par RSET et CSET. Au début, le sous-ensemble RSET définit une liste d'intersection hautement prioritaire permettant de déterminer l'emplacement de la première RSU. Par la suite, toutes les intersections dans la plage de transmission de cette RSU sont exclues de l'ensemble candidat d'intersections pour le déploiement. Notez que RSET contient toutes les intersections où sont placées les RSU. D'autre part, CSET inclut toutes les intersections couvertes par des RSU placées au RSET.

2.1 .Définition 1

une intersection I_j est couverte par une RSU placée à une intersection I_i si I_j est située dans la plage de transmission R de cette RSU.

$$\text{Alors, } \forall I_i \in \text{RSET}, \forall I_j \in \{I \setminus \text{RSET}\}$$

$$(d_{ij} \leq R) \Leftrightarrow (I_j \in \text{CSET})$$

Dans ce cas, l'intersection I_i couvre l'intersection $I_j \in \text{RSET} = \{I_1, I_2, \dots, I_k\}$ cela signifie que $|\text{RSET}| = k$, k est le nombre de RSU, puisque chaque intersection $I_i \in \text{RSET}$ peut couvrir un sous-ensemble d'intersections S_i , où $\text{RSET} = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$. S_i désigne l'ensemble des intersections couvertes par la i -ème RSU placée à l'intersection I_i . D'après la figure 1, les intersections (A et E) sont dans l'ensemble RSET, tandis que les autres intersections construisent l'ensemble CSET. Considérons C la matrice de $|\text{RSET}| * |\text{CSET}|$ éléments, dont les éléments x_{ij} est une variable de décision binaire à l'emplacement

(i, j), $i = 1, \dots, k$ et $j = 1, \dots, (n - k)$. $x_{ij} = 1$, cela signifie que l'intersection I_i alloue une RSU couvrant l'intersection I_j , sinon elle est mise à 0.

$$C_i = \sum_{I_j \in RSET} X_{ij} \quad \forall I_i \in RSET \quad (2)$$

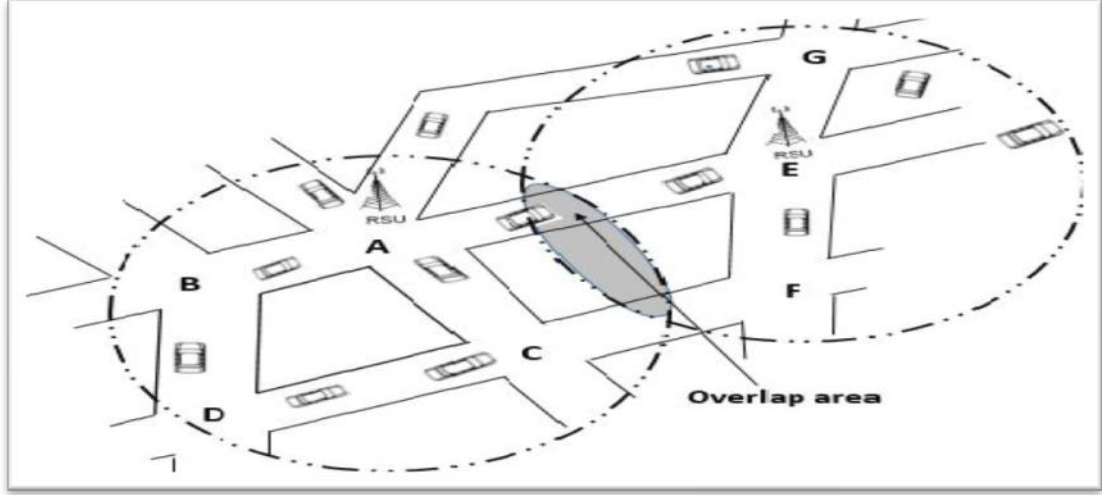


Fig.(3. 1.) Couverture d'intersection par des RSU

Puisque notre objectif est de placer les RSU aux intersections hautement prioritaires afin de maximiser la couverture, la fonction objectif est donnée comme suit:

$$f = \max \sum_{\forall I_i \in RSET} (C_i + P_i).x_i \quad (3)$$

Soit δ_i le taux de recouvrement d'une RSU placée à l'intersection $I_i \in RSET$. Il se calcule comme:

$$\delta_i = \sum_{\forall I_j \in RSET} (2.R - d_{ij}) \quad \forall d_{ij} < 2.R \quad (4)$$

Afin de minimiser le coût de déploiement sous un nombre k donné d'UAR et un taux de chevauchement, la fonction objectif est la suivante:

$$g = \min \sum_{\forall I_i \in RSET} (\delta_i + 1).x_i \quad (5)$$

Selon les équations (3) et (5) citées ci-dessus, le problème de déploiement de RSU peut être considéré comme un problème d'optimisation multi-objectifs spécifié comme suit:

$$Z = \max[\alpha * f + \beta * g] \quad (6)$$

Nous notons que α est un poids positif puisque nous essayons de maximiser la couverture d'intersection et la priorité d'intersection, cependant, β a une valeur négative visant à diminuer le coût de déploiement RSU et la moyenne d'interférence.

