
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université Dr. Tahar Moulay SAIDA

Faculté : Technologie

Département : Informatique

جامعة د الطاهر مولاي سعيدة

كلية التكنولوجيا

قسم : الإعلام الآلي



MEMOIRE DE MASTER

Option : RISR

THEME

Implémentation d'algorithmes
d'optimisation pour la résolution d'un
problème d'ordonnancement dans un
réseau VANET (V2I).

Présenté par :

- LASFAR NOUR ELHOUDA
- NOUAR SAMIA

Encadré par :

-Mme DERKAOUI Orkia

Année Universitaire 2019/2020

Résumé

Les réseaux véhiculaires constituent une catégorie de réseaux sans fil mobiles à part entière et présentent l'originalité de permettre aux véhicules de communiquer les uns avec les autres mais aussi avec les unités de bord (RSU). L'apparition des réseaux véhiculaires s'est accompagnée de l'apparition d'une myriade et variété d'applications potentielles allant de la sécurité à la gestion du trafic routier en passant par les applications de divertissement et de confort des usagers de la route.

Le but de ce mémoire est d'étudier les performances de ce genre de réseau quand les unités de bord de route sont alimentées exclusivement par des sources d'énergie renouvelable afin de réduire la projection de gaz carbonique et protéger l'environnement .

Ce mémoire propose la stratégie d'ordonnancement des communications pour les RSU en fonction de ces paramètres cités ci dessous dans le but de maximiser le nombre de véhicules servis .Nous formulons le problème par un modèle d'optimisation linéaire en nombres entiers et prouvons ensuite que ce modèle fait partie des problèmes NP-difficiles pour lesquels il n'existe pas de solution optimale dans un temps polynomial. Par conséquent , nous proposons deux algorithmes approchés (méta-heuristiques) pour le résoudre. Le premier algorithme c'est l'algorithme glouton qui vise à favoriser les communications avec une faible consommation d'énergie, tandis que le deuxième algorithme est basée sur un algorithme évolutionnaire qui vise à chercher itérativement le meilleur ordonnancement possible des communications des unités de bord de route.

Mots clés : réseaux véhiculaires , unités de bord (RSU), ordonnancement des communications, optimisation.

Abstract

Vehicle networks constitute a category of mobile wireless networks in their own right and have the originality of allowing vehicles to communicate with each other but also with on-board units (RSU). The appearance of vehicle networks has accompanied by the emergence of a myriad and variety of potential applications ranging from safety to traffic management through applications for entertainment and comfort of road users

The purpose of this thesis is to study the performance of this kind of network when the roadside units are powered exclusively by renewable energy sources in order to reduce the projection of carbon dioxide and protect the environment.

This thesis recommends the strategy of scheduling communications for RSUs according to these parameters in order to maximize the number of vehicles served. We formulate the problem by a linear optimization model in whole numbers and then prove that this model does part of the NP-difficult problems for which there is no optimal solution in a polynomial time. Consequently, we propose two approximate algorithms (meta-heuristics) to solve it. The first algorithm is greedy algorithm which aims to promote communications with low energy consumption, while the second algorithm is based on an evolutionary algorithm which aims to iteratively seek the best possible scheduling of on-board unit communications of road.

Key words : Vehicle networks, on-board units (RSU), scheduling communications, optimization .

Remerciements

Au terme de ce projet de fin d'étude et en préambule au mémoire rédigé nous tenons à adresser nos remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseignés au cours des cinq années du cursus universitaire pour l'obtention du diplôme de master.

Nous remercions particulièrement avec gratitude tous les membres du jury qui nous ont fait l'honneur de prendre notre modeste travail en considération et en suite de le juger.

Nous exprimons notre reconnaissance et nos plus vifs remerciements à notre encadreuse «Mme DERKAOUI Orkia » pour ses conseils, son aide, pour son soutien moral et scientifique efficace et constant durant toute cette année.

Merci à tous

dédicace

C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que nous dédions ce modeste travail de fin d'étude à **ma très chère mère ,mon très cher père et mes cher grand parents** ; qui ont sacrifié leur vie pour notre réussite et nous en éclairé le chemin par leur conseils judicieux.

A mes chères sœurs **Nawel ,Karima,Khadidja.**

A mon cher frère **Mohamed.**

A mon future mari **Abdelghani.**

A ma chère binome **Houda.**

A ma familles.

A mes chères amies.

A mes respectables professeurs.

A mes collègues de promotion.

Et à tous ceux qui me sont chers.

Enfin à tous ceux qui sentent participant dans notre réussite, et à toute personne qui reconnaîtra son empreinte sur ce modeste travail,

Samia

dédicace

Je dédie ce mémoire à ...

Avant tout, j'adresse ma plus profonde gratitude et tout mon amour à **ma très chère mère**, qui m'a vraiment encouragé durant toute mes années d'étude.

J'aimerai dédier aussi ce travail à **mon cher père**, qui a été toujours à mes cotés. Sans ta Confiance, ta compréhension, ton soutien et surtout la bonne éducation que tu nous as donnée, je ne serais jamais ce que je suis aujourd'hui.

A la source de laquelle j'ai toujours puisé soutien, courage et persévérance
mon très cher grand père
A tous les sentiments chers et éternels que j'ai pour vous. Merci d'avoir été pour moi des amies, des complices.
Mes chères sœurs **Hadjer et kheira**

Je profite de ce travail pour vous dire que je vous aime beaucoup et que je suis fier de faire partir de vous **toute ma famille**

A **Saadia et Chaimaa** ;
Pour vos soutiens, compréhensions et patiences, J'ai passé avec vous des moments inoubliables.
A ma chère binome **Samia** ;

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour ce travail, je vous dis merci.

Houda

Table des matières

1	Introduction générale :	15
1.1	Mise en contexte :	15
1.2	Motivation :	15
1.3	La problématique :	17
1.4	Méthodologie :	17
1.5	Organisation du mémoire :	18
2	Introduction au Réseaux VANET	20
2.1	Introduction :	20
2.2	Réseaux sans fil :	20
2.2.1	Définition :	20
2.2.2	Catégorisation des réseaux sans fil :	20
2.2.2.1	Réseaux sans fil avec infrastructure (Cellulaires) :	20
2.2.2.2	Réseaux sans fil sans infrastructure (Ad-hoc) : . .	20
2.3	Réseaux ad hoc véhiculaires (VANET) :	21
2.3.1	Définition :	21
2.3.2	Composants d'un réseau VANET :	22
2.3.2.1	Road Side Unit (RSU) :	22
2.3.2.2	On-Board Unit (OBU) :	22
2.3.3	Caractéristiques des réseaux véhiculaires :	22
2.3.3.1	Capacité d'énergie et de stockage :	22
2.3.3.2	Environnement de communication :	22
2.3.3.3	Modèle de mobilité :	22
2.3.3.4	Sécurité et l'anonymat	23
2.3.4	Les modes de communication d'un réseau VANET :	23
2.3.4.1	Communication inter-véhicules (V2V communi- cation) :	23
2.3.4.2	Communication véhicules-RSUs (V2I communi- cation) :	23
2.3.4.3	Communication inter-RSUs (I2I communication) :	23
2.3.5	Types de messages :	23
2.3.5.1	Les messages « beacon » :	23
2.3.5.2	Les messages d'alerte :	24
2.3.5.3	Autres messages :	24
2.3.6	Normes et standards de communication :	24
2.3.6.1	WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) :	24
2.3.6.2	DSRC (Dedicated Short Range Communication) :	25
2.3.7	Domaines d'application des réseaux véhiculaires :	25
2.3.7.1	Les applications de sécurité routière :	25
2.3.7.1.1	Les applications de sensibilisation coopé- rative CA :	26
2.3.7.1.2	Les applications d'assistance et d'aide à la conduite coopérative (CDA) :	26

2.3.7.1.3	Application d'avertissement de collision et risque de la route (RHCW) :	26
2.3.7.2	Les applications de gestion du trafic routier :	26
2.3.7.3	Les applications d'information et de divertissement :	27
2.4	Conclusion :	28
3	Vue Générale sur le Problème d'ordonnancement	30
3.1	Introduction	30
3.2	Généralités sur l'ordonnancement :	30
3.2.1	La planification :	30
3.2.2	L'exécution :	30
3.2.3	Le contrôle :	30
3.3	Définition d'un problème d'ordonnancement :	30
3.3.1	Problème statique :	31
3.3.2	Problème dynamique :	31
3.4	Les éléments d'un problème d'ordonnancement :	31
3.4.1	Les tâches :	31
3.4.1.1	Les tâches morcelables (préemptives) :	31
3.4.1.2	Les tâches non morcelables (indivisibles) :	31
3.4.2	Les ressources :	32
3.4.2.1	Ressources renouvelables :	32
3.4.2.2	Ressource consommable :	32
3.4.2.3	Ressource partageables :	32
3.4.2.4	Ressources disjonctives :	32
3.4.2.5	Ressources cumulatives :	33
3.4.3	Les contraintes :	33
3.4.3.1	Les contraintes temporelles :	33
3.4.3.2	Les contraintes de ressources :	33
3.4.4	Les objectifs :	33
3.4.4.1	Critères liés au temps :	33
3.4.4.2	Critères liés aux ressources :	33
3.4.4.3	Critères liés aux coûts :	34
3.5	Conclusion :	34
4	Les techniques d'optimisation	36
4.1	Introduction	36
4.2	L'algorithme glouton	37
4.2.1	Optimale ou heuristique :	37
4.2.2	Algorithme générique d'une procédure gloutonne :	37
4.3	La méthode PSO	38
4.4	Conclusion :	40
5	Les solutions proposées	43
5.1	La topologie du réseau :	43
5.2	Le modèle d'ordonnancement :	44
5.3	Complexité :	45

5.4	Les Algorithmes proposés :	47
5.4.1	L'algorithme glouton (Greedy Algorithm) :	47
5.4.1.1	La première étape :	47
5.4.1.2	La deuxième étape :	47
5.4.1.3	Les conditions à respecter :	48
5.4.1.3.1	La deuxième condition : <i>Un créneau de temps est alloué qu'à un seul véhicule</i>	48
5.4.1.3.2	La troisième condition : <i>Un véhicule est ordonnancé au plus une seule fois</i>	48
5.4.1.4	L'algorithme :	48
5.4.1.5	Complexité de l'algorithme glouton :	49
5.4.2	Optimisation par essaim de particules (Particle swarm optimisation) :	49
5.4.2.1	La génération de la population :	50
5.4.2.2	Chercher la solution optimale :	50
5.4.2.3	Les conditions à respecter :	51
5.4.2.4	L'algorithme :	52
5.4.2.5	Complexité de l'algorithme PSO :	52
6	Résultats Expérimentaux et Interprétation	54
6.1	Introduction :	54
6.2	L'implémentation :	55
6.2.1	Interface graphique :	55
6.2.1.0.1	La première interface :	55
6.2.1.0.2	La deuxième interface :	55
6.2.1.0.3	La troisième interface	56
6.3	La comparaison :	57
6.4	Résultats et discussion :	59
7	Conclusion générale :	60

Table des figures

1	Exemple VANET [24]	21
2	Les éléments constituant le véhicule intelligent[24]	21
3	Exemple DSRC [25]	25
4	Exemple d'applications de gestion du trafic routier	27
5	Exemple d'une tâche [1]	32
6	Les domaines d'ordonnancement [20]	34
7	Hiérarchie des méthodes d'optimisation [31]	36
8	Pourcentages des disciplines utilisés par les chercheurs pour développer de nouvelle méta-heuristique [30]	37
9	Déplacement d'une particule	39
10	Une instance d'un VANET dont les RSUs sont alimentées par des sources d'énergies renouvelables [6]	43
11	L'affectation optimale entre le groupe d'agent et de tâche [23]	46
12	La première interface	55
13	La deuxième interface	56
14	La troisième interface : pour le glouton	56
15	La troisième interface : pour la PSO	57
16	L'impact de la méthode gloutonne sur la consommation d'énergie	57
17	L'impact de la méthode d'optimisation par essaim de particules sur la consommation d'énergie	58
18	Comparaison par rapport au temps de réponse	58
19	Comparaison par rapport au nombre des véhicules	59

Liste des tableaux

- 1 Les paramètres par défaut pour le réseau véhiculaire 54
- 2 Paramètres utilisés pour évaluer l'algorithme PSO 54

Liste des Algorithmes

1	Algorithme de glouton	38
2	Algorithme d'optimisation par essaim de particules	40
3	Algorithme glouton pour l'ordonnement des RSUs	49
4	Algorithme PSO pour rechercher un ordonnancement optimal des RSUs	52

Table des sigles et acronymes

HTSA	(<i>National Highway Traffic Safety Administration</i>)
VANET	Réseau ad hoc véhiculaire (<i>Vehicular Ad hoc NETWORKS</i>)
MANET	Mobile ad hoc networks (<i>Réseaux mobiles ad hoc</i>)
GPS	Global Positioning System (<i>Système de géolocalisation par satellite</i>)
RSU	Unité de bord de route (<i>Road Side Unit</i>)
OBU	Unité de bord de route (<i>On Board Unit</i>)
V2V	Communication inter-véhiculaires (<i>Vehicle to Vehicle communication</i>)
V2I	Communications véhicules-RSUs (<i>Vehicle to Infrastructure</i>)
I2I	Communication inter-RSUs (<i>Infrastructure to Infrastructure</i>)
WAVE	Accès sans fil dans le contexte véhiculaire (<i>Wireless Access in Vehicular Environment</i>)
IEEE	Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>)
DSRC	Communication dédiée à courte portée (<i>Dedicated Short Range communication</i>)
WIFI	Fidélité sans fil (<i>Wireless Fidelity</i>)
CA	Sensibilisation coopérative (<i>Cooperative sensibilisation</i>)

CDA	Assistance à la conduite coopérative (<i>Cooperative driver assistance</i>)
CDS	Systèmes de conduite coopérative (<i>Cooperative driving systems</i>)
LCA	Assistance au changement de voie (<i>Lane change assistance</i>)
RHCW	Avertissement de collision et risque de la route (<i>Collision and road hazard warning</i>)
NP	Polynomial non déterministe (<i>Non determinist Polynomial</i>)
PSO	Optimisation par essaim des particules (<i>Particle swarm optimization</i>)
OEP	Optimisation par essaim particulière (<i>Particle swarm optimization</i>)
PLNE	Problème d'optimisation Linéaire en Nombres Entiers (<i>Integer Linear Programming</i>)

Introduction générale

1 Introduction générale :

1.1 Mise en contexte :

Le progrès technologique a permis l'avènement des réseaux sans fil (par opposition aux réseaux filaires qui utilisent différents types de câbles) dont le développement est en plein essor à cause du confort de raccordement qu'ils procurent . L'utilisation de la technologie sans fil a adapté le marché des réseaux de télécommunication. Ce progrès technologique fait que les réseaux de télécommunication sans fil sont actuellement un des domaines de recherche de l'informatique les plus actifs.

