TABLE DES MATIÈRES

Table des Figures v
Liste des Tables vii
Résumé 8
Introduction 10
1.1. Problématique de recherche 11
1.2. Contribution 13
1.3. Structure du rapport 14
Chapitre 1 15
Contraintes des Systèmes de Communications Souterrains 15
Chapitre 2 18
Les Réseaux VANETs 18
2.1. Applications des réseaux VANETs 19
2.2. Réseaux véhiculaires : V2V, V2I et HVC 20
2.3. Problème de routage en VANET 21
Chapitre 3 23
Protocoles de Routage Dans les Réseaux Ad-Hoc 23
3.1. Classification de protocoles de routage 24
3.2. Éventail des principaux protocoles de routage en réseaux Ad Hoc 25
3.2.1. Présentation du protocole de routage AODV 25
3.2.3. Présentation du protocole de routage DSR 28
Chapitre 4 32
Approche proposée 32
4.1. Optimisation par colonies de fourmis 32
4.2. Algorithmes de routage basés sur l'Optimisation par Colonies de Fourmis. 35
Chapitre 5 40
Analyse de Performance 40
5.1. Scénario préliminaire 40
5.2. Étude de performances : V2I 44

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

5.3. Étude de performances : V2V 49
5.3.1. Changement de la quantité de trafic émis : 49
5.3.2. Changement de vitesse 60

Conclusion 63

ANNEXE I 65

Annexe II 66

Bibliographie 69

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Un exemple de l'infrastructure filière existante dans une mine souterraine..... 16
Figure 2. Les risques majeurs dans les mines souterraines..... 17
Figure 3 Processus du fonctionnement du protocole AODV..... 26
Figure 4 Processus du fonctionnement du protocole OLSR (1/2) 27
Figure 5 Processus du fonctionnement du protocole OLSR (2/2) 27
Figure 6. Exemple de fonctionnement de DSR..... 28
Figure 7 Présentation de la famille des métaheuristiques 33
Figure 8 Présentation des principaux algorithmes de routage se basant sur la métaheuristique d'Optimisation par Colonies de Fourmis..... 35
Figure 9 Différentes caractéristiques de l'approche de routage se basant sur l'Optimisation par Colonies de Fourmis pour les réseaux ad hoc véhiculaires..... 36
Figure 10. Scénario d'application de VANET dans un milieu minier souterrain. 40
Figure 11. Comparaison entre V-Ant et la technique d'inondation en débit util..... 42
Figure 12. Comparaison du délai bout en bout dans le cas de V-Ant et la technique d'inondation..... 43
Figure 13. Modèles de mobilités et simulateurs réseaux principaux 44
Figure 14. Environnement de simulation sur *VanetMobiSim*. 45
Figure 15. Trafic envoyé dans le cas de OLSR, V-Ant et AODV 46
Figure 16. Comparaison du trafic reçu dans le cas de AODV, V-Ant et OLSR..... 47
Figure 17. Comparaison des nombres de tentatives de retransmission de paquets entre V-Ant, AODV et OLSR..... 49
Figure 18. Comparaison des débits utiles entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=1 sec..... 50
Figure 19. Comparaison des débits utiles entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.5 sec..... 51
Figure 20. Comparaison des débits utiles entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.25 sec..... 52
Figure 21. Comparaison des charges du réseau entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=1 sec.... 53
Figure 22. Comparaison des charges du réseau entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.5 sec. 53
Figure 23.Comparaison des charges du réseau entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.25 sec 54
Figure 24. Comparaison du trafic reçu entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=1 sec..... 55

Figure 25. Comparaison du trafic reçu entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.5 sec 56
Figure 26. Comparaison du trafic reçu entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.25 sec 56
Figure 27. Comparaison des tentatives de retransmission entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=1 sec 58
Figure 28. Comparaison des tentatives de retransmission entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.5 sec 59
Figure 29. Comparaison des tentatives de retransmission entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.25 sec 60
Figure 30. Comparaison des débits utiles entre V-Ant, GRP et OLSR pour une vitesse moyenne = 60 km/h 61
Figure 31. Comparaison des quantités de trafic reçu entre V-Ant, GRP et OLSR pour une vitesse moyenne = 60 km/h 62