3. Algorithme de couverture des intersections génétiques (GICA) pour le déploiement des RSU

3.1. VANET: Notre proposition

Notre objectif étant de maximiser la connectivité entre les RSU tout en minimisant les interférences (taux de chevauchement), nous proposons un nouvel algorithme de couverture par intersections génétiques (GICA). GICA introduit un ensemble d'étapes telles que le codage individuel et l'initialisation, l'opérations Croisement, Mutation, et Sélection [13].

1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fig . (3. 2.) Codage individuel

3.2. Codage individuel et initialisation

Dans GICA, une solution (un individu) est représentée par un tableau de n positions (c'est-à-dire un tableau de gènes). Par exemple, si nous considérons 5 RSU et $n = 12$ une solution individuelle valide $\{0,2,6,7,11\}$, c'est-à-dire que les RSU sont placées dans les intersections: $\{I_0, I_2, I_6, I_7, I_{11}\}$ comme indiqué figure 2. Pour obtenir un ensemble de solutions appelées individus, nous devons générer une population initiale ayant T individus.

3.2.1. Croisement

L'opération de *Croisement* permet de combiner deux individus parent générant deux enfants selon une probabilité $PCros$, l'échange se fait où un nombre aléatoire $rand < PCros$, où $rand \in] 0,1]$. A cette fin, deux points de croisement rc_1 et rc_2 sont sélectionnés au hasard parmi les individus parents. Selon cette méthode de croisement, les gènes limités par rc_1 et rc_2 sont échangés entre les individus parents. La figure 3 montre un exemple d'une opération de croisement.

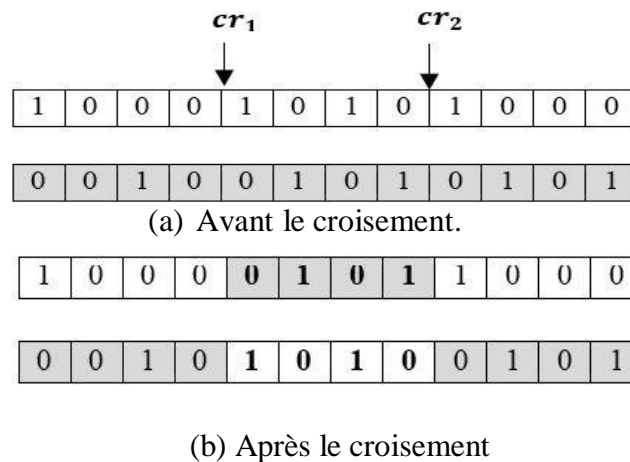


Fig.(3. 3.) Fonctionnement croisé.

3.2.2.Mutation

L'opération de mutation aide à maintenir la diversité de la population. Cet opérateur agit sur un individu selon une probabilité $PMut$, pour chaque gène, un nombre aléatoire $rand \in] 0,1]$ est sélectionné. Si $rand < PMut$, la valeur de ce gène est modifiée, mais cela peut aussi faire converger l'algorithme plus lentement. La figure 4 donne un exemple de mutation.

3.2.3 Sélection

Sur la base de la fonction de forme physique, les individus avec une meilleure forme seront sélectionnés pour former la génération suivante. Par conséquent, l'algorithme proposé insère un ψ parents élitistes dans la population suivante, en sélectionnant

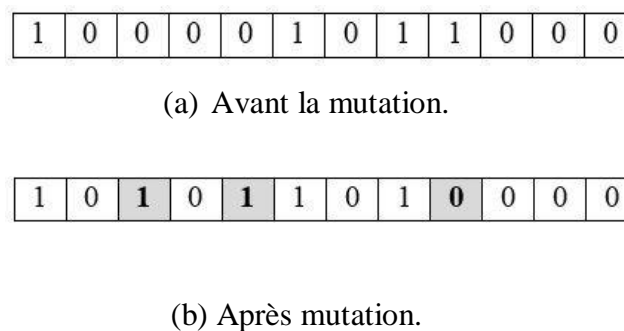


Fig.(3. 4.) Opération de mutation.

le q enfants selon la sélection de la roulette. Ainsi, la taille de la nouvelle population est $n = \psi + q$.