Ces dernières années ont connu un développement important dans le domaine des télécommunications sans fil, ce développement est du principalement aux besoins actuels en termes de disponibilité et de l'accès aux données à tout moment. le nombre d'applications augmente de jour en jour pour améliorer notre quotidien que ce soit dans nos maisons, nos sociétés, nos voitures ... et pratiquement partout.

Une des applications qui a suscité d'intérêt des chercheurs c'est d'améliorer la gestion des transports terrestres d'une manière qui n'aurait pas été concevable jusqu'à présent , rendre le transport plus sécurisé, moins polluant et plus fluide et d'équiper nos voiture et nos routes de capacité lui permettant de les rendre plus sur d'une part (informations sur les congestions des routes , les accidents de circulation, les dangers sur les routes ,les informations météo, etc.),et d'autre part, amender le confort des passagers dans les véhicules et rendre le temps du voyage sur les routes moins ennuyeux.

De ces préoccupations est né ce qu'on appelle aujourd'hui les systèmes de transport intelligents et son objectif est d'améliorer la sécurité, l'efficacité et le confort des voyageurs dans le transport routier ,Parmi les services offerts par ces systèmes, certains reposent sur la coopération des véhicules pour acheminer des informations liées à la sécurité ou à la gestion routière.

Cette coopération est effectuée grâce à une architecture de réseaux véhiculaires sans fil appelée réseaux véhiculaires mobiles - Vehicular Ad hoc NETWORKS (VANETS) qui permet aux véhicules de communiquer via des messages envoyés entre eux.

1.2 Motivation :

Afin d'étudier les VANETS, le déploiement sur terrain réel n'est, malheureusement pas envisageable, d'où le recours à la simulation.

Aujourd'hui, la recherche dans ce domaine est devenue très active et les constructeurs automobiles pensent à intégrer des systèmes de communication sans fil dans les véhicules. Le domaine de recherche concernant les réseaux sans fil de véhicules est très large, allant des applications concernant la sécurité, aux applications de divertissement ou de publicité,

Toutefois, quand ces réseaux seront déployés à large échelle, ils pourront avoir un grand impact dans notre société. Selon l'agence fédérale des États-Unis chargée de la sécurité routière (National Highway Traffic Safety Administration, HTSA), ces réseaux pourraient « changer les règles du jeu ».

La communication dans les réseaux véhiculaires devrait contribuer à améliorer la sécurité routière en fournissant des informations en temps opportun aux conducteurs afin qu'ils prennent des actions adéquates à des situations potentiellement dangereuses. Afin d'assurer la sécurité, les réseaux véhiculaires sont restrictifs de respecter certains critères de performance. Par exemple, le délai d'acheminement des messages entre les véhicules est un critère important pour garantir la sécurité routière et éviter les collisions.

En effet, la mobilité est un paramètre à ne pas négliger, car les unités dans un VANET peuvent se déplacer à grande vitesse suivant un schéma de mobilité particulier. Cela induit une variation très rapide dans la topologie du réseau et peut causer une interruption dans les liaisons de communications. Le routage devient alors un véritable défi pour localiser les véhicules et router leurs messages.

Une des solutions pour surmonter les défis que présentent les communications inter-véhiculaires (Vehicle to vehicle communications, V2V) et d'améliorer les critères de performance consiste à utiliser un ensemble d'unités de bord de route (Road Side Unit, RSU) pour assister les véhicules dans leurs communications et pour disséminer les informations routières.

Les RSUs sont des infrastructures immobiles généralement placées dans les intersections surtout dans les environnements urbains et pouvant être connectées ensemble par un réseau à haut débit (filaire, satellitaire ou sans fil terrestre). Cependant, leur coût est plus ou moins élevé. De ce fait, il est judicieux de placer un nombre minimal de RSUs dans des endroits adéquats tout en garantissant un routage de données avec une qualité acceptable.

Nous considérons que les RSUs sont alimentées exclusivement par des sources d'énergie renouvelable. Cela permettrait d'alléger les coûts de déploiement en réduisant les dépenses liées à la consommation électrique et à l'installation de l'infrastructure d'alimentation. En effet, l'utilisation de sources d'énergie renouvelable ne nécessiterait pas de câblage électrique, ces sources d'énergie peuvent être récoltées directement de l'environnement entourant les RSUs comme l'énergie solaire qui est une source d'énergie qui dépend du soleil et qui est récoltée par la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs, l'énergie éolienne qui dépend du vent et qui est générée grâce au mouvement des éoliennes par le vent.

Ces sources d'énergie sont de nature instable dans leur disponibilité. La quantité et le temps de disponibilité de cette énergie dépendent du climat et des conditions géographiques et cette énergie n'est pas disponible ni partout, ni tout le temps. Il faut prévoir des dispositifs de stockage pour accumuler l'énergie et l'utiliser en cas d'interruption.

1.3 La problématique :

La nature instable dans la disponibilité d'énergie , fait que les RSUs ne peuvent pas envisager la quantité d'énergie à utiliser lors de la communication.

Certainement ,quand les RSU décident d'économiser leur énergie , elles se limitent à servir un nombre important de véhicules.

D'un autre côté, si les RSUs décident d 'exploiter l'énergie disponible dans leur dispositif de stockage elles risquent de gaspiller l'énergie.

Alors, lors de la communication les RSU doivent tenir compte non seulement l'état de l'énergie disponible mais également de la tendance des RSU à récolter de l'énergie à l'avenir .Pour cela la stratégie de l'ordonnancement des communication en fonction des paramètres de l'énergie doit être adapté dans le but d'optimiser la performance du réseau.

Puisque il est impossible de calculer la solution optimale en temps réel, car elle dépend de plusieurs variables inconnues comme l'arrivée des véhicules dans la route et la prochaine quantité d 'énergie récoltée par les RSUs, alors cet ordonnancement est supposé être centralisé et en mode hors-ligne, c'est-à-dire que l'ordonnanceur possède a priori des connaissances sur l'arrivée des véhicules et sur la quantité d'énergie récoltée par chaque RSU durant toute la durée de l'étude .

1.4 Méthodologie :

Afin d'optimiser la performance des RSUs en mode hors ligne, on va modeler la problématique de l'ordonnancement en un problème d'optimisation tout en respectant les contraintes de communication et de la quantité d'énergie .

L'ordonnanceur doit sélectionner un ensemble optimal de véhicules pour la communication, les véhicule sont tous de la même priorité et peuvent être servis par n'importe quelles RSUs. Pour ce fait , nous proposons deux méta heuristiques pour tenter de trouver une solution proche de l'optimal pour cet ordonnancement. Nos participations sur ce problème sont résumé comme suit :

- Nous étudions la solution en mode hors ligne du problème d'ordonnancement de transmission des RSUs quand elles sont alimentées exclusivement par une source d 'énergie renouvelable, avec l'objectif de maximiser le nombre de véhicules servis. Le problème est formulé sous forme d'optimisation linéaire en nombres entiers (PLNE). ;
- nous analysons la complexité du problème en termes du temps de calcul. ;
- Nous proposons un algorithme heuristique l'algorithme glouton qui trouve une solution proche de l'optimal .
- Nous proposons aussi une méta-heuristique d'optimisation par essais particuliers comme solution alternative à l'algorithme du l'algorithme glouton
- Ensuite, on procède une comparaison des résultats obtenus par les deux algorithmes pour voir les performances de chacun .

1.5 Organisation du mémoire :

Dans ce mémoire ,on aborde par la suite les chapitres suivants :

- Le chapitre 2 est un survol sur les réseaux véhiculaires AdHoc (VANETs) avec définitions, description des entités et présentation de leurs caractéristiques.
- Le chapitre 3, résume le problème d'ordonnancement sa définition et ses différents éléments.
- Le chapitre 4 est consacré à la présentation des techniques d'optimisation et puis notre intention est d'approfondir dans l'algorithme de glouton et l'optimisation par particule d'essaim.
- Le chapitre 5,présente la formulation du problème et les solutions proposées.

- Le chapitre 6 , explique les résultats expérimentaux et Interprétation.
- La conclusion générale revient sur le problème posé. Elle donne une évaluation des solutions proposées .

chapitre 2 : Présentation du réseau VANET

2 Introduction au Réseaux VANET

2.1 Introduction :

Au cours de ces dernières années, les avancées continues réalisées dans les technologies de communication sans fil ont déclenché l'apparition d'un grand nombre de nouveaux réseaux visant à étendre la connectivité dans les environnements où les solutions filaires ne sont pas toujours déployables. En tant que tels, les réseaux véhiculaires se présentent comme un domaine de recherche prometteur qui attire de plus en plus l'attention des chercheurs. L'objectif de ce chapitre est de présenter tout d'abord les réseaux ad hoc de manière générale, puis, d'appréhender la notion de réseau sans fil véhiculaire.

2.2 Réseaux sans fil :

2.2.1 Définition :

Un réseau sans fil (Wireless network) est un réseau dans lequel au moins deux terminaux sont connectés sans liaison filaire. Ce type de réseau basé sur des liaisons utilisant des ondes radioélectriques (exemple : radio, infrarouge), de telle sorte que les terminaux ont la possibilité de se déplacer dans un certain périmètre de couverture géographique sans perdre le signal.[5]

2.2.2 Catégorisation des réseaux sans fil :

Les réseaux sans fil peuvent être rangés en deux grandes catégories :

2.2.2.1 Réseaux sans fil avec infrastructure (Cellulaires) : Les réseaux sans fil avec infrastructure sont constitués d'un ensemble de points d'accès (site fixe ou station de base) et des unités mobiles, ou chaque station de base correspond à une cellule à partir de laquelle des unités mobiles peuvent être connectées à cette station de base via une liaison sans fil pour émettre et recevoir des messages. Alors que les sites fixes sont interconnectés entre eux via un réseau de communication filaire.

2.2.2.2 Réseaux sans fil sans infrastructure (Ad-hoc) : Un réseau sans infrastructure est également appelé réseau Ad-hoc. Dans ce mode de réseau la notion de site fixe ou points d'accès n'existe pas. Toutes les unités du réseau se communiquent d'une manière directe en utilisant leurs interfaces de communication sans fil afin de construire un réseau point à point. Ainsi chaque unité joue en même temps le rôle de client et celui du point d'accès.[5] Dans ces réseaux, les entités envisagées sont des terminaux légers et de taille réduite qui fonctionnent

sur batterie, donc elles ont des capacités de traitement et de mémoire limitées . Les réseaux ad hoc, dans leur configuration mobile, sont connus sous le nom de MANET (Mobile Ad-hoc NETwork). [4]

2.3 Réseaux ad hoc véhiculaires (VANET) :

2.3.1 Définition :

Par rapport à un réseau ad hoc classique, les réseaux VANET sont caractérisés par une forte mobilité des nœuds rendant la topologie du réseau fortement dynamique .Pour la mise en place d'un tel réseau, certains équipements électroniques doivent être installés au sein de véhicules, tel : les dispositifs de perception de l'environnement (radars, caméras), un système de localisation GPS, et bien sûr une plateforme de traitement [4],on parle de la notion de « véhicule intelligent »

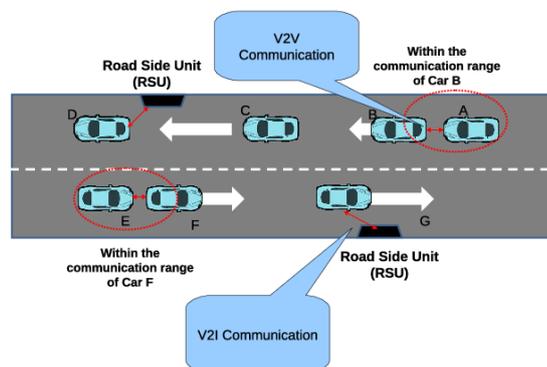


FIGURE 1: Exemple VANET [24]

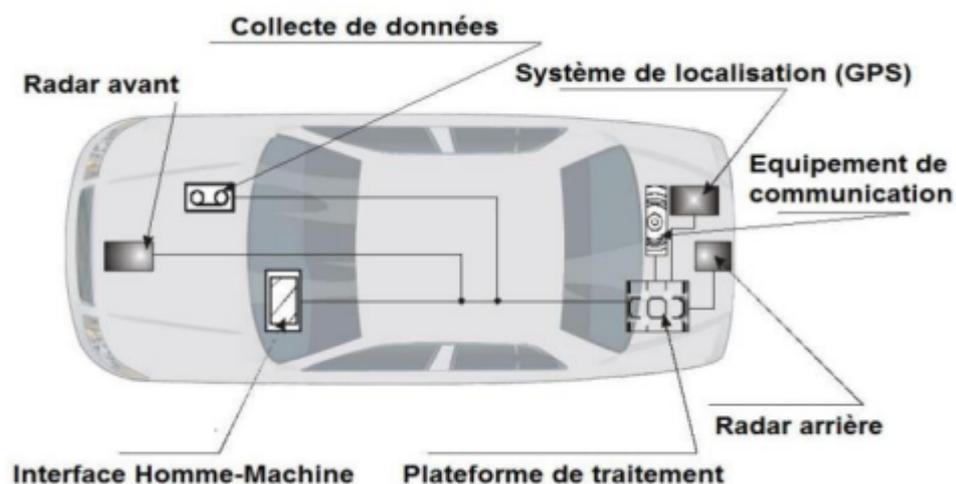


FIGURE 2: Les éléments constituant le véhicule intelligent[24]

2.3.2 Composants d'un réseau VANET :

Un réseau VANET est constitué principalement de deux entités :

2.3.2.1 Road Side Unit (RSU) : Les infrastructures RSUs sont installées au bord des routes. Elles peuvent être principalement, des feux de signalisation, des lampadaires ou autres qui sont équipés de moyens de transmission, de réception et de traitement de données. Leur principale responsabilité est la gestion du trafic et des véhicules. Aussi, ces infrastructures représentent des points d'accès au réseau et aux différentes informations sur la circulation. [13]

2.3.2.2 On-Board Unit (OBU) : Les OBUs sont des unités embarquées dans les véhicules intelligents, elles regroupent un ensemble de composants matériels et logiciels de hautes technologies (GPS, radar, caméras, différents capteurs et autres). Leurs rôles est d'assurer la localisation, la réception, le calcul, le stockage et l'envoi des données dans le réseau. Chaque unité OBU est composée d'une interface spéciale pour la connexion 'a des autres OBUs (véhicules) et d'un périphérique réseau pour une communication sans fil avec les unités de bord de route (RSUs). [13]

2.3.3 Caractéristiques des réseaux véhiculaires :

Les réseaux VANETs peuvent être considérés comme une sous-classe des MANETs. La mobilité de leurs nœuds constitue la différence principale. Cette mobilité est souvent influencée par le comportement du conducteur et les contraintes de la mobilité comme la restriction de la vitesse routières. Les principales caractéristiques de VANETs sont :

2.3.3.1 Capacité d'énergie et de stockage : Contrairement au contexte des réseaux sans fil traditionnels où la contrainte d'énergie représente un facteur limitant important, les éléments du réseau VANET disposent suffisamment d'énergie qui peut alimenter les différents équipements électroniques d'un véhicule intelligent. D'autant plus, les nœuds ont une capacité de traitement et de stockage de données suffisantes.