LISTE DES TABLES

Tableau 1 MANET Vs VANET 18
Tableau 2. Paramètres de simulation pour le scénario 1 41
Tableau 3. Paramètres de simulation pour le scénario 2 45

RÉSUMÉ

Ce sujet de recherche s'inscrit dans la thématique des réseaux Ad Hoc pour les véhicules, désignée communément par VANET (*Vehicular Ad-hoc NETwork*). À quelques détails près, cette thématique partage plusieurs points d'intérêt avec l'étude de réseaux MANET (*Mobile Ad-hoc NETwork*). Ce dernier désigne un standard des protocoles de routage, basé sur la technologie IP, voué pour les réseaux ad hoc mobiles développé par l'IETF (*Internet Engineering Task Force*). La principale différence entre les deux réside dans la définition du déplacement. Plutôt que de se déplacer au hasard, les véhicules tendent à se déplacer d'une façon plus organisée autour d'un réseau routier, par exemple le réseau de voies, chemins, routes, ... dans un milieu urbain ou le réseau de galeries, tunnels, sections, ... dans un milieu confiné minier.

Depuis quelques années, un grand nombre de compagnies industrielles minières commencent à déployer des nouvelles technologies de communication dans le but d'augmenter leur productivité, enrichir leurs activités et réduire les coûts sans pour autant compromettre la sécurité du personnel.

Le maintien de la sécurité des travailleurs miniers dérive dans une grande partie du maintien du système de communication en vie durant tous leur travaux, leurs positions, leurs parcours ainsi que la communication inter-travailleurs doit être assurée en continuité. D'un autre côté, le nombre important des équipements et véhicules circulant dans une mine souterraine rend primordiale l'information sur l'état du trafic, la position aussi, et le chemin parcouru par ces véhicules.

Un système secondaire est alors nécessaire afin de remédier aux éventuels incidents ou événements rendant le système de communication déjà existant inopérant. Le nouveau système aura pour mission augmenter la capacité du système de communication primaire et/ou d'étendre sa couverture vers les endroits où le système de communication est inaccessible

Dans ce mémoire, nous proposons un algorithme de routage en réseaux VANET qui permet d'améliorer l'acheminement de l'information à travers les réseaux Ad-Hoc des véhicules mobiles ou fixes. Notre approche se base sur le principe de coopération entre les nœuds afin de mettre à jour l'état globale de mobilité des véhicules composant le réseau de communication, et ainsi, acheminer les paquets de données d'une manière plus efficace.

Rapport-Gratuit.com

INTRODUCTION

Depuis quelques années, un grand nombre de compagnies industrielles minières commencent à déployer des nouvelles technologies de communication dans le but d'augmenter leur productivité, enrichir leurs activités et réduire les coûts sans pour autant compromettre la sécurité du personnel [1].

Les communications radios dans les environnements souterrains miniers constituent un très important sujet de recherche dans les laboratoires de recherche et chez les industriels. Le changement d'environnement a évidemment fait changé les secteurs d'application des technologies de communications sous terre et les recherches sont de plus en plus nombreuses dans le but de faire face aux nouvelles exigences des systèmes de communication, entre autres on peut citer le support d'application de plus en plus gourmande en bande de fréquence qui se traduit par le débit, la mise en œuvre de la Qualité de Service (*QoS*) nécessaire pour le support d'application temps réel. Les études antérieures ont généralement mis la lumière et ont permis la caractérisation de la propagation sans fil dans un environnement souterrain [2].