3.3. Critère d'arrêt

Dans notre algorithme, la boucle principale est itérée jusqu'à atteindre un nombre fixe de génération t (voir l'algorithme GICA).

Algorithme 1 GICA

- 1: **Entrée** $G = (I, E), D, p_i, i = \{1, \dots, n\}$
 - 2: **Sortie** RSET
 - 3 : Initialiser les paramètres $\alpha, \beta, \psi, \rho, R, PCros, PMut$
 - 4 : Codage de l'individu
 - 5 : Initialiser la population $P^{(t)}, |P^{(t)}| = T, t = 0$
 - 6 : $meilleur^{(0)} \leftarrow \max\{Z_j^{(0)}\}$ et $j = \{1, \dots, T\}$
 - 7 : **tant que** la condition de fin n'est pas remplie, **faites**
 - 8 : Exécuter un croisement à deux points avec probabilité ($PCros$)
 - 9 : Exécuter une mutation à un point avec probabilité ($PMut$)
 - 10 : Évaluer la population parentale selon (6)
 - 11 : Évaluer la population d'enfants selon (6)
 - 12 : Insérez les parents élitistes dans la population suivante $P^{(t+1)}$
 - 13 : Sélectionnez les enfants à l'aide de la sélection de la roulette
 - 14 : $meilleur^{(t+1)} \leftarrow \max\{meilleur^{(t+1)}, Z_j^{(t+1)}\}$
 - 15 : **fin tant que**
 - 16 : **retour de** la meilleure solution $RSET^{(meilleure)}$
-

4. Etude Expérimentale.

4.1. Paramétrage

Dans cette section, nous évaluons les performances de la stratégie d'optimisation proposée en fonction des différentes caractéristiques des réseaux routiers et présentons les résultats obtenus. Le tableau 1 présente des détails sur les six topologies de réseau utilisées pendant le processus d'évaluation en termes de nombre de routes et de paramètres d'intersections, y compris la densité de véhicules et la popularité d'une intersection. Pour être plus réaliste, les topologies de réseau ont été générées aléatoirement, y compris les positions des intersections.

Pour évaluer l'efficacité de notre algorithme, nous utilisons trois mesures de performance: le nombre d'RSUs placées, la superficie moyenne couverte par les RSU et le taux de chevauchement. Le tableau 2 résume les valeurs des paramètres utilisés lors des simulations

TABLEAU 1
JEU DE DONNÉES BASÉ SUR DES TOPOLOGIES RANDOM STREET

Topologies	Nombre d'intersection	Densité		Popularité	
		max	min	Max	Min
Carte1	20	3.42	13.93	0.01	8.94
Carte2	40	3.99	13.88	0.5	8.90
Carte3	60	3.60	13.91	0.5	8.92
Carte4	80	3.80	13.01	0.34	8.16
Carte5	100	2.43	14.32	0.41	9.01
Carte6	150	4.01	15.20	0.27	9.26

TABLEAU 2
RÉGLAGES ET VALEURS DES PARAMÈTRES

Topologies	Paramètres	Valeurs
R	Portée de transmission R RSU	250m
(w_1, w_2)	Poids des facteurs	(0.7, 0.3)
T	Taille de la population	100
t	Nombre d'itérations	200
$PCros$	Probabilité de croisement	0.9
$PMut$	Probabilité de mutation	0.01
(α, β)	Paramètres de poids de la fonction de fitness	(0.5, 0.2)

4.2. Résultats:

Sur la base des six topologies urbaines définies précédemment, nous présentons maintenant un ensemble d'expériences comparant les performances de notre GICA proposé à l'algorithme glouton proposé dans [9], considéré comme un algorithme conventionnel pour le placement des RSU dans les VANET. Le tableau 3 montre la couverture du réseau, le taux de

chevauchement et le nombre de RSU requis et donnés par l'algorithme glouton et GICA proposé.