2.3.3.2 Environnement de communication : Dans les réseaux véhiculaires, il est impératif de prendre en compte la grande diversité environnementale. Contrairement aux autres réseaux sans fil qui ont un environnement bien spécifique selon leur fonctionnement, les réseaux véhiculaires sont appelés à passer d'un environnement urbain caractérisé par de nombreux obstacles à la propagation des signaux, à un environnement rural ou autoroutier présentant des caractéristiques différentes .[4]

2.3.3.3 Modèle de mobilité : Les réseaux véhiculaires se distinguent également des réseaux sans fil ordinaires par un modèle de mobilité très dynamique dû

à l'importante vitesse des nœuds qui réduit considérablement les durées de temps pendant lesquels les nœuds peuvent communiquer. En plus c'est difficile d'avoir un modèle de mobilité puisque les déplacements des nœuds sont liés à la volonté des conducteurs. D'autre part, on peut profiter de quelques exceptions pour construire une base d'infrastructure fondée sur des nœuds spécifiques que l'on connaît bien, les routes que ces nœuds vont emprunter comme les bus de transports .[4]

2.3.3.4 Sécurité et l'anonymat L'importance des informations échangées via les communications véhiculaires rend l'opération de sécurisation cruciale.[4]

2.3.4 Les modes de communication d'un réseau VANET :

Constituent différents modes de communication entre les véhicules :

2.3.4.1 Communication inter-véhicules (V2V communication) : La communication est basée sur l'échange de données avec les véhicules situés dans la zone de couverture radio du véhicule émetteur. La communication fonctionne dans un environnement décentralisé qui est basée sur la communication point à point. Elle est principalement utilisée pour la diffusion rapide d'informations liées au service de sécurité routière. Cependant , la connectivité n'est pas permanente entre les véhicules car la topologie varie constamment. [6]

2.3.4.2 Communication véhicules-RSUs (V2I communication) : Dans le mode (V2I) la notion de centralisation, permet aux véhicules de communiquer avec des points d'accès déployés au bord de la route. Ces points d'accès sont également connus sous le nom RSU (ROAD SIDE UNITS), principalement pour relayer des messages ou collecter des données. Les RSUs offrent une meilleure connectivité et permettent l'accès à divers services (internet, infodivertissement , réseaux cellulaires, etc.) [6]

2.3.4.3 Communication inter-RSUs (I2I communication) : C'est une communication entre les RSUs. Elle est utilisée pour coordonner les activités dans le réseau (localiser un véhicule, relayer un message ou centraliser la gestion dans le réseau, etc.). L'interconnexion entre les RSUs peut être filaire avec un haut débit , qui permettrait de diminuer le délai de communication entre les véhicules. [6]

2.3.5 Types de messages :

Trois types de messages s'échangent entre les différentes entités du réseau véhiculaire sans fil :

2.3.5.1 Les messages « beacon » : Aussi appelé message de contrôle ou d'identification, ils sont envoyés à intervalles réguliers, par convention. Un véhicule envoie un message « beacon » toutes les 100ms. Ils contiennent des informations

personnelles sur les véhicules telles que : sa vitesse, sa position GPS (Global Positioning System), sa direction, etc . [12] Les messages de contrôle permettent à chaque véhicule d'avoir une vision locale de son entourage. Grâce à ce type de message, les véhicules se font connaître de leur entourage.[13]

2.3.5.2 Les messages d'alerte : Le message de sécurité est généré lorsqu'un événement qui mérite l'attention du conducteur est détecté. Ces messages sont générés dans le cas d'un accident, de congestion, d'un obstacle sur la route, etc. Lorsqu'un message d'alerte est émis, il doit être retransmis à intervalle régulier pour assurer que l'alerte est toujours valide. De plus, ces messages doivent être de taille réduite pour pouvoir être retransmis rapidement dans le réseau. Les messages contiennent les informations des coordonnées du lieu de l'accident et les paramètres sur sa zone de retransmission. [13]

2.3.5.3 Autres messages : Les autres types de messages sont tous les messages qui ne sont pas des messages de contrôle ou des messages de sécurité. Il peut s'agir des messages d'une application, de l'envoi de courriel, etc. Ces messages ne sont émis qu'une fois. [13]

2.3.6 Normes et standards de communication :

On note une forte concurrence entre les Etats-Unis, l'Europe et le Japon en termes de normalisation et de création des standards dans le domaine de réseaux véhiculaires VANET. La normalisation de protocoles est un acte primordial dans l'industrie des prochaines générations de véhicules. En effet, la grande vitesse de déplacement des véhicules, ainsi que le changement dynamique du type de communication, obligent de créer un nouveau modèle dans le système de réseau VANET pour mieux répondre aux exigences de ce domaine. [7]

2.3.6.1 WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) : L'IEEE a développé une architecture connue sous le nom de WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments), pour fournir l'accès sans fil dans les environnements véhiculaires . [8] L'architecture VAGUE « WAVE » définit deux modes de communication véhicule-à-véhicule et véhicule-à-infrastructure [10]. Les véhicules communiquent via un dispositif installé à leur bord dit, OBU (On Board Unit) .[11] La famille des standards IEEE 1609 pour WAVE, se décompose en quatre standards :

- pour la gestion des ressources (IEEE 1609.1 -WAVE Resource Manager).
- pour la sécurisation des messages (IEEE 1609.2 WAVE Security Services for Applications and Management Messages).
- pour les services de niveau réseau et transport incluant l'adressage, le routage (IEEE 1609.3 -WAVE Networking Services)
- et pour la coordination et la gestion des sept canaux DSRC (IEEE 1609.4-WAVE Multi-Channel Operation).[9]

2.3.6.2 DSRC (Dedicated Short Range Communication) : La communauté scientifique a choisi d'utiliser le DSRC comme technologie sous-jacente aux VANET, en réservant notamment des fréquences radios spécifiquement à ces réseaux, ce qui diminue les interférences par rapport à l'utilisation du WIFI. Cette technologie supporte les modes véhicule à véhicule (V2V), ainsi que véhicule à infrastructure (V2I). Aussi le DSRC propose un débit et une portée de communication adéquats pour les applications VANET. [14]

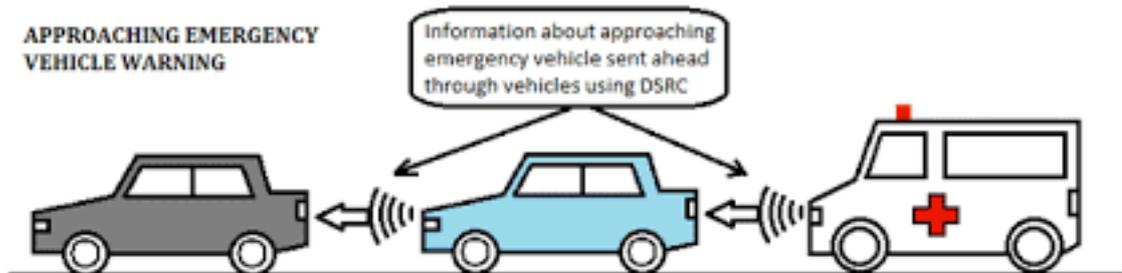


FIGURE 3: Exemple DSRC [25]

2.3.7 Domaines d'application des réseaux véhiculaires :

Les applications conçues pour les réseaux véhiculaires peuvent être principalement classifiées sur trois catégories :

- (i) les applications de sécurité routière,
- (ii) les applications de gestion du trafic routier et
- (iii) les applications d'information et de divertissement. Dans la suite, nous allons détailler chacun de ces types en précisant leurs objectifs et leurs contraintes. [15]

2.3.7.1 Les applications de sécurité routière : La sécurité routière est prise en première priorité suite au nombre élevé d'accidents. Pour remédier à la sécurité des déplacements et faire face aux accidents routiers, les communications inter véhicules offrent la possibilité de prévenir les conducteurs sur l'existence d'un accident, des travaux sur la route et même de distribuer les informations météorologiques par envoi de messages d'alerte. [16] Les applications liées à la sécurité ont suscité une attention considérable car elles sont directement liées à minimiser le nombre d'accidents de la route. Cette catégorie est associée aux applications de la classe « sécurité routière active » qui vise à fournir des services de sensibilisation et d'alerte au conducteur à travers trois types d'applications : la sensibilisation coopérative (CA), l'assistance à la conduite coopérative (CDA), et les applications d'alertes de risque de collision (RHCW). En fait, la classe de la sécurité routière active fournit des fonctions de sensibilisation qui fournissent des informations au conducteur pendant la conduite normale, avertissent le conducteur des conditions de danger de la route et les accidents probables et aident activement le conducteur à éviter des accidents imminents. En d'autres termes, les applications liées à la sécurité sont responsables de : sensibilisation, mise en garde et d'assistance . [16]

2.3.7.1.1 Les applications de sensibilisation coopérative CA : consistent à sensibiliser les conducteurs des autres véhicules et fournir des informations sur l'environnement alentours du véhicule. Plusieurs applications sont offertes dans cette catégorie. Parmi ces applications, nous mentionnons : l'indication d'un véhicule d'urgence, indication de l'approche d'une moto et signalisation d'un véhicule lent. Pour ces derniers exemples d'applications, le véhicule diffuse des messages d'alertes à l'approche des véhicules dans son entourage. Les informations diffusées aident les conducteurs routiers à s'adapter aux conditions de la route. [5]

2.3.7.1.2 Les applications d'assistance et d'aide à la conduite coopérative (CDA) : Ces applications fournissent des services d'assistance au conducteur. Beaucoup de services appartiennent à cette catégorie, entre autres :

Systèmes de conduite coopérative (CDS) : cette application exploite l'échange de données de capteurs ou d'autres informations d'état entre les voitures. Ces systèmes de conduite aident les conducteurs pour maintenir un temps et une distance de sécurité entre les véhicules pour s'assurer que le freinage d'urgence ne causera pas de collisions entre les voitures. Le système de calcul des progrès adapte le progrès d'un véhicule en tenant compte des nouvelles conditions environnementales, la dynamique du véhicule, et des considérations de sécurité.

Assistance au changement de voie (LCA) : Cette application assiste le conducteur dans le choix de l'instant optimal pour changer de voie et influe sur le comportement des conducteurs en vue d'améliorer les performances de conduite.

2.3.7.1.3 Application d'avertissement de collision et risque de la route (RHCW) : Les applications de la classe (RHCW) fournissent des informations au sujet des collisions imminentes dues à l'état dangereux de la route, obstacles et conducteurs erratiques pour que les conducteurs soient vigilants à la collision imminente. Les systèmes de détection d'accident (CD) se fondent sur des radars, des capteurs, ou des caméras afin de détecter une collision imminente. Plusieurs services sont offerts dans cette classe :

Avertissement Coopératif de Collision : Un véhicule surveille activement les messages concernant le statut de la cinématique des véhicules de son voisinage pour avertir la collision potentielle

Emergence électronique des feux de stop : un freinage dur d'un véhicule provoque un message d'avertissement qui sera diffusé aux conducteurs mis en danger au sujet de la situation critique avec une latence minimum

Notification des risques de la route : En détectant un risque de route (par exemple brouillard, fluide, glace, et vent), les véhicules se trouvant dans le même périmètre sont annoncés.

Notification des caractéristiques d'une route : Un véhicule détectant une caractéristique de route (par exemple descente, virage courbe) informe les véhicules en voisinage. [16]

2.3.7.2 Les applications de gestion du trafic routier : Les messages échangés au sein des applications de gestion du trafic ont pour but d'améliorer le

trafic routier en l'optimisant à travers la sélection de chemins et routes adéquats, en prenant en considération les embouteillages potentiels ou les obstacles afin de les contourner. Ceci permet de répartir le trafic routier, de réduire le temps du voyage des conducteurs et d'économiser sur les consommations de carburant,[14] 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 [13]. Un exemple d'application de gestion du trafic routier est illustré dans la figure [14] Même si un véhicule équipé d'un GPS et disposant d'une carte est capable, à lui seul, de calculer le meilleur trajet à suivre, les performances de ces applications sont meilleures lorsque leurs mises à jour sont en temps réel, soit lorsqu'un véhicule reçoit des informations d'actualité concernant le trafic routier, de la part d'une unité de bords de route ou de celle des autres véhicules à proximité. Ces applications ont pour but d'assister le conducteur lors de sa conduite. Leurs critères en terme de qualité de services sont moins restrictives que pour les applications de sûreté, mais tout de même similaires, à savoir, un certain taux de réception doit être garanti [14]

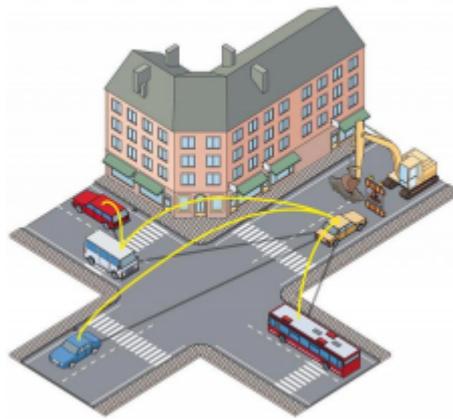


FIGURE 4: Exemple d' applications de gestion du trafic routier

2.3.7.3 Les applications d'information et de divertissement : L'objectif principal de cette catégorie d'applications est de fournir aux usagers routiers des informations, des publicités et du divertissement au cours de leurs trajets. Ces applications ont pour objectif d'améliorer le confort des conducteurs et des passagers. À titre d'exemple, on peut citer des applications qui fournissent aux utilisateurs des informations sur les stations-service à proximité ou l'offre d'un restaurant au bord de l'autoroute. Les utilisateurs n'ont alors plus besoin de s'arrêter. Ils peuvent profiter de ces offres quand elles les intéressent. De plus, Les réseaux véhiculaires peuvent aussi améliorer le confort des conducteurs et des passagers. Ce confort est illustré par 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 . [17] Elles sont plus tolérantes aux délais que les précédentes. Elle visent à offrir des services de confort aux usagers routiers. En

revanche, ces applications doivent répondre aux préférences des usagers routiers. [15]

2.4 Conclusion :

Dans le contexte de la communication V2I dans un réseau VANET, dans notre projet on propose une technique d'ordonnancement pour optimiser le service des véhicules par les RSUs. Cette technique se base dans l'implémentation d'une heuristique comme l'algorithme glouton et une méta heuristique comme la PSO (Optimisation par essaim de particules ou Particle swarm optimisation).

chapitre 3 : Vue Générale sur le Problème d'ordonnancement

3 Vue Générale sur le Problème d'ordonnancement

3.1 Introduction

Les problèmes d'ordonnancement font partie de notre vie quotidienne. Actuellement, l'ordonnancement apparaît dans tous les domaines de l'économie, l'informatique, la construction, l'industrie et l'administration. Dans ce chapitre on va présenter les notions de base relatives aux problèmes d'ordonnancement.