Le maintien de la sécurité des travailleurs miniers dérive dans une grande partie du maintien du système de communication en vie durant tous leur travaux, leurs positions, leurs parcours ainsi que la communication inter-travailleurs doit être assurée en continuité. D'un autre côté, le nombre important des équipements et véhicules circulant dans une mine souterraine rend primordiale l'information sur l'état du trafic, la position aussi, et le chemin parcouru par ces véhicules. A titre de comparaison, on peut donner l'exemple d'un accident de circulation sur une autoroute, la communication de l'incident aux autorités responsables

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

(Pompiers, Police, …) est la généralement primordiale pour sauver des vies ou prévenir les autres conducteurs et utilisateurs de la route de l'existence d'un éventuel problème au niveau du trafic de circulation. Dans le cas d'une mine souterraine, ce même cas d'accident aurait des conséquences encore plus grave si un système de communication n'est pas disponible en tout temps, vu la nature dangereuse de milieu minier souterrain.

Un système secondaire est alors nécessaire afin de remédier à aux éventuels incidents ou événements rendant le système de communication déjà existant inopérant. Le nouveau système aura pour mission d'augmenter la capacité du système de communication primaire et/ou étendre sa couverture.

Les réseaux Ad hoc, appelés aussi réseaux spontanés, sont conçus d'entités (qui peuvent être mobiles) avec ou sans des infrastructures fixes préexistantes. Un moyen simple de conception des réseaux ad hoc revient à considérer qu'il correspond à une amélioration des capacités de connectivité des réseaux locaux (*Local Area Network*), par la limitation maximale du rôle d'une infrastructure fixe [3]. La portée de transmission limitée des interfaces réseaux sans-fils, le trafic de communication acheminé vers d'autres destinations fixes ou mobiles, doit passer et être ainsi relayé par des nœuds intermédiaires afin d'être acheminé à sa destination finale. Chaque nœud intermédiaire est alors aussi considéré comme un routeur qui contribue et coopère à l'acheminement des paquets aux autres membres du réseau.

1.1. Problématique de recherche

La plupart des systèmes radio exploitent principalement deux façons pour rayonner un signal : l'utilisation d'un câble coaxial rayonnant (*Leakey Feeder*) ou l'utilisation

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

d'antennes. Le premier principal nécessite le déploiement du câble rayonnant le long des zones où le signal radio est déployé. Le second système utilise des câbles coaxiaux non rayonnant et des antennes positionnées aux endroits où en veut disposer d'une couverture de communication. Les deux principes sont utilisés pour couvrir les infrastructures routières. A titre d'exemple, le système de communication cellulaire utilise les antennes dans les villes, le longue des routes, etc. et utilise le câble rayonnant dans les tunnels de métro. Notons aussi que le déploiement d'une infrastructure filaire est nécessaire dans les deux cas.

Dans le contexte des mines souterraines les deux principes sont aussi utilisés pour le déploiement de système de communication sans fil. Le principe de câble rayonnant exploité pour des communications analogique de la voix en semi-duplex (*walkie-talkie*) sont utilisé depuis plus d'une trentaine d'années dans l'industrie minière alors que durant la dernier décennie plusieurs technologie de réseau de communication utilisant des antennes sont déployées dans l'industrie minière comme les réseaux sans fil a portée atteignant plus de 100 m, appelé Réseaux Locaux Sans-Fil (*Wireless Local Area Network* ou WLAN) connus aussi commercialement par les réseau *WIFI*, les réseaux de senseurs, les réseau de tag RFID, etc. .

Dans les situations d'urgences qui peuvent se produire lors d'une explosion, d'un incendie, d'une inondation ou autre, les systèmes de communication sans fil requérant une infrastructure filaire risque de devenir inopérante. Alors que, les systèmes de communication sans fil spontanés formés par la flotte de véhicules mobile auront plus de chance de continuer à fonctionner dans de pareilles situations où le réseau de communication est plus que nécessaire.

D'une manière moins catastrophique, le système VANET (*Vehicular Ad hoc NETwork*) choisi dans notre travail vient dans le but de :

- Remplacer rapidement et efficacement le système de communication primaire dans le cas de défiance de celui-ci, ce qui offre dans l'ensemble une solution de communication redondante plus robuste. Étendre le système de communication déjà mis en place, vers les endroits au la couverture radio est inexistante.