TABLEAU 3
RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

Topo logies	<i>n</i>	Couverture (%)		Taux de chevauchement (%)		Nombre d'UAR	
		Greedy	GICA	Greedy	GICA	Greedy	GICA
Carte1	20	38.8	46.3	12.4	9.7	14	8
Carte2	40	49.3	63.8	28.2	13.5	22	15
Carte3	60	58.6	67.9	31.7	23.6	49	28
Carte4	80	53.8	72.1	42.3	43.1	55	34
Carte5	100	61.7	77.6	57.5	38.6	82	53
Carte6	150	63.8	88 .6	72.3	41.1	137	93

À partir de ces expériences, nous pouvons voir que le GICA présente de bien meilleurs résultats que l'algorithme glouton de placement des RSU dans les réseaux véhiculaires urbains en termes de nombre de RSU requis, de couverture de réseau réalisée et de taux de chevauchement. Comme le montre la figure 6, notre algorithme couvre beaucoup plus de zones pour un nombre donné de RSU. De même, la figure 7 montre que le rapport de chevauchement de chaque région lors de l'utilisation de l'algorithme GICA est bien inférieur à celui de l'algorithme glouton. Nous constatons également que le nombre total de RSU diminue lors de l'utilisation du GICA. Par exemple (voir tableau 3 et figure 7), pour la carte 4,

le GICA a proposé seulement 34 RSU pour assurer 72,1% de la couverture du réseau avec seulement 34,1% comme taux de chevauchement, cependant l'approche gourmande nécessite 55 RSU pour couvrir 53,8% de la zone étudiée avec un taux de chevauchement de 42,3%.

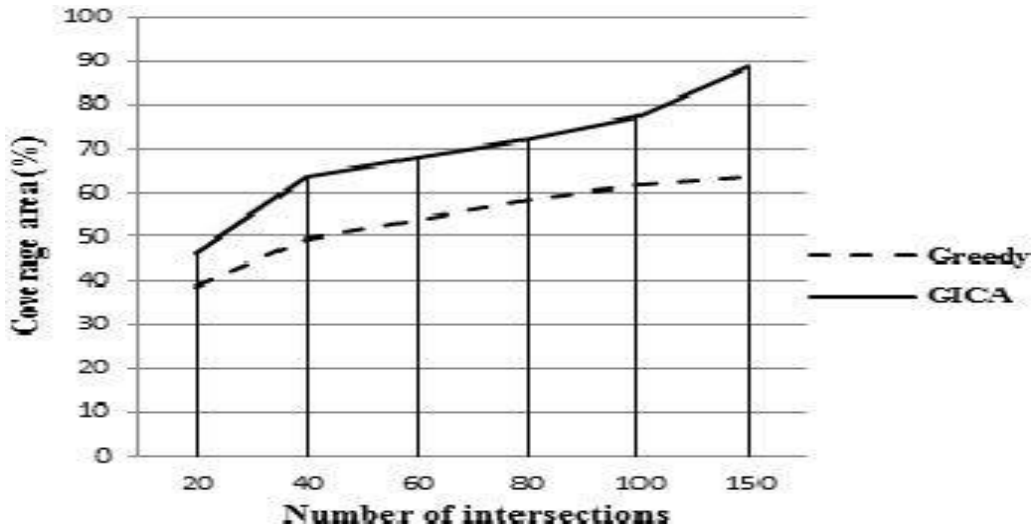
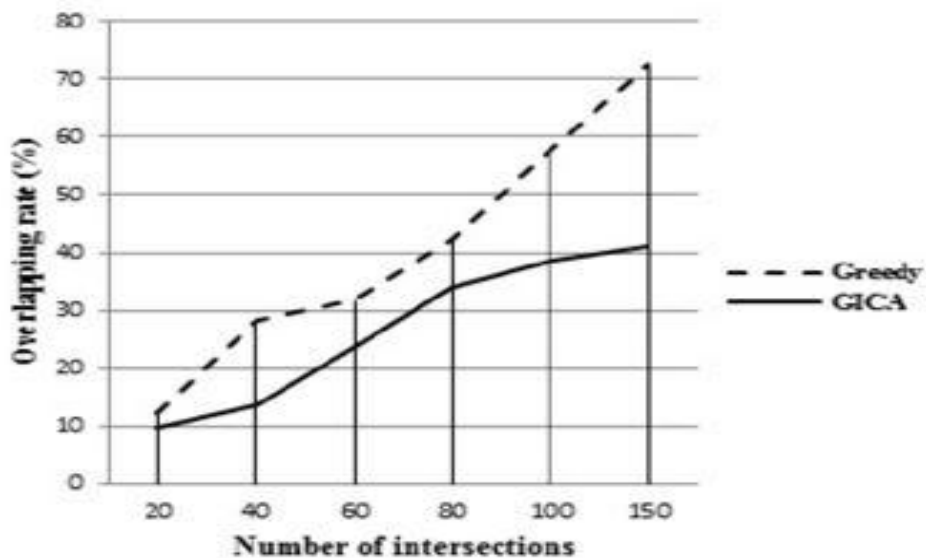


Fig.(3. 5.) Taux de couverture en fonction du nombre d'intersection



Fig(.3. 6.) Taux de chevauchement lors de la variation du nombre d'intersections.