3.2 Généralités sur l'ordonnancement :

L'ordonnancement est une tâche critique du processus de planification, où le but est d'allouer, d'une manière intelligente et efficace, les ressources disponibles aux tâches ou aux opérations qui composent ces tâches tout en trouvant un compromis entre plusieurs objectifs de production, exprimés en termes de temps, de coût, de réactivité, etc [2] L'ordonnancement passe par trois étapes qui sont :

3.2.1 La planification :

qui vise à déterminer les différentes opérations à réaliser, les dates correspondantes, et les moyens matériels et humains à y affecter.

3.2.2 L'exécution :

qui consiste à la mise en œuvre des différentes opérations définies dans la phase de planification.

3.2.3 Le contrôle :

qui consiste à effectuer une comparaison entre planification et exécution, soit au niveau des coûts, soit au niveau des dates de réalisation [21].

3.3 Définition d'un problème d'ordonnancement :

Un problème d'ordonnancement peut être considéré comme un sous problème de planification dans lequel il s'agit de décider de l'exécution opérationnelle des tâches (jobs) planifiées [20] , à exécuter sur un ensemble de ressources. Il s'agit d'affecter, à chaque tâche une date d'exécution et un sous-ensemble de ressources

de façon à satisfaire à la fois des contraintes temporelles et des contraintes d'accès aux ressources. [1] On peut distinguer deux catégories de problèmes d'ordonnement en fonction des informations disponibles que l'on a du problème à résoudre :

3.3.1 Problème statique :

lorsque l'état initial de l'atelier, les tâches à ordonner ainsi que leurs dates d'arrivées sont connues au préalable.

3.3.2 Problème dynamique :

lorsque les tâches à ordonner sur une période donnée ne sont pas connues à l'avance et arrivent au fur et à mesure.

3.4 Les éléments d'un problème d'ordonnement :

Un problème d'ordonnement est composé d'un ensemble défini d'éléments, on trouve ces composants dans tous les problèmes d'ordonnement :

3.4.1 Les tâches :

Une tâche est une entité élémentaire de travail démarquée dans le temps par une date de début de la tâche t_i ou de fin de la tâche c_i ainsi qu'un temps d'exécution sur une ou plusieurs machines, dont la réalisation est caractérisée par une durée de traitement $p_i = c_i - t_i$, et par l'intensité a_{ik} avec laquelle elle consomme certains moyens k . [19]

On distingue deux types de tâches :

3.4.1.1 Les tâches morcelables (préemptives) : qui peuvent être exécutées en plusieurs fois facilitant ainsi la résolution de certains problèmes.

3.4.1.2 Les tâches non morcelables (indivisibles) : qui doivent être exécutées en une seule fois et ne sont interrompues qu'une fois terminées. [18]

Généralement, les notations utilisées pour caractériser une tâche, qu'on note 'i', sont les suivantes :

Une date de disponibilité r_i : l'exécution de la tâche i ne peut pas débuter avant cette date.

Une date échuée notée d_i : la tâche i doit être achevée avant cette date.

La durée opératoire –de traitement- notée p_i : On note $[r_i, d_i]$, l'intervalle temporel dans lequel la tâche i devrait s'exécuter. [1]

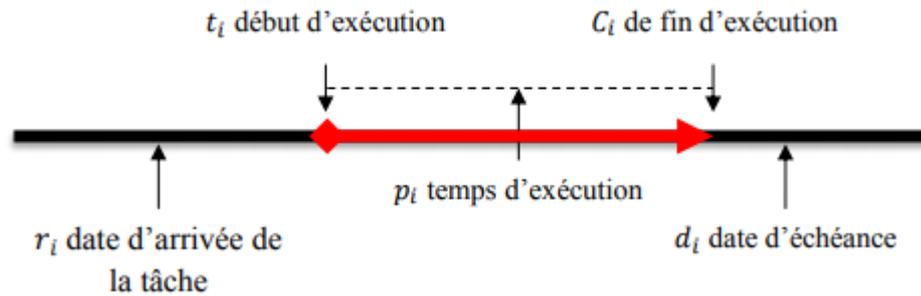


FIGURE 5: Exemple d'une tâche [1]

3.4.2 Les ressources :

Une ressource k est un moyen technique et/ou humain, destiné à être utilisé pour une réalisation d'une tâche et disponible en quantité limitée, sa capacité (supposée constante) . [19] On distingue plusieurs types de ressources sont :

3.4.2.1 Ressources renouvelables : si elles sont utilisées par une ou plusieurs tâches, elles seront à nouveau disponibles en même quantités (les hommes, les machines, l'espace, l'équipement en général, ... etc.), les quantités des ressources utilisables à chaque instant sont limitées. [19]

3.4.2.2 Ressource consommable : lorsque on utilise pour la réalisation d'une ou plusieurs tâches à la fois elles ne sont pas disponibles, par exemple la matière première ou les ressources financières. [2]

3.4.2.3 Ressource partageables : sont des ressources pouvant être partagées entre plusieurs tâches/opérations. [2]

Une autre classification des ressources existe aussi dans la littérature : [1]

3.4.2.4 Ressources disjonctives : principalement dans le cas de ressources renouvelables, sont des ressources qui ne peuvent exécuter qu'une tâche à la fois.

3.4.2.5 Ressources cumulatives : qui peuvent être utilisées par plusieurs tâches simultanément (parallèle).

3.4.3 Les contraintes :

Une contrainte exprime des restrictions sur les valeurs que peuvent prendre simultanément les variables représentant les relations reliant les tâches et les ressources. On distingue deux types de contraintes, les contraintes temporelles et les contraintes de ressources. [20]

3.4.3.1 Les contraintes temporelles : Les contraintes de temps sont généralement liées à l'intervalle de temps pour l'exécution d'une tâche ou d'une opération, c'est-à-dire que l'exécution d'une tâche ne doit pas commencer avant une date ri et se terminer avant une date d . [2] Une contrainte temporelle peut être spécifiée ainsi (Équation 1) :

$$ri \leq ti \leq di \quad \text{et} \quad ri \leq Ci \leq di \quad (1)$$

3.4.3.2 Les contraintes de ressources : Plusieurs types de contraintes peuvent être induits par la nature des ressources. À titre d'exemple, la capacité limitée d'une ressource implique un certain nombre, à ne pas dépasser, de tâches à exécuter sur cette ressource.

3.4.4 Les objectifs :

Il existe généralement un nombre très important de solutions correspondant à chaque problème d'ordonnancement et chacune de ces solutions dispose de ses propres caractéristiques. Lors de la résolution de tels problèmes on favorise une solution à une autre selon leurs caractéristiques, selon l'environnement, et selon la nature des commandes ou d'autres critères.[2] Plusieurs mesures de performances peuvent être utilisées pour l'évaluation de l'ordonnancement. Ces mesures reposent sur les temps d'achèvement, les échéances, les inventaires, les coûts d'utilisation etc. Les objectifs sont regroupés en trois familles, à savoir : [20]

3.4.4.1 Critères liés au temps : tel que la minimisation du temps total d'exécution $Cmax$ ou du retard maximal des tâches $Tmax$

3.4.4.2 Critères liés aux ressources : minimisation de l'utilisation des ressources ou la réduction du temps d'utilisation

3.4.4.3 Critères liés aux coûts : minimisation des coûts de lancement, coûts des retards, etc. Les domaines concernés l'ordonnancement :

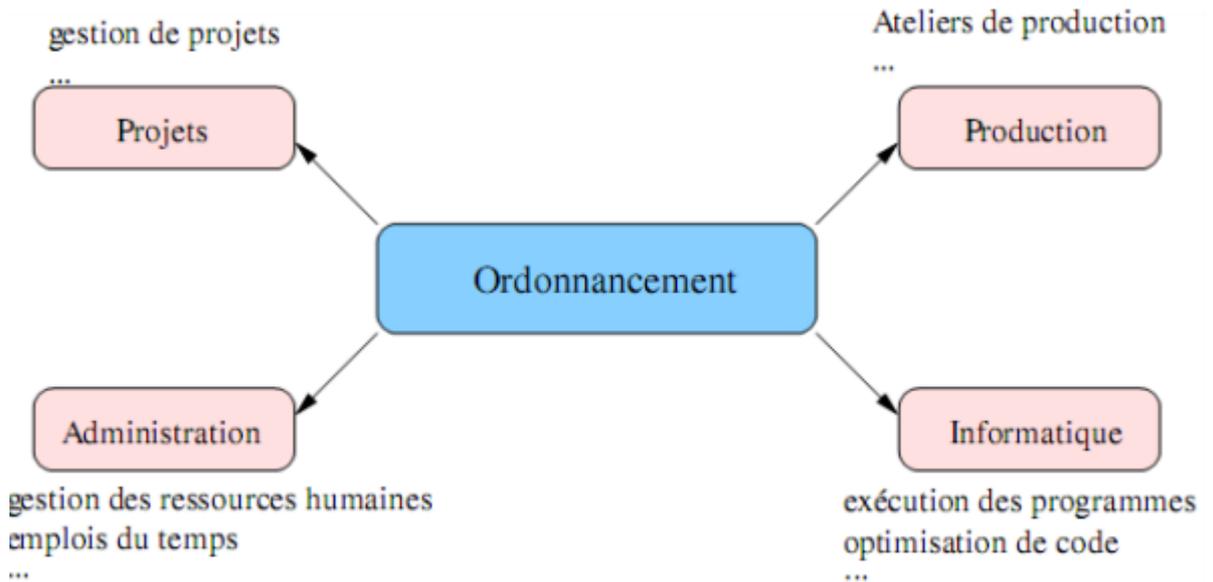


FIGURE 6: Les domaines d'ordonnancement [20]

3.5 Conclusion :

Les problèmes d'ordonnancement font partie de la famille des problèmes d'optimisation et ont fait l'objet d'études minutieuses de la part de chercheurs issus de l'informatique. Un nombre très important de contributions ont été proposées où de nombreuses méthodes de résolution sont avancées pour la résolution des problèmes d'ordonnancement. Ces contributions vont des méthodes exactes jusqu'aux heuristiques et **méta-heuristiques** .

chapitre 4 : Les techniques d'optimisation

4 Les techniques d'optimisation

4.1 Introduction

Les problèmes d'ordonnancement et les problèmes d'optimisation en général sont en majorité très difficiles à résoudre du au nombre de solutions possibles . Dans la littérature plusieurs méthodes sont proposées pour la résolution de problèmes d'ordonnancement. Ces méthodes sont groupées en deux classes : les méthodes exactes qui offrent la possibilité de trouver des solutions optimales pour des problèmes de petite taille, et les méthodes approchées qui sont utilisées pour résoudre des problèmes de grande taille et permettent de trouver des solutions en un temps raisonnable. [2]

Cette figure montre la classifications des différentes méthodes d'optimisation.

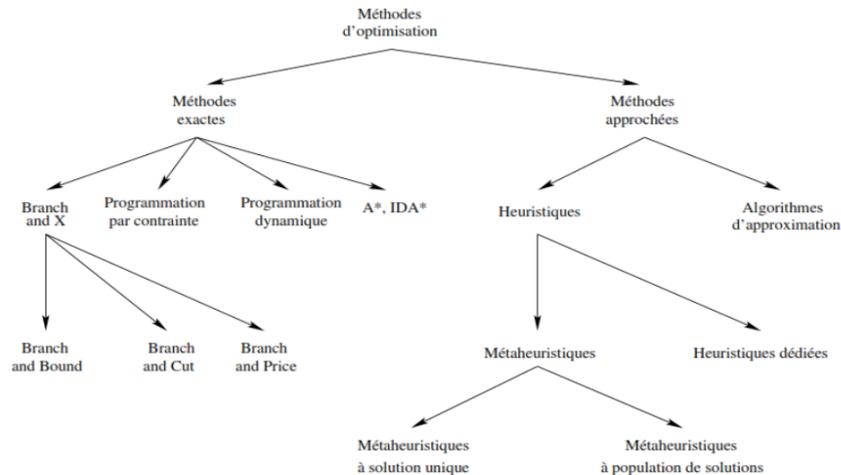


FIGURE 7: Hiérarchie des méthodes d'optimisation [31]

Le but d'une méthode approchée est de trouver une solution réalisable, tenant compte de la fonction objectif mais sans garantie d'optimalité , elles peuvent être classées en deux catégories selon Boukef Ben Othman à savoir, les méthodes heuristiques , les méta-heuristiques [2]

L'inspiration des principes des méta-heuristiques disponibles aujourd'hui dérivent de plusieurs disciplines notamment la biologie, la physique, la chimie, la vie quotidienne. La figure ci-dessous montre le pourcentage d'utilisation donnée pour créer une méta-heuristique.

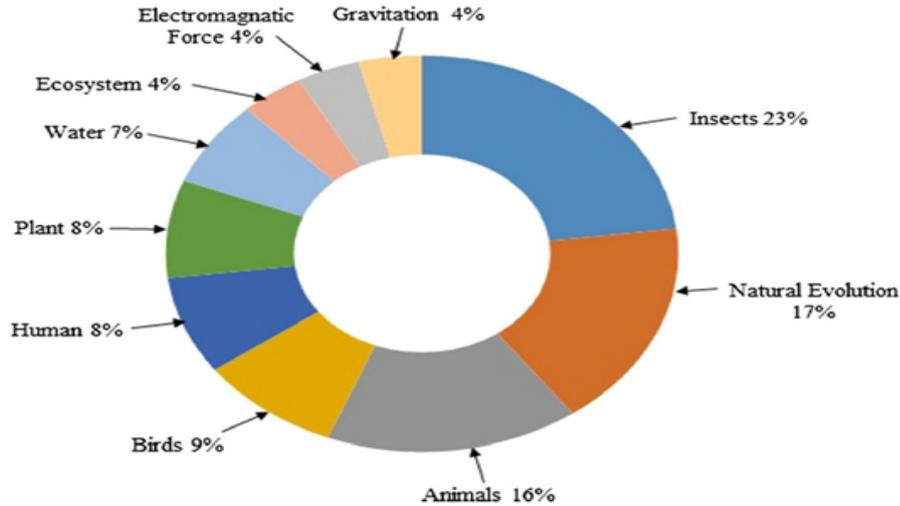


FIGURE 8: Pourcentages des disciplines utilisés par les chercheurs pour développer de nouvelle méta-heuristique [30]

Dans ce mémoire , on se concentre sur l'utilisation d'une heuristique glouton et d'une méta-heuristique évolutionniste :

- L'algorithme glouton ;
- L'optimisation par essaim de particules ;

4.2 L'algorithme glouton

Greedy en anglais(Dit aussi vorace) Procédure algorithmique qui construit une solution d'une manière incrémentale. A chaque étape, cette technique prend la direction la plus prometteuse, suivant des règles bien simples, en considérant une seule donnée à la fois.[22]

4.2.1 Optimale ou heuristique :

Ce choix, localement optimal, n'a aucune raison de conduire à une solution globalement optimale. Cependant, certains problèmes peuvent être résolus d'une manière optimale ainsi. Autrement dit, l'optimalité locale conduit à l'optimalité globale.