- Augmenter la capacité du système primaire en offrant un système secondaire de communication

- Bénéficier de l'autonomie énergétique des nœuds (véhicules) et de leurs emplacements à proximité des passerelles des réseaux pour maintenir la communication entre personnel et équipements dans la mine souterraine.

1.2. Contribution

Ce travail de recherche s'inscrit dans la thématique des réseaux Ad Hoc sans fil adaptés aux véhicules mobiles, désignée communément par VANET (*Vehicle Ad-hoc NETwork*). Ce type de réseau profite du déplacement de véhicules, doté de moyen de communication sans fil, à travers un réseau de transport routier, pour augmenter la capacité d'un système de communication principal et/ou l'extension de la couverture de celui-ci. Pour répondre à cette problématique, l'idée principale est d'exploiter une collaboration intelligente entre les véhicules circulant sur le réseau de transport routier. Cette collaboration aura pour objectif d'acheminer le trafic des données plus rapidement et d'atteindre des destinataires au-delà de la portée du système de communication principal. Elle fournira également la redondance

nécessaire pour permettre de parer un éventuel défaut du système de communication principal.

Pour résoudre cette problématique, un protocole de routage de données est proposé. Ce protocole est basé sur la métaheuristique d'optimisation par colonies de fourmis. Une modélisation et une analyse de performance de ce protocole est mise en œuvre par simulation.

Dans la thématique des réseaux VANET, le réseau de transport routier fait généralement référence à l'ensemble des voies, chemins, routes, etc. qui se trouve dans un milieu urbain. Dans notre étude ce réseau routier se réfère, par opposition, à l'ensemble des galeries, tunnels, sections, etc. se trouvant dans un environnement minier souterrain.

La contribution de ce travail consiste alors à proposer un protocole de routage dont la performance sera analysée en utilisant le logiciel de simulation des réseaux OPNET Modeler ™ 15.0 [4]. La performance du protocole de routage proposé sera comparée à des protocoles de routage utilisés dans les réseaux ad-hoc.

1.3. Structure du rapport

Les communications sous-terraines sont d'abord introduites, la problématique et risque de panne du système de communication filaire est alors introduite. D'où, la solution et la justification du choix des réseaux ad-hoc véhiculaires sont discutées. Ensuite, la gestion, approches et algorithmes de routage utilisés en réseaux ad-hoc est discuté durant ce travail. On continue avec une description du protocole proposé, son modèle d'implantation sur le logiciel OPNET Modeler et le modèle de mobilité choisis.

CHAPITRE 1

CONTRAINTES DES SYSTÈMES DE COMMUNICATIONS SOUTERRAINS

Il y une grande demande dans l'industrie minière qui a pour objectif l'amélioration de la sécurité et sûreté des mines souterraines, à cause des différents accidents qui se produisent fréquemment surtout suite aux chutes de roches. Par conséquent, les outils et l'équipement utilisés dans cet environnement doivent être robustes et satisfaire les demandes et caractéristiques de cet environnement particulier.

Dans un tel milieu, les systèmes de communication deviennent un élément vital pour le développement des mines du future. Les liaisons de transmission de données peuvent être utilisées pour transférer des informations précieuses à distance, à des fins de surveillance ou contrôle ou fournir un lien de communication entre le personnel et les véhicules travaillant dans la mine. Il est donc important d'avoir un réseau sans fil énergétiquement indépendant et bien dimensionné pour supporter les périodes de grand trafic et à fournir le maximum de qualité et flexibilité. La figure 1 montre un exemple d'un système de communication câblé déployé dans la mine de CANMET à Val-d'Or (Québec, Canada).

Figure 1. Un exemple de l'infrastructure filière existante dans une mine souterraine.