À partir de cette étude de simulation, nous pouvons conclure que notre approche GICA fournit de bons résultats en tant que stratégie de placement de RSU par rapport à l'algorithme glouton en termes de nombre de RSU requis, de couverture de zone atteinte et de rapport de chevauchement généré.

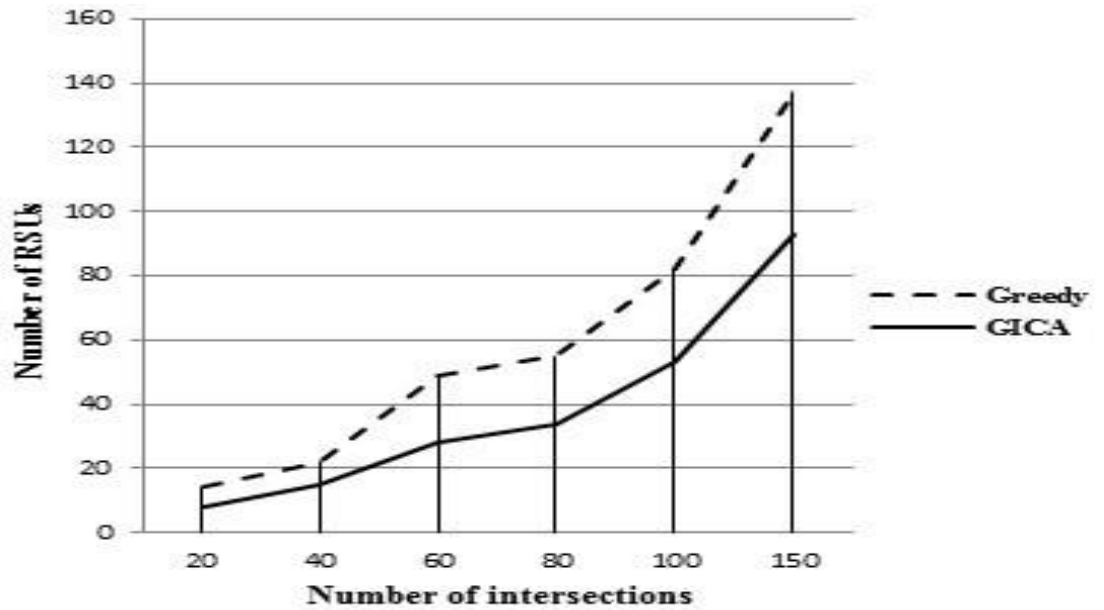


Fig.(3. 7.) Numéro de RSU généré en fonction du nombre d'intersections.

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une approche GICA basée sur le concept de priorité aux intersections pour résoudre le problème de déploiement des RSU dans un réseau de réseaux véhiculaires. Pour atteindre cet objectif, nous avons formulé ce problème comme un problème d'optimisation multi-objectifs afin de maximiser la couverture d'intersection tout en minimisant le nombre de RSU nécessaires et le taux de chevauchement. La performance de cette proposition a été démontrée par un ensemble de simulations et de comparaisons avec l'algorithme glouton.

CONCLUSION GENERALE

Optimisation multi-objectifs est une zone de prise de décision multicritère, qui est concerné par des problèmes d'optimisation mathématique impliquant plus d'une *fonction objectif* à optimiser en même temps. Optimisation multi-objectifs a été appliquée dans de nombreux domaines de la science, y compris l'ingénierie, l'économie et la logistique où les décisions optimales doivent être prises en présence de compromis entre deux ou plusieurs objectifs contradictoires. De notre monde réel, nombreux problèmes peuvent être qualifiés en optimisations multi-objectif. Dans notre étude nous avons abordé le problème déploiement des stations de bases routières dans un réseau ad hoc véhiculaire.

La mise en réseau ad hoc véhiculaire est une technologie clé pour les futurs systèmes de transport intelligents (STI) tels que la sécurité routière et les services d'efficacité et de confort. Le maintien de la couverture de transmission du réseau est considéré comme l'un des domaines de recherche les plus actifs sur les réseaux ad hoc véhiculaires (VANET). Cependant, la vitesse élevée des véhicules ainsi que la disponibilité de choix de trajets multiples définissent la topologie dynamique des VANET. Cependant, pour résoudre le problème de couverture, le déploiement des RSU est une solution principale, qui permet au VANET d'assurer une bonne connectivité.