Dans d'autres cas, la méthode gloutonne est seulement une heuristique qui ne conduit qu'à une solution sous-optimale, mais qui peut être utilisée quand on ne connaît pas d'algorithme exact efficace.[22]

4.2.2 Algorithme générique d'une procédure gloutonne :

Algorithme : Algorithme vorace (glouton),

```

1 Début
2 S <- EnsembleVide
3 C <- ensemble des candidats à la solution
4 Tant que S n'est pas une solution et C <> EnsembleVide Faire
5 | x <- choisir un élément de C le plus prometteur
6 | C <- C - x
7 | Si réalisable(solution,x) Alors
8 | | solution <- union(solution, x)
9 | Finsi
10 FinTantQue
11 Si S est une solution Alors
12 | Retourner S
13 Sinon
14 | Retourner pas de solution
15 FinSi
16 Fin

```

Algorithme 1 : Algorithme de glouton

4.3 La méthode PSO

L'optimisation par essaim particulaire (OEP), ou Particle Swarm Optimization (PSO) en anglais, est un algorithme évolutionnaire qui utilise une population de solutions candidates pour développer une solution optimale au problème. Cet algorithme a été proposé par Russel Eberhart (ingénieur en électricité) et James Kennedy (socio-psychologue) en 1995 . Il s'inspire à l'origine du monde du vivant, plus précisément du comportement social des animaux évoluant en essaim, tels que les bancs de poissons et les vols groupés d'oiseaux.

L'essaim de particules correspond à une population d'agents simples, appelés particules. Chaque particule est considérée comme une solution du problème, où elle possède une position (le vecteur solution) et une vitesse. De plus, chaque particule possède une mémoire lui permettant de se souvenir de sa meilleure performance (en position et en valeur) et de la meilleure performance atteinte par les particules « voisines » (informatrices) : chaque particule dispose en effet d'un groupe d'informatrices, historiquement appelé son voisinage.

Un essaim de particules, qui sont des solutions potentielles au problème d'optimisation, « survole » l'espace de recherche, à la recherche de l'optimum global. Le déplacement d'une particule est influencé par les trois composantes suivantes :

1. Une composante d'inertie : la particule tend à suivre sa direction courante de déplacement ;
2. Une composante cognitive : la particule tend à se diriger vers le meilleur site par lequel elle est déjà passée ;
3. Une composante sociale : la particule tend à se fier à l'expérience de ses congénères et, ainsi, à se diriger vers le meilleur site déjà atteint par ses voisins. [3]

La stratégie de déplacement d'une particule est illustrée dans la figure :

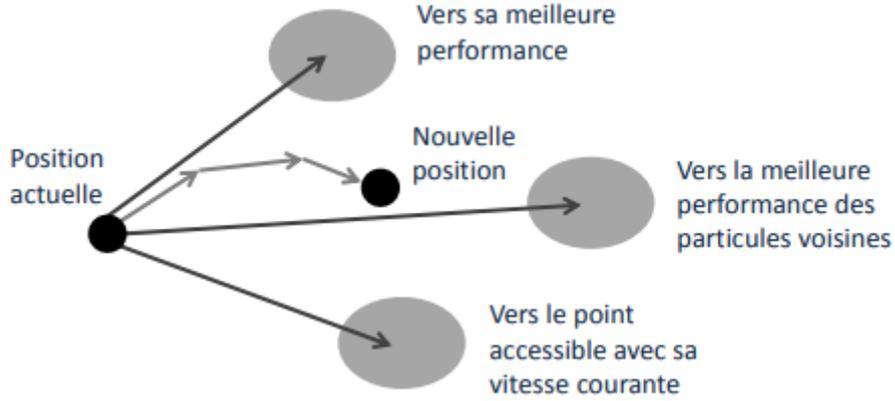


FIGURE 9: Déplacement d'une particule

Formalisation :

Dans un espace de recherche de dimension D , la particule i de l'essaim est modélisée par son vecteur position $x_i = (x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,D})$ et par son vecteur vitesse $v_i = (v_{i,1}, v_{i,2}, \dots, v_{i,D})$. La qualité de sa position est déterminée par la valeur de la fonction objectif en ce point. Cette particule garde en mémoire la meilleure position par laquelle elle est déjà passée, que l'on note $Pbest_i = (Pbest_{i,1}, Pbest_{i,2}, \dots, Pbest_{i,D})$. La meilleure position atteinte par les particules de l'essaim est notée $Gbest = (Gbest_1, Gbest_2, \dots, Gbest_D)$. Nous nous référons à la version globale de PSO, où toutes les particules de l'essaim sont considérées comme voisines de la particule i , d'où la notation $Gbest$ (global best).

Remarque : le terme de « vitesse » est ici abusif, car les vecteurs v_i ne sont pas homogènes à une vitesse. Il serait plus approprié de parler de « direction de déplacement ». Cependant, pour respecter l'analogie avec le monde animal, les auteurs ont préféré utiliser le terme de « vitesse ».

Au départ de l'algorithme, les particules de l'essaim sont initialisées de manière aléatoire/régulière dans l'espace de recherche du problème. Ensuite, à chaque itération, chaque particule se déplace, en combinant linéairement les trois composantes citées ci-dessus. En effet, à l'itération $t + 1$, le vecteur vitesse et le vecteur position sont calculés à partir de l'équation (1) et de l'équation (2), respectivement.

$$v_{i,j}^{t+1} = wv_{i,j}^t + c_1 r_{1i,j}^t [pbest_{i,j}^t - x_{i,j}^t] + c_2 r_{2i,j}^t [gbest_j^t - x_{i,j}^t], j \in [1, 2, \dots, d] \quad (1)$$

$$x_{i,j}^{t+1} = x_{i,j}^t + v_{i,j}^{t+1}, j \in [1, 2, \dots, d] \quad (2)$$

où w est une constante, appelée coefficient d'inertie ; c_1 et c_2 sont deux constantes, appelées coefficients d'accélération ; r_1 et r_2 sont deux nombres aléatoires tirés uniformément dans $[0, 1]$, à chaque itération t et pour chaque dimension j

Les trois composantes mentionnées ci-dessus (i.e. d'inertie, cognitive et sociale) sont représentées dans l'équation (1) par les termes suivants :

1. $wv_{i,j}^t$ correspond à la composante d'inertie du déplacement, où le paramètre w contrôle l'influence de la direction de déplacement sur le déplacement futur ; ;

-
2. $c_1 r_{1i,j}^t [pbest_{i,j}^t - x_{i,j}^t]$ correspond à la composante cognitive du déplacement, où le paramètre c_1 contrôle le comportement cognitif de la particule ;
 3. $c_2 r_{2i,j}^t [gbest_j^t - x_{i,j}^t]$ correspond à la composante sociale du déplacement, où le paramètre c_2 contrôle l'aptitude sociale de la particule.

Une fois le déplacement des particules effectué, les nouvelles positions sont évaluées et les deux vecteurs $Pbest_i$ et $gbest$ sont mis à jour, à l'itération $t+1$, suivant les deux équations (3) (dans le cas d'une minimisation) et (4) (dans une version globale de PSO), respectivement. Cette procédure est présentée dans l'Algorithme suivant, où N est le nombre de particules de l'essai.

$$\vec{P}best_i(t+1) = \left\{ \begin{array}{l} \vec{P}best_i(t), f(\vec{x}_i(t+1)) \geq \vec{P}best_i(t+1) \\ \vec{x}_i(t+1), \text{ sinon} \end{array} \right\} \quad (3)$$

$$\vec{G}best_i(t+1) = \arg \min_{\vec{P}best_i} f(\vec{P}best_i(t+1)), 1 \leq i \leq N \quad (4)$$

Confinement des particules :

Pour éviter que le système n'« explose » en cas d'amplification trop grande d'oscillations (il est possible que le déplacement d'une particule soit trop rapide et la conduise à sortir de l'espace de recherche), nous pouvons introduire un nouveau paramètre V_{max} , qui permet de limiter la vitesse sur chaque dimension et ainsi de contrôler l'explosion du système. Notons que cela ne restreint pas les valeurs de X_i à l'intervalle $[-V_{max}, V_{max}]$, mais limite seulement la distance maximale qu'une particule va parcourir au cours d'une itération. [3]

L'algorithme de l'optimisation par essaim de particules :

Algorithme : L'optimisation par essaim particulière (OEP),

1. Initialiser aléatoirement N particules : position et vitesse.
2. Evaluer les positions des particules
3. Pour chaque particule i , $\vec{P}best_i = \vec{x}_i$
4. Calculer $\vec{G}bes$ selon (4)
5. tant que le critère d'arrêt n'est pas satisfait faire
6. Déplacer les particules selon (1) et (2)
7. Evaluer les positions des particules
8. Mettre à jour $\vec{P}best_i$ et $\vec{G}bes$ selon (3) et (4)
9. fin.

Algorithme 2 : Algorithme d'optimisation par essaim de particules

4.4 Conclusion :

Nous avons vu, dans ce chapitre, Les différentes méthodes de résolution d'un problème d'ordonnancement. On a met l'accent sur deux algorithmes : l'algorithme

glouton et l'algorithme d'optimisation par essaim de particules.

Les algorithmes gloutons présentent l'avantage d'une conception relativement aisée à mettre en œuvre. Cependant, le prix à payer est qu'ils ne fourniront pas toujours la solution optimale au problème donné.

D'autre part, l'optimisation par essaim de particule présente un avantage sur les algorithmes gloutons, il permet une exploration aléatoire de l'espace de solution. Il est simple à mettre en œuvre et son exécution conduit à l'obtention de très bon résultat, rapidement et facilement avec peu de paramètre à ajuster. Bien que le PSO trouve de bonnes solutions dans un temps beaucoup plus court .

Cependant, l'algorithme de PSO a un problème de dépendance tout changement d'un de leurs paramètres peut avoir un effet sur le fonctionnement de l'algorithme tout comme sur la solution obtenue .

chapitre 5 : Les solutions proposées

5 Les solutions proposées

5.1 La topologie du réseau :

Le scénario de réseau véhiculaire se déroule dans un segment de route fini dans lequel M RSUs sont déployées et alimentées exclusivement par une source d'énergie renouvelable.

La quantité d'énergie récoltée par chaque RSU est un processus stochastique dénoté $h_m(t)$ qui suit une loi de probabilité uniforme dans l'intervalle $[0, h_{max}]$.

Les véhicules sont uniformément distribués le long de la route avec des vitesses différentes mais constantes lors de la traversée, La vitesse suit une loi de probabilité normale avec une moyenne μ et un écart-type $\theta = 1$ tronquée entre $[\mu - 5\theta, \mu + 5\theta]$.

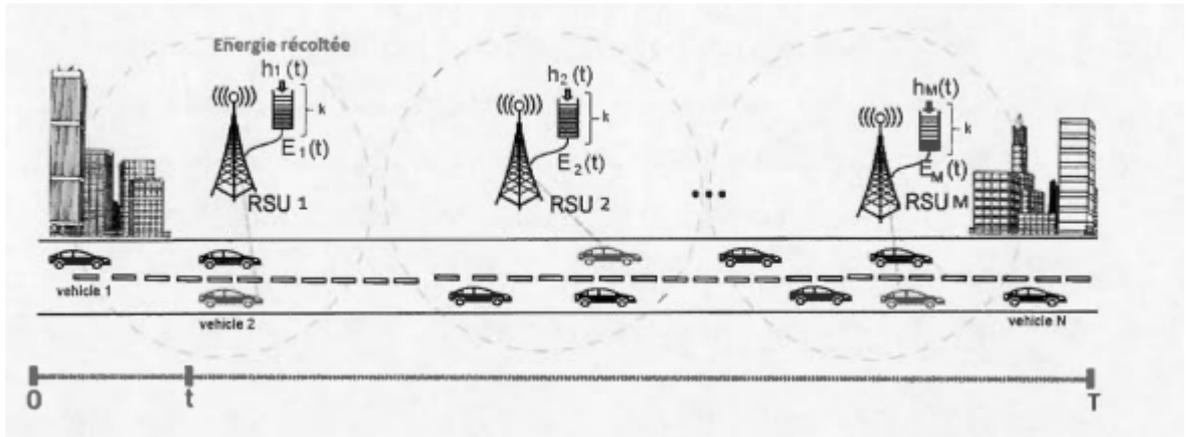


FIGURE 10: Une instance d'un VANET dont les RSUs sont alimentées par des sources d'énergies renouvelables [6]

Chaque véhicule envoie des requêtes de service aux RSUs pour des données de D bits, afin qu'une seule transmission de RSU soit capable de satisfaire sa requête. La quantité d'énergie nécessaire à la RSU m pour répondre à un véhicule n qui est notée $C_m(n, t)$, cette dernière dépend de la distance entre la RSU et le véhicule. Nous utilisons un modèle d'affaiblissement de propagation logarithmique pour estimer l'énergie nécessaire. Le modèle est décrit par l'équation suivante :

$$C_m(n, t) = P_{tx}(m, t).TS = \frac{P_{rx}(n, t).TS}{PT_0[\frac{d_0}{d_m(n, t)}]^\lambda} = \frac{N_0(2^{\frac{D}{B}} - 1)TS}{PT_0[\frac{d_0}{d_m(n, t)}]^\lambda}$$

Où $P_{tx}(m, t)$ est la puissance de transmission de la RSU m à l'instant t , $P_{rx}(n, t)$ est la puissance de réception pour le véhicule n , d_0 est une distance de référence,

$d_m(n, t)$ est la distance entre la RSU m et le véhicule n à l'instant t , λ est l'exposant d'affaiblissement de la propagation, TS est la durée du créneau de temps, B est la bande passante du canal, et D c'est l'exigence de données des véhicules, N_0 est la puissance de bruit le long du chemin entre la RSU m et le véhicule n et finalement PT_0 est l'affaiblissement de propagation à la distance de référence.