La transmission de données qui contiennent des informations sur les conditions dans les galeries et les signaux d'urgence et l'assurance des communications permanentes entre les mineurs/véhicules dans les mines souterraines sont les principaux facteurs qui contribuent à maintenir un bon niveau de sûreté et de la sécurité dans ce milieu industriel. La figure 2 regroupe un éventail des risques majeurs encourus dans les mines souterraines, la proportion des incendies et des explosions souterraines est relativement important et représente 35% des risques souterrains [1]. Un Système de communication filaire, tel que mentionné auparavant, peut être facilement endommagé par des explosions ou des chutes de roches.

Par ailleurs, le changement continu dans la structure de la mine, dû principalement a l'excavation, créé des zones inaccessibles dans lesquelles le déploiement un système de communication nécessitant une infrastructure filaire est infaisable en considérant les limitations de technologie (longueur maximal de câble par exemple), l'importance temps

requise pour la mise à jour de l'infrastructure et les coûts élevés généré par ces mise à jour. Ces considérations sont autant accentuées pour les galeries ou tunnel secondaire qui sont maintenu juste durant la période où il contienne le minerai.

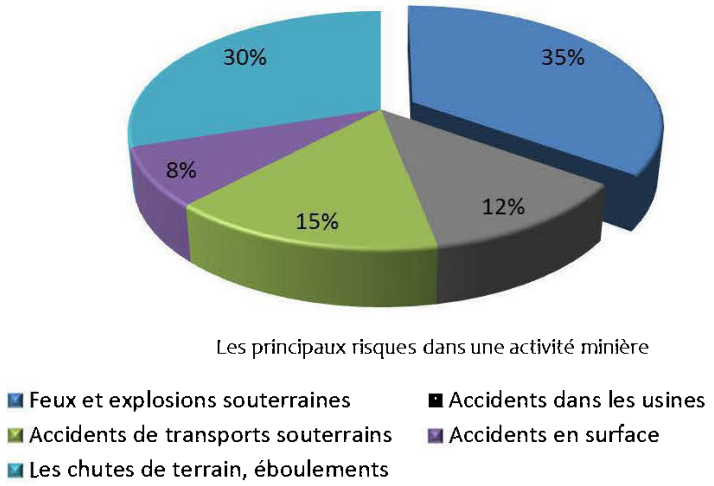


Figure 2. Les risques majeurs dans les mines souterraines. [1]

La clé pour résoudre ces défis est d'avoir un système de communication mobile qui peut à tout moment remplacer ou servir de système de communication secondaire qui est capable d'étendre sa couverture pour atteindre les zones inaccessibles par le système principal. Comme les véhicules sont les machines les plus présentes dans les mines souterraines, l'approche VANET constitue une solution souhaitable pour que le système puisse surmonter les défis mentionnés.

CHAPITRE 2

LES RÉSEAUX VANETS

Les réseaux VANETs sont caractérisés principalement par les taux élevés de transfert de données. Les véhicules sont plus grands en taille et en poids par rapport aux traditionnels clients sans-fils, et peuvent par conséquence supporter la prise en charge d'équipements et composantes et antennes sans fil puissantes capables de fournir des hauts débits de données. Dans les réseaux ad hoc en général, les nœuds qui prennent les décisions de routage en utilisant la structure IP peuvent communiquer à travers chaque technologie de radiocommunication. Les nœuds intermédiaires qui sont présent entre la source et la destination établissent les connexions bout-en-bout. Le tableau 1 présente une synthèse des principales différences entre VANET et MANET [5].

MANET	VANET
Réseau sans-fil à multi-sauts qui manque d'infrastructure, décentralisé et auto-organisé	Un cas spécial du réseau MANET qui satisfait toutes ses caractéristiques et exigences
Applications identiques que celles permises par Internet	Des applications en relation avec la sécurité routière, l'efficacité du transport, les applications d'information ou de divertissement
Les nœuds ont supposés avoir une mobilité modérée	Un grand degré de mobilité des nœuds
Le modèle de mobilité le plus utilisé est le RWP (*The Random WayPoint)*	Des simulateurs détaillés de trafic véhiculaires sont utilisés
Plusieurs protocoles pour l'efficacité énergétique	N'a pas de problème concernant l'efficacité énergétique

Tableau 1 MANET Vs VANET

La mobilité des véhicules constitue la principale différence avec les réseaux MANET, puisque elle est restreinte au réseau de transport routier dans le cas des réseaux VANET. La considération d'un déplacement aléatoire est une hypothèse forte qui ne prend pas les considérations réelles de déplacement des véhicules. Ces considérations de mobilité l'utilisation de cette considération n'est pas réel une route de géométrie unidimensionnelle.