Ce manuscrit a passé en revue le déploiement des RSU dans le VANET, a résumé et analysé les récentes approches proposées dans ce contexte en examinant les résultats atteints et leurs méthodes d'évaluation. Notre objectif principal est d'étudier l'optimisation du déploiement des RSU et leurs performances. Le déploiement des RSU est principalement influencé par plusieurs facteurs, tels que la mobilité des véhicules (densité, vitesse), la localisation des véhicules, les routes complexes, les protocoles de routage, les paramètres de QoS, etc.

Afin de résoudre problème de placement des RSU dans un réseau véhiculaire, notre contribution suggère un algorithme de couverture d'intersection génétique (GICA) basé sur le concept de priorité. Cette stratégie de déploiement considère les intersections routières comme le lieu idéal pour déployer des RSU. En sélectionnant ces intersections, qui ont un impact plus important sur l'efficacité des réseaux de véhicules, l'objectif recherché a été effectivement atteint. De plus, chaque intersection est associée à une valeur de priorité de sorte que le placement des RSU aux intersections les plus pertinentes est adopté comme la meilleure stratégie pour couvrir efficacement tous les segments de route cibles. En outre, l'approche proposée vise à réduire la zone de couverture de chevauchement couverte par deux RSU voisines provoquant les messages de trafic dupliqués redondants générés par les

véhicules. Ce problème a été formulé comme un problème d'optimisation à objectifs multiples afin de maximiser la couverture d'intersection et de minimiser le nombre d'UAR requises et le taux de chevauchement.

Le GICA a été validé par des tests approfondis utilisant différentes topologies de routes créées au hasard sur diverses zones urbaines. Par rapport à l'approche gourmande conventionnelle, GICA a placé un ensemble réduit d'UAR dans des positions conduisant à une meilleure couverture. En outre, les résultats atteints montrent que notre système montre de meilleures performances en termes de nombre réduit de RSU déployées et de taux de chevauchement.

Dans le cadre de travaux ultérieurs, nous entendons tester notre approche sur des environnements urbains à grande échelle sur la base de tracés de trafic réalistes. De plus, on espère un déploiement dynamique de RSU essayant de mettre RSU en mode OFF pendant une certaine période s'il y a des véhicules qui pourraient remplacer le RSU pour transmettre des messages.

Dans le cadre de recherches futures, le GICA pourrait être testé sur la base de traces de trafic réalistes. De plus, un déploiement dynamique de RSU est espéré en essayant de mettre RSU en mode OFF pendant une certaine période s'il y a des véhicules qui remplacent RSU pour transmettre des messages.

Bibliographie

- [1] C.Lochert, B.Scheuermann, C.Wewetzer, A.Luebke and M.Mauve, "Data aggregation and roadside unit placement for a VANET traffic information system", in: Proceedings of the Fifth ACM International Workshop on Vehicular Inter- Networking, VANET '08, ACM, New York, NY, USA, 2008, pp. 58–65.
- [2] M.Mejri, J.Ben-Othman, M.Hamdi, "Survey on VANET security challenges and possible cryptographic solutions", ELSEVIER, Vehicular Communications 1 (2014) 53–66.
- [3] U.Lee and M.Gerla; "A survey of urban vehicular sensing platforms"; Comput. Netw 54(4):527–544, March 2010.
- [4] H.Cheng, X.Fei*, A.Boukerche* and M.Almulla; "A Genetic Algorithm-Based Sparse Coverage Over Urban VANETs"; 28th International Parallel & Distributed Processing Symposium Workshops; 2014 IEEE
- [5] A. Abdrabou W.Zhuang;" Probabilistic Delay Control and Road Side Unit Placement for Vehicular Ad Hoc Networks with Disrupted Connectivity", IEEE Journal on selected areas in communications, vol. 29, no. 1, January 2011
- [6] Sorin Paun Laurentiu « Gestion de la mobilité dans les réseaux ambiants » Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble 2005.
- [7] BOUKHECHEM Nadhir "Routage dans les réseaux mobiles ad hoc par une approche à base d'agents » Mémoire de Magister Université de Constantine, 2007-2008.
- [8] DI GALLO Frédéric « WiFi » , Extraits de source diverses récoltées en 2003.
- [9] S. Corson, J. Macker « Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations » University of Maryland, Naval Research Laboratory ,January 1999.
- [10] Salim Bitam, Abdelhamid Mellouk "Bee life-based multi constraints multicast routing optimization for vehicular ad hoc networks.
- [11] MERAIHI Yassine, "Routage dans les réseaux véhiculaires (VANET) cas d'un environnement type

ville” mémoire de Magister En Genie Electrique Universite M’hamed Bougara – Boumerdes 2011.