5.2 Le modèle d'ordonnancement :

Le modèle d'ordonnancement étudié dans ce mémoire concerne à trouver une planification des créneaux de temps dans le but servir un nombre maximum des véhicules, afin de trouver une solution optimale. On a formulé ce problème d'ordonnancement comme un problème d'optimisation linéaire en nombres entiers (PLNE). [6] Ce dernier est un domaine des mathématiques et de l'informatique théorique dans lequel on considère des problèmes d'optimisation d'une forme particulière [29]. Ces problèmes sont décrits par une fonction de coût et des contraintes linéaires. Le problème est formulé mathématiquement comme suit :

MaxVehicule :

$$\text{maximiser : } \sum_{m \in M} \sum_{n \in N} \sum_{t \in T} x_{m,n,t} \quad (1)$$

telle que :

$$\sum_{m \in M} \sum_{t \in T} x_{m,n,t} \leq 1, \forall n \in N \quad (2)$$

$$\sum_{n \in N} x_{m,n,t} \leq E_m(t), \forall m \in M, \forall t \in T \quad (3)$$

$$\sum_{n \in N} (x_{m,n,t} \cdot C_m(n, t)) E_m(t) \leq 1, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (4)$$

$$E_m(t+1) = \min(E_m(t) - \sum_{n \in N} (x_{m,n,t} \cdot C_m(n, t)) + h_m(t)), k, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (5)$$

où $x_{m,n,t}$ est une variable binaire qui est égale à 1 si le véhicule n est ordonnancé pour communiquer avec la RSU m à l'instant t et 0 dans le cas contraire.

L'objectif de la PLNE (1) est d'ordonnancer un nombre maximal de véhicules tout en respectant les contraintes (2-5) : la première contrainte (2) permet d'assurer qu'un véhicule est ordonnancé au plus une seule fois.

La deuxième contrainte (3) garantit qu'un créneau de temps (t) dans n'importe quelle RSU, ne peut être alloué qu'à un seul véhicule.

La troisième contrainte (4) permet de respecter la causalité d'énergie de la communication entre la RSU et le véhicule, c'est-à-dire que l'énergie disponible doit être suffisante pour satisfaire la communication. La dernière contrainte quant à elle indique la mise à jour de l'état de l'énergie de chaque RSU, celle-ci est définie comme la différence entre ce qui a été récolté $h_m(t)$ et ce qui a été dépensé $C_m(n, t)$ durant l'instant précédent. [6]

5.3 Complexité :

Ce problème d'ordonnancement est formulé comme un problème d'optimisation linéaire en nombres entiers (PLNE), et l'optimisation linéaire en nombres entiers est considérée PLNE est un problème NP-difficile, il est facile de montrer que la PLNE est un problème NP-difficile car de nombreux problèmes NP-difficiles peuvent être exprimés comme des PLNE [26].

Afin de choisir un ensemble de véhicules qui contient un nombre maximum des véhicules tout en respectant les contraintes, la recherche brute force qui est une recherche exhaustive dans les problèmes combinatoires teste toutes les combinaisons des véhicules pour garantir l'optimalité.

Notre étude dans ce mémoire tente d'établir une planification des créneaux de temps aux RSU en vue d'atteindre un nombre maximum des véhicules servis pour cela, il y aura un nombre de $\binom{|M|+|T|}{|N|}$ solutions à tester

Après cela, l'algorithme va trier ces solutions et garder la solution optimale. Sa complexité temporelle pour une entrée de taille $\binom{|M|+|T|}{|N|}$ est de l'ordre de $\binom{|M|+|T|}{|N|} \log \binom{|M|+|T|}{|N|}$ (complexité quasi linéaire), ce qui est asymptotiquement optimal.

Mais vu la complexité des contraintes et la taille de réseau, il est difficile d'arriver à trouver la solution optimale.

Aussi ce problème d'ordonnancement possède une forme légèrement différente du problème d'affectation généralisée (General Assignment Problem, GAP)[27] qui consiste à attribuer au mieux des tâches à des agents. Chaque agent peut réaliser une unique tâche pour un coût donné et chaque tâche doit être réalisée par un unique agent. Les affectations (c'est-à-dire les couples agent-tâche) ont toutes un coût défini. Le but est de minimiser le coût total des affectations afin de réaliser toutes les tâches [23].

Plus formellement, l'objectif est de déterminer un couplage parfait de poids minimum (ou de poids maximum) dans un graphe biparti valué.

ce dernier est prouvé appartenir aux classes des problèmes NP-hard, donc ce problème d'ordonnancement peut lui aussi être classé comme un problème NP-hard [6]. Le problème d'affectation peut être résolu en temps polynomial par l'algorithme hongrois.

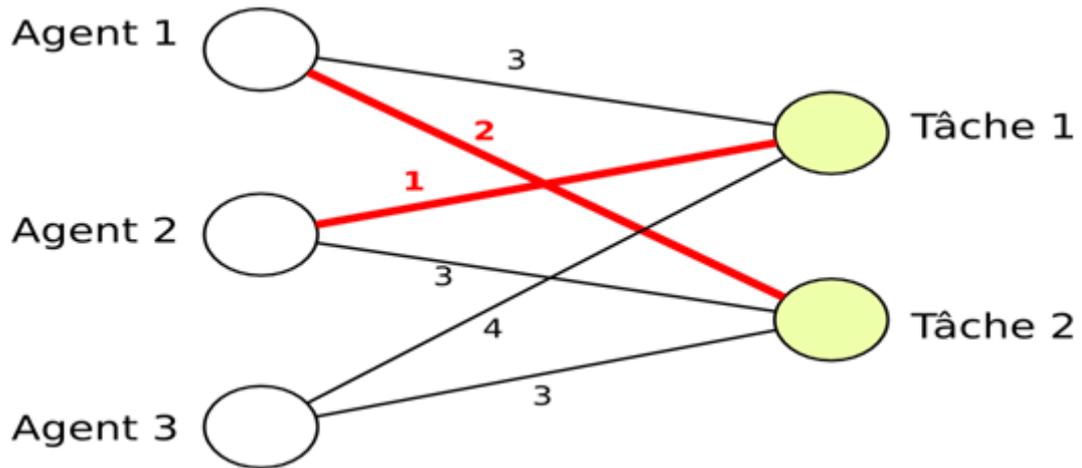


FIGURE 11: L'affectation optimale entre le groupe d'agent et de tâche [23]

Si on essaye de projeter ce problème sur notre problème d'ordonnancement, on trouve que le problème d'ordonnancement de MaxVehicle est équivalent à une variante de GAP mais dans un scénario où il y a qu'un seul créneau de temps à allouer par chaque RSU et où la récolte d'énergie est nulle.

Malheureusement, les contraintes de MaxVehicle, l'élément de temps et la récolte d'énergie rendent l'adaptation des solutions proposés pour résoudre le problème de l'affectation plus difficile.

On peut aussi appliquer des techniques d'optimisation combinatoire pour résoudre MaxVehicle, comme par exemple la séparation et l'évaluation [27] mais à cause de la complexité de problème on peut pas trouver une solution optimale surtout dans les réseaux de grande taille.

Pour cela, nous proposons la méthode approchée (la métaheuristique) pour trouver une solution proche de l'optimal dans un temps raisonnable.

5.4 Les Algorithmes proposés :

5.4.1 L'algorithme glouton (Greedy Algorithm) :

Dans notre mémoire, nous avons proposé l'algorithme glouton en vue de servir un nombre maximal des véhicules dans l'intention d'un ordonnancement optimal [6]. Il prend en entrée l'ensemble de toutes les allocations possibles des créneaux de temps, et en sortie, il sélectionne un sous-ensemble de ces allocations qui peuvent servir un nombre de véhicules proche de l'optimal.

Le déroulement de l'algorithme glouton peut être résumé par (Algorithme 1).

Il est passé en deux étapes

5.4.1.1 La première étape :

Le but de cette étape est de servir les véhicules qui exigent le moins d'énergie c'est à dire leur donner la priorité, en cas où l'énergie nécessaire est la même alors la vitesse des véhicules est considérée comme critère additionnel de sélection. C'est à dire donner la priorité aux véhicules ayant une vitesse plus élevée, car ils pourront quitter rapidement la zone de couverture de la RSU. Cela garantit que tous les véhicules seront servis.

Les allocations potentielles des véhicules sont triées selon l'énergie effective.

L'énergie effective est définie comme la différence entre l'énergie récoltée et l'énergie consommée à un instant donné :

$$(Ef_m(n, t) = C_m(n, t) - h_m(t)).$$

et en sortie de la première étape, nous obtenons un ensemble S trié des allocations des véhicules :

$$S = C_m^1(n, t), \dots, C_m^{M.N.T}(n, t) \text{ tel que } S = C_m^i(n, t) | C_m^i(n, t_1) - h_{m_1}(t_1) \leq C_{m_2}(n, t_2) - h_{m_2}(t_2).$$

5.4.1.2 La deuxième étape :

la deuxième étape de l'algorithme glouton prend comme paramètre d'entrée l'ensemble S , et en sortie il un ensemble $Z \in S$, cet ensemble est considéré comme un résultat final, il comprend les allocations de Maxvéhicules tout en respectant les contraintes.

l'ensemble Z est réparti en M sous-ensembles d'allocations, chaque sous-ensemble Z_m collecte seulement les allocations des créneaux de temps concernant la RSU m $Z = \{Z_1, \dots, Z_M\}$.

L'allocation $C_m^*(n, t)$ en vérification sera acceptée dans Z_m , seulement si elle respecte la causalité d'énergie définie par l'équation suivante :

$$\sum_{i=1}^t (C_m(n, i) - h_m(i)) \leq k \quad (1)$$

La somme des couts d'énergie effective doit être inférieure à l'énergie disponible dans la RSU, cela permet de respecter la contrainte de causalité d'énergie. Notons que la somme est effectuée sur tous les créneaux de temps jusqu'à t , même pour ceux qui ne sont pas encore alloués.

Mais l'équation (1) ne prend pas en considération le cas où l'énergie récoltée est

supérieure à l'énergie consommée .Cela peut créer un débordement ans la batterie de la RSU .Dans ce cas on introduit une fonction récursive qui permet de régulé la quantité d'énergie de le dispositif de chaque RSU.Soit la fonction f définie comme suit :

$f(Z_m, t) = \max(f(Z_m, t-1), 0) + C_m(n, t) + h_m(t)$ et $f(Z_m, 1) = C_m(n, 1) + h_m(1)$
l'équation de la causalité d'énergie est reformulée comme suit :

$$E_m(0) - \max(f(Z_m \cup C_m(n, t), t), 0) \geq 0 \quad (2)$$

On dénote $E_m(t)$ l'état d 'énergie disponible dans la RSU m à l'instant t

5.4.1.3 Les conditions à respecter :

Pour garantir que les allocations sélectionnées dans Z respectent les contraintes posées dans MaxVehicle posées dans la section *la formulation du problème* ,il faudrait que chaque nouvelle allocation acceptée $C_m(n, t)$ dans Z respecte ces deux conditions :

5.4.1.3.1 La deuxième condition :*Un créneau de temps est alloué qu'à un seul véhicule*

Le créneau de temps ne doit pas être déjà alloué dans Z_m :

$$\forall C_m^i(n', t') \text{ tel que } t \neq t' \quad (3)$$

5.4.1.3.2 La troisième condition :*Un véhicule est ordonnancé au plus une seule fois*

Le véhicule ne peut pas être servi plus qu'une fois par l'ensemble des RSUs

$$\exists m \in M, \forall C_m^i(n', t') \in Z_m \text{ tel que } n \neq n' \quad (4)$$

L'algorithme continue à allouer les créneaux de temps à partir de S , jusqu'à ce que toutes les RSUs soient saturées. Dans ce cas :

$$E_m(O) - \max(f(Z_m, T), 0) < 0 \quad (5)$$

5.4.1.4 L'algorithme :

Algorithme (1) : Algorithme glouton pour l'ordonnancement des RSUs ,

1. Données d'entrée : Toutes les allocations possibles des créneaux de temps, $C_m(n, t), \forall m \in M, n \in N, t \in T$
2. Résultats de sortie : $Z \subset S$, Un ensemble des allocations de créneaux de temps.
3. Début //Étape 1 : Trier l'ensemble des allocations selon l'énergie effective et la vitesse des véhicules
4. $S \leftarrow \text{Tri}(\text{Données entrées})$
5. $S \leftarrow \{C_m^1(n, t), \dots, C_m^{M.N.T}(n, t)\}$
6. $i = 1$
//Étape 2 : Rechercher un sous ensemble d'allocations dans S
7. tant que (l'équation (5) n'est pas satisfaite) et ($i \leq N$) faire
8. si ($Z_m \cup C_m^i(n, t)$ satisfait l'équation (2)) et les conditions (3 - 4) sont respectées alors
9. $Z_m \leftarrow C_m^i(n, t)$
10. sinon
11. Allocation impossible
12. $i++$
13. fin si
14. fin tant que
15. fin.
- 16.

Algorithme 3 : Algorithme glouton pour l'ordonnancement des RSUs

5.4.1.5 Complexité de l'algorithme glouton :

Dans la première étape de l'algorithme, le tri des données d'entrée pourra être effectué dans un temps d'exécution de l'ordre de $O((M.N.T)\log(M.N.T))$. Dans la deuxième étape, l'algorithme effectue seulement un temps d'exécution de l'ordre de $O(M.N.T)$ pour traverser l'ensemble S et extraire l'ensemble c_j . Au total, on pourra dire que l'algorithme glouton peut s'exécuter dans un temps de l'ordre de $O(M.N.T\log(M.N.T))$ [6].

5.4.2 Optimisation par essaim de particules (Particle swarm optimisation) :

Dans notre mémoire, nous utilisons l'algorithme PSO comme alternative à l'algorithme glouton pour servir tous les véhicules ou le maximum des véhicules c'est à dire maximiser la fonction objective f_{pso} tout en respectant les contraintes.

La méthode PSO se base sur un essaim de particule qui fait la recherche, pour trouver la solution optimale dans l'espace de recherche. La population de PSO est l'ensemble des particules. On considère une population de particules de taille P , telle que la vélocité et la position de chaque particule ($P_i \in P$) sont définies respectivement par une matrice à trois dimensions $v_i \in [M * N * T]$ et $x_i \in [M * N * T]$.

On suppose la matrice $[M * N * T]$ ou pour chaque élément (m,n,t) de la matrice ,l'algorithme collecte tous les véhicule qui se trouvent au niveau de la zone de couverture de la RSU m à l'instant t et un seul véhicule n est choisi aléatoirement .