[12] Moez JERBI,” Protocoles pour les communications dans les réseaux de véhicules en environnement urbain: Routage et GeoCast basés sur les intersections” mémoire de doctorat Universite D'evry Val D'essonne 200

[13] **Jeonghee Chi**, et al “Intersection-Priority based Optimal RSU Allocation for VANET”

[14] Barrachina, J. et al.; Tavares De Araujo Cesariny Calafate, CM.; Manzoni, P. (2013). Road side unit deployment: a density- based approach. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine. 5(3):30-39. doi:10.1109/MITS.2013.2253159.

[15] Kevin C. Lee, Uichin Lee, Mario Gerla, «Survey of Routing Protocols in Vehicular Ad Hoc Networks », IEEE journal on selected areas in communication

[16] **Sheng-Wei Wang ,Meng-Yi Chang** “Roadside Units Allocation Algorithms for Certificate Update in VANET Environments ” Department of Applied Informatics Fo Guang University Yilan 26247, TAIWAN

[17] **Prithviraj Patil et Aniruddha Gokhale Vanderbilt** “Voronoi-based Placement of Road-side Units to Improve Dynamic Resource Management in Vehicular Ad Hoc Networks “ University, Dept of EECS Nashville, TN 37212, USA

[18] **Prithviraj Patil et Aniruddha Gokhale Vanderbilt** “Maximizing Vehicular Network Connectivity Through an Effective Placement of Road Side Units Using Voronoi Diagrams” University, Dept of EECS Nashville, TN 37212, USA

[19] **Evellyn S. Cavalcante**. et al “Roadside Unit Deployment for Information Dissemination in a VANET: An Evolutionary Approach “ GECCO’12 Companion, July 7–11, 2012, Philadelphia, PA, USA. Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1178-6/12/07.

[20] **O. Trullols et al**,” Planning roadside infrastructure for information dissemination in intelligent transportation systems” Elsevier, Computer Communications 33 (2010) 432–442

[21] **Baber Aslam, Faisal Amjad and Cliff C. Zou** “Optimal Roadside Units Placement in Urban Areas for Vehicular Networks” IEEE 978-1-4673-2713-8/122012

[22] M. Muhammad et G. A. Safdar, «Enquête sur les problèmes d'authentification existants pour la communication V2X à assistance cellulaire», Vehicular Communications, vol. 12, pp. 50–65, 2018.

[23] S. Bitam, A. Mellouk et S. Zeadally, «Enquête sur les algorithmes de routage bio-inspirés pour les réseaux ad hoc véhiculaires», IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 17, non. 2, pp. 843–867, 2014.

[24] H. Liu, S. Ding, L. Yang et T. Yang, «A Connectivity-based Strategy for Roadside Units Placement in Vehicular Ad hoc Networks», International Journal of Technologie de l'information hybride (IJHIT), vol. 7, non. 1, pp. 91–108, 2014.

[25] j. Chi, Y. Jo, H. Park et S. Park, «Allocation optimale de rsu basée sur la priorité d'intersection pour vanet», en 2013 Cinquième conférence internationale sur les réseaux omniprésents et futurs (ICUFN), (Da Nang, Vietnam), pp. 350–355, 2013.

- [26] B. Aslam, F. Amjad et CC Zou, «Placement optimal des unités en bordure de route dans les zones urbaines pour les réseaux de véhicules», en 2012 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), (Cappadoce, Turquie), pp. 000423–000429, 2012.
- [27] X. Liya, H. Chuanhe, L. Peng et Z. junyu, «A randomized algorithm for roadside units placement in vehicular ad hoc network», dans 9e Conférence internationale sur Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, (Dalian, Chine), pp. 193–197, 2013.
- [28] P. Patil et A. Gokhale, «Voronoi-based placement of road-side units to better dynamic resource management in vehicular réseaux ad hoc », dans International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), (San Diego, CA, USA), pp. 389–396, 2013.
- [29] G. Chinmoy et B. Indrajit, « A constraint Delaunay Triangulation stratégie de déploiement de rsus basée sur la régulation pour couvrir une région convexe avec des obstacles pour maximiser la probabilité de communication entre v2i », Vehicular Communications, vol. 13, pp. 89-103, 2018.
- [30] E. S. Cavalcante, A. L. Aquino et G. L. Pappa, «Déploiement d'unité routière pour la diffusion de l'information dans un VANET: une approche évolutive», dans Actes de la 14e conférence annuelle compagnon

ملخص

يعد التحسين المتعدد الأهداف مجالاً من مجالات اتخاذ القرارات ذات المعايير المتعددة والتي تهتم بمشاكل التحسين الرياضي التي تتضمن أكثر من وظيفة موضوعية يتم تحسينها في وقت واحد. تم تطبيق التحسين متعدد الأهداف في العديد من مجالات العلوم ، بما في ذلك الهندسة والاقتصاد والخدمات اللوجستية حيث يجب اتخاذ القرارات المثلى في ظل وجود مقايضات بين هدفين متعارضين أو أكثر. في هذه الدراسة ، تناولنا تحسين موضع RSU كدراسة حالة. تعامل مع تحسينات موضع RSUs الموصوفة على أنها عملية إيجاد أفضل مزيج من RSUs على التقاطعات المناسبة من أجل تحسين أداء VANET فيما يتعلق باتصال الشبكة.