L'algorithme de PSO est passé en deux étapes :

La première étape consiste à initialiser la vélocité (la vitesse) des particules et la position (la génération de la population).

5.4.2.1 La génération de la population :

La première étape de notre algorithme est la génération de population .La population de particules est construite au hasard pour l'algorithme PSO. Les valeurs continues de la matrice vélocité sont établies au hasard, initialisés aléatoirement selon une distribution uniforme Concernant l'initialisation de la matrice position, une approche est considérée pour construire les valeurs initiales de la position du particule , consiste à initialiser les éléments de la matrice avec des valeurs aléatoires de sorte que le résultat respecte l'ensemble des contraintes.

La deuxième étape consiste à chercher itérativement une solution qui maximise le nombre de véhicules servis.

5.4.2.2 Chercher la solution optimale :

A chaque itération le particule procède via une fonction objective ($f_{ps0}(P_i)$) à l'évaluation de sa meilleure valeur jusque là (P_{best})

cette fonction mesure la performance de chaque particule tout en comptant le nombre de véhicules servis. L'objectif de la PSO est ainsi de chercher des positions dans l'espace de recherche qui maximisent la fonction f_{ps0} , tout en respectant les contraintes définies. . pour converger a cet objectif , l'algorithme permet au particule de se déplacer grâce à la vélocité. De cette façon, au cours des itérations, chaque particule change de position. Elle évolue en fonction de son meilleur voisin, de sa meilleure position, et de sa position précédente. C'est cette évolution qui permet de tomber sur une particule optimale .

le vecteur vitesse est calculé à partir de l'équation (1) :

$$v_i^{k+1}(m, n, t) = wv_i^k(m, n, t) + \alpha_1rand_1[pbest_i^{k(m,n,t)} - x_i^k(m, n, t)] + \alpha_2rand_2^k[gbest_g^{k(m,n,t)} - x_i^k(m, n, t)] \quad (1)$$

ou w c'est Le coefficient d'inertie w , contrôle l'influence de la direction de la particule sur le déplacement futur , α_1 et α_2 sont deux constantes d'accélération régulant les vitesses relatives par rapport aux meilleurs postions locales et globales , $rand_1$ et $rand_2$ sont des variables aléatoires générés d'une distribution uniforme dans l'intervalle $[0,1]$, $pbest_i$ La meilleure position locale de la particule et $gbest_g$ la meilleure position atteinte par le groupe d'informatrices g .

la position suivante est déterminée de la particule grâce à la vitesse que l'on vient

de calculer :

$$x_i^{k+1}(m, n, t) = x_i^k(m, n, t) + v_i^{k+1}(m, n, t) \quad (2)$$

5.4.2.3 Les conditions à respecter :

La mise à jour de la particule pourrait conduire à un ordonnancement non faisable des RSUs. Car les contraintes dans MaxVehicle ont été pas considérées, et la causalité d 'énergie n'a pas été vérifié jusqu'à ce point .

Plusieurs approches peuvent être utilisées pour respecter les contraintes dans Max-Vehicule satisfaire la causalité énergétique d 'un ordonnancement . Par exemple, la fonction peut appliquer une simple élimination aléatoire des allocations jusqu'à satisfaire les contraintes, ou utiliser une stratégie comparable à l'algorithme glouton pour sélectionner un sous ensemble d 'allocations faisables.

On a considéré la deuxième approche c'est à dire utiliser la stratégie de la méthode gloutonne.

Donc ,on considère un ensemble Z qui inclut M sous-ensembles d 'allocations où chaque sous-ensemble Z_m englobe seulement les allocations des créneaux de temps concernant la RSU m . Pour garantir que les contraintes posées dans Max-Vehicule sont respectées, il faudrait que chaque nouvelle véhicule acceptée dans x_i respecte les trois conditions de l'algorithme glouton : L'allocation en vérification sera acceptée dans Z_m , seulement si elle respecte ces contraintes , si l'allocation est acceptée la fonction objective incrémente .

5.4.2.4 L'algorithme :

Algorithme (2) : Algorithme PSO pour rechercher un ordonnancement optimal des RSUs ,

1. Données d'entrée : une population de P particules
2. Résultats de sortie : ($P_{g_{best}}$) une matrice à trois dimensions ($|M| * |N| * |T|$) qui représente un meilleur ordonnancement des véhicules
3. Début
4. Initialiser la matrice de vitesse pour chaque particule.
5. Initialiser la matrice de position pour chaque particule
6. Mettre à jour $p_{best}_i^0$ et $g_{best}_g^0$
7. $K \leftarrow 0$
8. tant que critère d'arrêt n'est pas satisfait faire
9. Mettre à jour la vitesse des particules selon l'équation
10. Mettre à jour la position des particules
11. Réparer les particules au besoin
12. $K++$
13. fin tant que
14. Retourner ($g_{best}_g^k$)
15. fin.
16. **Algorithme 4 :** Algorithme PSO pour rechercher un ordonnancement optimal des RSUs

5.4.2.5 Complexité de l'algorithme PSO : Nous analysons dans cette section la complexité en termes de temps de calcul de l'algorithme PSO. Premièrement, le calcul de l'étape d'initialisation est de l'ordre de $O(M.T.N.P)$ où P est le nombre de particules. En effet, dans cette étape, l'algorithme ne fait qu'ajouter des valeurs dans les matrices vitesse et position de chaque particule.

Dans la deuxième étape, la modification de la vitesse est exécutée dans un temps de calcul de l'ordre de $O(M.N.T)$.

Ensuite, la mise à jour de la position est effectuée de l'ordre de $O(M.N.T)$. La complexité totale de l'algorithme PSO est ainsi de l'ordre de $O((M.N.T)I.P)$ où I est le nombre d'itérations de l'algorithme.

chapitre 6 : Résultats expérimentaux et Interprétation

6 Résultats Expérimentaux et Interprétation

6.1 Introduction :

Dans ce chapitre , on compare le résultat de l'algorithme de glouton avec le résultat de l'algorithme de l'optimisation par essaim de particules en fonction de plusieurs critères :en fonction de temps de réponse , de l'énergie consommée et de nombre des véhicules servis , et puis on déduit qui est d'entre eux le plus performant.

Les algorithmes sont implémentés en java sous l'IDE NetBeans.

Paramètres	Valeurs
Durée d'un créneau de temps (T_s)	1s
Rayon de couverture d'une RSU	400m
Nombre de RSUs déployées (M)	3
Énergie maximale récoltée (h_{max})	3 unités d'énergie
Capacité de file d'attente d'énergie (k)	10000 unités d'énergie
Nombre de véhicules (N)	50 véhicules
État de l'énergie initiale (E_0)	k
Exigence de données des véhicules (D)	$10^6 Bits$
Bande passante du canal B	10 MHz
Exposant d'évanouissement λ	1
Distance de référence (do)	1m
Évanouissement à d0 (PL0)	1
Puissance de bruit dans le récepteur (No)	1 mW

Tableau 1: Les paramètres par défaut pour le réseau véhiculaire

Paramètres	Valeurs
Nombre de particules	4
Coefficients de pondération ()	$1 * Random[0, 1]$
Nombre de RSUs déployées (M)	3
Coefficient d'accélération C_1	0.20
Coefficient d'accélération C_2	0.60
Coefficient d'inertie	0.70
Nombre de véhicules (N)	50 véhicules

Tableau 2: Paramètres utilisés pour évaluer l'algorithme PSO

6.2 L'implémentation :

6.2.1 Interface graphique :

6.2.1.0.1 La première interface : Elle contient les informations du RSU , le nombre des RSUs déployées , la capacité du dispositif de stockage d'énergie, l'énergie maximale récoltée et les paramètres pour calculer l'énergie nécessaire pour satisfaire la transmission et enfin un bouton OK pour valider les choix .



FIGURE 12: La première interface

6.2.1.0.2 La deuxième interface : Elle contient les informations du véhicule , le nombre des véhicules , la vitesse moyenne et l'exigence des données des véhicules et un bouton OK pour valider les choix .



FIGURE 13: La deuxième interface

6.2.1.0.3 La troisième interface Cette interface est divisée en deux parties :

la première c'est pour la visualisation du réseau , et la deuxième partie est divisé en trois onglets : la première pour montrer l'instant du le temps et combien de véhicules sont servi , la deuxième pour afficher les véhicules servis dans cette instant et la troisième le bouton suivant pour incrémenter le temps.

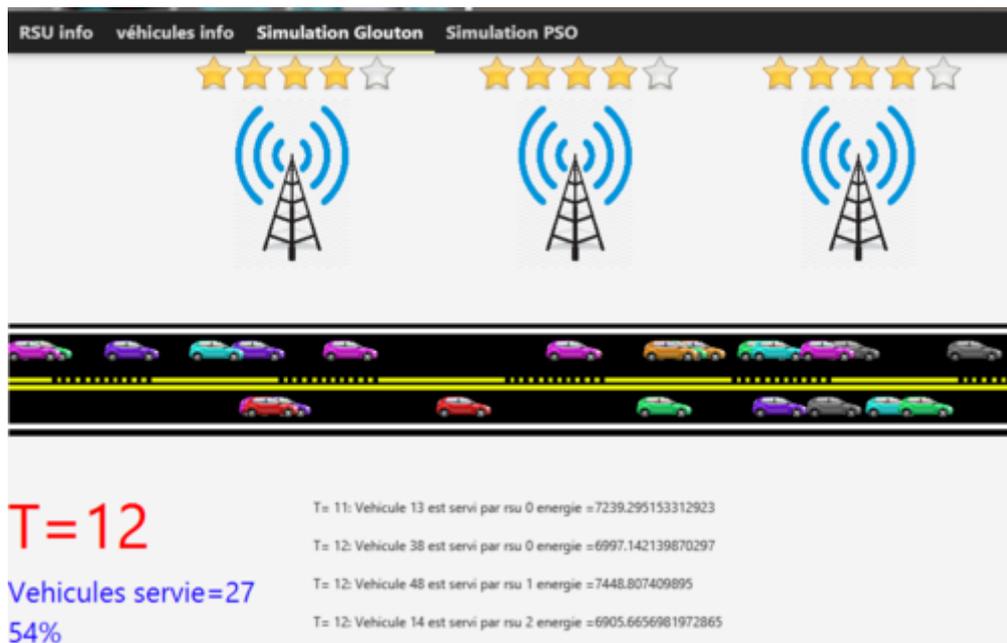


FIGURE 14: La troisième interface : pour le glouton

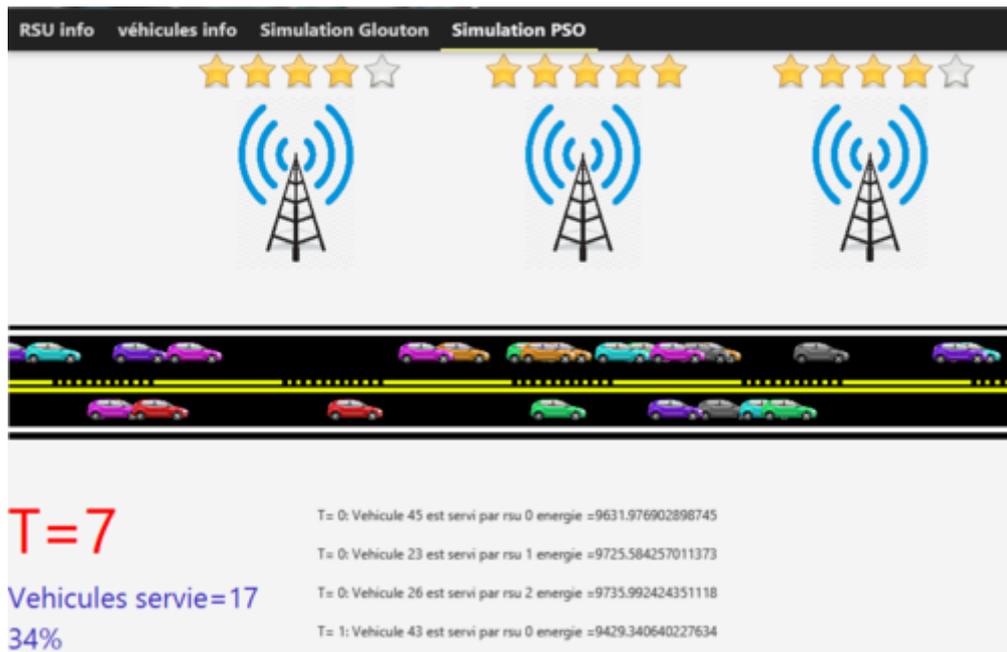


FIGURE 15: La troisième interface : pour la PSO

6.3 La comparaison :

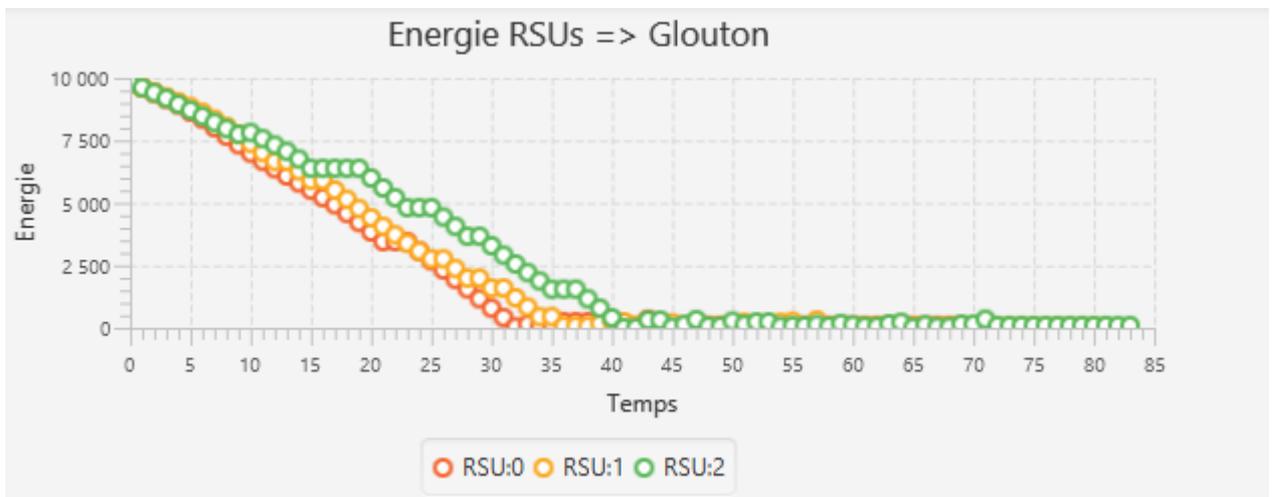


FIGURE 16: L'impact de la méthode gloutonne sur la consommation d'énergie

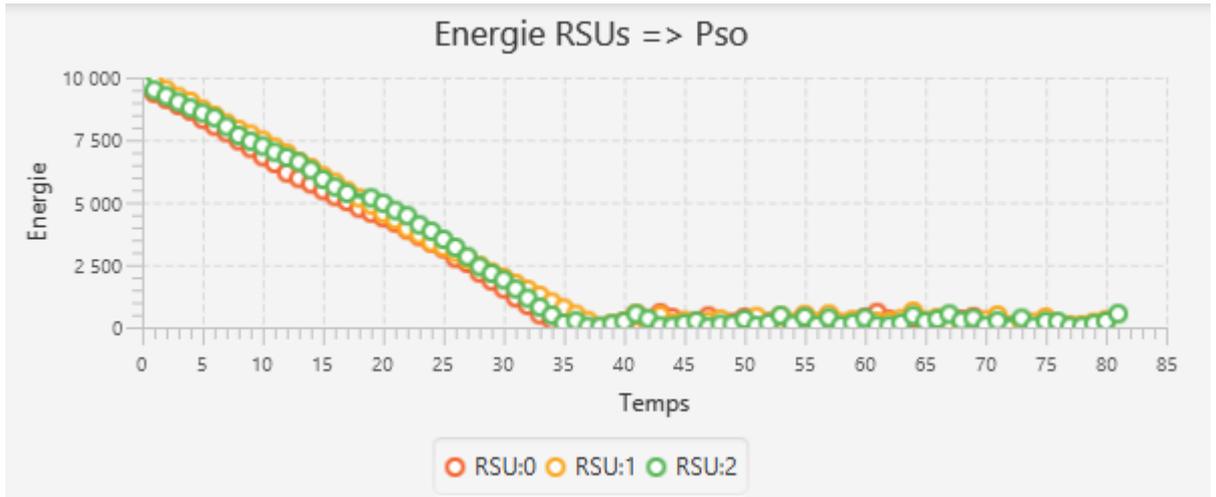


FIGURE 17: L'impact de la méthode d'optimisation par essaim de particules sur la consommation d'énergie