في هذه الورقة ، نتناول مشكلة نشر مجموعة دنيا من وحدات RSU قادرة على زيادة تغطية الشبكة إلى الحد الأقصى. لذلك ، نصور هذه المشكلة كمسألة تحسين متعددة الأهداف ، ومن ثم فإننا نقترح خوارزمية تغطية جينية جديدة (GICA) على أساس مفهوم الأولوية. يقترح GICA وضع وحدات RSU داخل التقاطع الأكثر شيوعاً بهدف زيادة الاتصال بين وحدات RSU مع تقليل معدل التداخل وتكاليف RSU. بعد مجموعة من عمليات المحاكاة والمقارنات مقابل نهج الجشع التقليدي ، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن GICA تضمن أكبر اتصال للشبكة مع أقل عدد من وحدات RSU الموضوعية في المنطقة التي تم اختبارها مع نسبة تداخل منخفضة.

الكلمات المفتاحية - التحسين متعدد الأهداف ، VANET ، نشر RSU ، أولوية التقاطع ، تغطية التقاطع ، الخوارزمية الجينية.

Abstract

Multi-objective optimization is an area of multiple criteria decision making that is concerned with mathematical optimization problems involving more than one objective function to be optimized simultaneously. Multi-objective optimization has been applied in many fields of science, including engineering, economics and logistics where optimal decisions need to be taken in the presence of trade-offs between two or more conflicting objectives. In this study, we tackle the RSUs placement optimization as a case study. Tack the RSUs placement optimizations described as the process of finding the best combination of RSUs on the adequate intersections in order to improve VANET performance in terms of network connectivity. In this paper, we address the problem of deploying a minimum set of RSUs that is able to maximize network coverage. Therefore, we formulate this problem as a multi-objective optimization problem, hence we propose a new genetic intersection-coverage algorithm (GICA) based on the priority concept. GICA suggests putting RSUs within the more popular intersection aiming to maximize the connectivity between RSUs while minimizing the interference rate and RSUs costs. After a set of simulations and comparisons against the conventional greedy approach, the obtained results

demonstrated that GICA ensures the largest network connectivity with a minimum number of RSUs placed in the tested area with a reduced overlapping ratio.

Keywords— multi objective optimization, VANET, RSU deployment, intersection-priority, intersection-coverage, genetic algorithm.

Résumé

L'optimisation multi-objectifs est un domaine de prise de décision à critères multiples qui concerne des problèmes d'optimisation mathématique impliquant plusieurs fonctions objectives à optimiser simultanément. L'optimisation multi-objectifs a été appliquée dans de nombreux domaines de la science, y compris l'ingénierie, l'économie et la logistique, où des décisions optimales doivent être prises en présence de compromis entre deux ou plusieurs objectifs contradictoires. Dans cette étude, nous abordons l'optimisation du placement des RSU comme une étude de cas. Tack les optimisations de placement des RSU décrites comme le processus de recherche de la meilleure combinaison de RSU sur les intersections adéquates afin d'améliorer les performances du VANET en termes de connectivité réseau.

Dans cet article, nous abordons le problème du déploiement d'un ensemble minimum de RSU capables de maximiser la couverture réseau. Par conséquent, nous formulons ce problème comme un problème d'optimisation multi-objectif, c'est pourquoi nous proposons un nouvel algorithme de couverture d'intersection génétique (GICA) basé sur le concept de priorité. GICA suggère de placer les RSU dans l'intersection la plus populaire visant à maximiser la connectivité entre les RSU tout en minimisant le taux d'interférence et les coûts des RSU. Après un ensemble de simulations et de comparaisons avec l'approche gourmande conventionnelle, les résultats obtenus ont démontré que GICA assure la plus grande connectivité réseau avec un nombre minimum de RSU placées dans la zone testée avec un taux de chevauchement réduit.

Mots clés: Optimisation multi-objectifs, VANET, déploiement RSU, priorité D'intersection, couverture d'intersection, algorithme génétique.