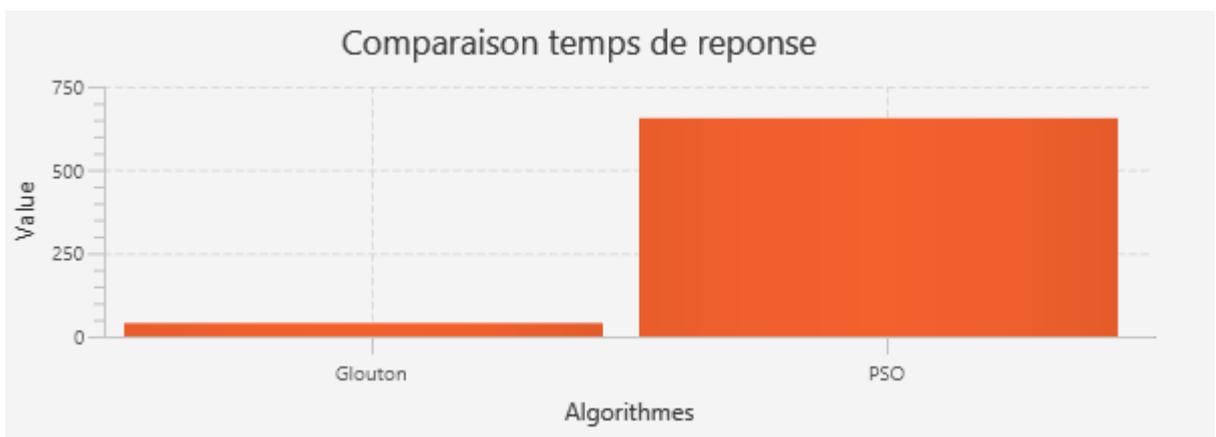


FIGURE 18: Comparaison par rapport au temps de réponse

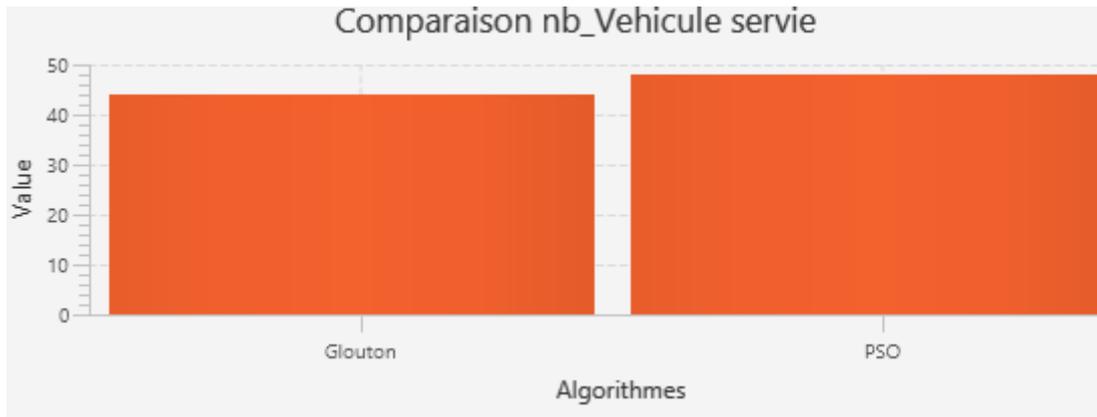


FIGURE 19: Comparaison par rapport au nombre des véhicules

6.4 Résultats et discussion :

- D'après les deux figures(16-17) ,On s'intéresse ici à voir l'influence de la méthode gloutonne et la méthode de l'optimisation par essaim de particules sur la consommation d'énergie. on observe que l'énergie consommée lors de l'utilisation de l'algorithme glouton se diminue progressivement , et cela du a la bonne stratégie utilisée dans l'algorithme qui consiste à donner la priorité aux allocations qui consomment moins d'énergie.
- On remarque d 'après la figure 18 , qui présente la comparaison des deux algorithmes par rapport au temps de réponse , que l'algorithme glouton est plus rapide que l'algorithme PSO.
- On remarque d'après la figure 19 , que les résultats obtenus sont prometteurs, l'ordonnanceur arrive à servir un nombre de véhicules proche de l'optimal .D'un autre côté on observe que l'algorithme glouton arrive à donner des résultats très proches de l'algorithme PSO pour plusieurs instances. Cela prouve qu'il est très performant.

7 Conclusion générale :

Les réseaux VANETs sont un type particulier de réseaux sans fil dans lequel les nœuds sont des véhicules en mouvement sur les routes. Ce type de réseaux est une version spécifique des réseaux mobiles ad-hoc MANET avec des spécificités supplémentaires. Ils déploient la communication et l'échange d'informations entre les usagers de la route.

Pour assurer la dissémination des informations d'une manière efficace dans ce type de réseaux il est judicieux de mettre en place des RSUs au niveau de la route. Or, le cout de déploiement des RSUs est plus ou moins élevé ce qui nous oblige de minimiser leur cout tout en garantissant des critères de routage acceptables. Pour ce faire nous avons considéré que les RSUs sont alimentées d'une source d'énergie renouvelable

Le but de ce mémoire est étudier le problème de l'ordonnancement des unités de bord de route. L'objectif de cet ordonnancement est de maximiser le nombre des véhicules servis tout en respectant les contraintes mentionnées précédemment ,on cite : la causalité d'énergie , un seul véhicule est servi à l'instant t et un véhicule est servi au plus une fois .

L'ordonnancement est évalué en mode hors ligne c'est à dire qu'on possède a priori des connaissances sur l'arrivée des véhicules et sur la quantité d'énergie récoltée par chaque RSU durant toute la durée de l'étude

Nous avons formulé le problème sous forme d'un problème linéaire en nombres entiers qui fait parti des problèmes NP-difficile.

Nous avons utilisé deux algorithmes en vue de résoudre le problème , ces algorithmes sont l'algorithme glouton et l'optimisation par essaim de particules. Le premier donne la priorité aux véhicules qui consomme le moins d'énergie et prendre en considération la vitesse des véhicules en cas ou ils exigent la même énergie ,et le deuxième algorithme tente de rechercher itérativement la solution optimale pour l'ordonnancement.

Les résultats obtenus sont prometteurs vu qu'on est arrivé à servir un nombre des véhicules qui est proche de l'optimal.

Les algorithmes proposés quant à eux arrivent aussi à donner de bonnes performances et peuvent même, dans le cas de la méta-heuristique, atteindre la solution optimale au détriment du temps de calcul.

Nous comptons utiliser ces résultats comme référence pour pouvoir étudier et comparer des modèles d'ordonnements en mode en ligne.

Références

- [1] BELLACHE, Nour El Islam. Développement et implémentation d'un solveur bio inspiré pour la résolution d'un problème d'ordonnancement d'atelier. Diss. Faculté des Mathématiques et de l'Informatique-Université Mohamed BOUDIAF-M'sila, 2017.
- [2] Zahmani, Mohamed Habib. Contribution à l'ordonnancement dynamique : proposition d'une approche guidée par effet de Simulation/Datamining. Diss. 2018.
- [3] El Dor, Abbas. Perfectionnement des algorithmes d'optimisation par essaim particulière : applications en segmentation d'images et en électronique. Diss. 2012.
- [4] Abbas, Sonia, Melissa Ibachirene, and Mohammed NAFLI. Gestion des clés dans les réseaux véhiculaires. Diss. universite abderrahmane mira Bejaia, 2017.
- [5] MERAMRIA, Nabil, and Fadhila GATTAL. Evaluation des protocoles de routage géographiques dans les réseaux VANETs. Diss. 2017.
- [6] Atoui, Wassim Sellil. Ordonnancement des transmissions dans un réseau véhiculaire utilisant des sources d'énergie renouvelable. Diss. Université du Québec à Montréal, 2017.
- [7] Bouksani, Walid. Gestion de la protection de la vie privée dans les réseaux véhiculaires (VANET). Diss. Université du Québec à Trois-Rivières, 2017.
- [8] Benzouaoua, Abdellah, Menad Kebbi, and Nadia Tassoult. Conception et Réalisation d'un simulateur dédié pour les réseaux véhiculaires. Diss. 2016.
- [9] Baaziz, Thiziri, Rima Maouche, and Samra Boulfekhar. Techniques de contrôle de congestion dans les réseaux véhiculaires. Diss. Université abderahmane mira, 2018.
- [10] BOUZEBIBA, Hadjer, and Yasmina BOUIZEM. Impact des modèles de mobilités sur les performances des protocoles de routage en milieu urbain réaliste dans les réseaux VANET (V2V). Diss. 2015.
- [11] NADIR, BASSIM AMMAR. Dissémination des messages dans les réseaux Ad Hoc véhiculaires (VANETs). Diss. UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA FACULTE DES MATHEMATIQUES ET DE L'INFORMATIQUE DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE-OPTION : RESEAUX ET TECHNOLOGIES D'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION, 2019.
- [12] Chihi, Ines. Étude de l'attaque «Black Hole» sur le protocole de routage VADD (Vehicule-Assisted Data Delivery). Diss. Université du Québec à Trois-Rivières, 2017.
- [13] Maouche, Nadira, Jugurta Oudia, and M. Moktefi. Approche à base d'alliances dans les graphes pour la réduction de la congestion dans les VANETs. Diss. Universite de bejaia, 2017.
- [14] Haddadou, Nadia. Réseaux ad hoc véhiculaires : vers une dissémination de données efficace, coopérative et fiable. Diss. Paris Est, 2014.

-
- [15] Yahiaoui Abd Elaziz., Aouras Ammar, Boulfekhar, Samra. Evaluation des performances d'un protocole de dissémination de données dans les Réseaux ad-hoc véhiculaires, 2018.
- [16] Bektache, Djamel. application et modélisation d'un protocole de communication pour la sécurité routière. Diss. Thèse de doctorat. In Université Badji Mokhetar AnnabaAlgerie, 2014.
- [17] Assia, A. B. B. A. S. DETECTION D'INTRUSION DANS LES RESEAUX VANETS. Diss. 2016.
- [18] CHERGUI, Abderrahman, Abd Naceur DAHMANI, and Abdellah ADDA ABOU. Ordonnancement d'un flow-shop par métaheuristique hybride. Diss.
- [19] Nadir, Ramla. Un problème d'ordonnancement de type Job Shop dans un environnement dynamique. Diss. UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA FACULTE DES MATHEMATIQUES ET DE L'INFORMATIQUE DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE-Spécialité : Informatique Décisionnel et Optimisation, 2019.
- [20] BOURZIK Mohammed. Problèmes d'Ordonnancement d'Atelier .UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES Département des Mathématiques, 2016.
- [21] Makhloufi, Sylia, Chahinaz Boudjaja, and D. Aissani. Ordonnancement et planification du projet de réhabilitation et mise à niveau des installations du port pétrolier Béjaïa. Diss. Université de bejaia, 2016.
- [22] Karine Zampieri, Stéphane Rivière, Béatrice Amerein-Soltner. Algorithmes gloutons [gl] Algorithmique . Unisciel algoprog ,Version 21 mai 2018.
- [23] Wikipedia. Problème d'affectation.l'adresse
https://fr.wikipedia.org/wiki/Problème_d%27affectation
- [24] TLEMSANI, Imad Eddine. Déploiement efficace des RSUs dans les VANETs en utilisant des approches métaheuristiques. Thèse de doctorat. 15-05-2019.
- [25] The clemson vehicular electronics laboratory.
Dedicated Short Range Communications.l'adresse
"https://cecas.clemson.edu/cvel/auto/systems/DSRC.html"
- [26] FOUILHOUX, Pierre. Optimisation combinatoire: Programmation linéaire et algorithmes. Université Pierre et Marie Curie, 2015.
- [27] SAHNI, Sartaj et GONZALEZ, Teofilo. P-complete approximation problems. Journal of the ACM (JACM), 1976, vol. 23, no 3, p. 555-565.
- [28] LAND, Ailsa H. et DOIG, Alison G. An automatic method for solving discrete programming problems. In : 50 Years of Integer Programming 1958-2008. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 105-132.
- [29] Wikipedia. Optimisation linéaire en nombres entiers.l'adresse
https://fr.wikipedia.org/wiki/Optimisation_linéaire_en_nombres_entiers
-

-
- [30] HUSSAIN, Kashif, SALLEH, Mohd Najib Mohd, CHENG, Shi, et al. Metaheuristic research: a comprehensive survey. *Artificial Intelligence Review*, 2019, vol. 52, no 4, p. 2191-2233.
- [31] BOISSON, Jean-Charles. Modélisation et résolution par métaheuristiques coopératives: de l'atome à la séquence protéique. 2008. Thèse de doctorat