Une autre caractéristique des réseaux VANETs est celle de la grande topologie. Les distances entre les véhicules peuvent changer de quelques mètres à des centaines de mètres à cause du changement rapide des vitesses spécifiques de chaque véhicule. Une vision globale de ces types de réseaux ad hoc peut les présenter comme étant des réseaux à grande échelle divisés à un nombre infini de partitions. Chaque partition se caractérise par un comportement local, alors que toutes les partitions qui, à un instant donné, constituent le réseau donnent naissance à un comportement global du réseau entier.

On ne va pas oublier de parler d'un paramètre important caractérisant les réseaux ad hoc véhiculaire : le trafic. Les conditions de trafic peuvent changer rapidement à cause des congestions ou des contraintes de la route, ce qui aura une incidence sur le comportement globale et/ou local du réseau. La connectivité bout-en-bout est limitée à des communications à courte portée, lors de passage d'un véhicule à la portée d'un autre véhicule ou d'une infrastructure de bord de la route.

2.1. Applications des réseaux VANETs

D'après notre état de l'art, les applications des réseaux VANETs se divisent en plusieurs secteurs : sécurité, gestion du trafic routier et divertissement.

Rapport-Gratuit.com

Le premier type d'applications est celui de la sécurité publique, où des systèmes d'avertissements de collisions peuvent servir afin d'éviter des accidents et la perte des vies des conducteurs de véhicules, ainsi, et ceci sous différents scénarios (circulations en milieu urbain, nuit, conditions de trafic difficiles, …). Ce type d'applications se caractérise par l'aspect temps réel, qui consiste à délivrer l'information avant qu'elle soit obsolète. Les applications de sécurité et sûreté ont des contraintes à caractère temps réel.

Le deuxième type d'applications est celui de gestion du trafic, dont on s'intéresse à l'amélioration du flux de trafic par la réduction de possibilité de congestion, éviter les accidents causées par les congestions et réduire le temps de voyage par une fluidité optimale (la suggestion de position optimale de la voiture dans une autoroute, l'assistance lors des manœuvres de dépassement ou de changement de voies, fournir des cartes locales mises à jour, …).

La troisième catégorie d'application est le confort et le divertissement : Cette catégorie peut être issue du fait que les utilisateurs des routes veulent communiquer avec d'autres véhicules ou infrastructures de bord de la route. Des différents types d'informations peuvent être échangés concernant par exemples les locations de lieux de stationnement ou les fichiers à contenus multimédia.

2.2. Réseaux véhiculaires : V2V, V2I et HVC

Les applications citées au paragraphe précédent, peuvent demander une communication véhicule à véhicule (V2V), véhicule à infrastructure (V2I) ou une communication véhiculaires hybride.

Le premier système (V2V), appelé aussi : communication inter-véhicule, est complétement libre d'infrastructure; seule un équipement de télécommunication sans fil abrité par chaque véhicule, est requis. Les configurations V2V peut être à saut-unique comme dans le cas des applications demandant des communications à courte portée (changement de voies, par exemple) ou à multi-sauts lorsque les applications nécessitent des communications à longue portée (surveillance de trafic, à titre d'exemple)

Le deuxième genre de systèmes (V2I), dans lequel toutes les communications se font entre les infrastructures de bord de la route et les équipements abrités par les véhicules, se divise en deux types : V2I Clairsemé et V2I Omniprésent.

Le troisième type de configuration en réseaux véhiculaires est présenté par le système de communication véhiculaire hybride qui ont pour principal objectif étendre la portée des système V2I, le but est d'atteindre les infrastructures de bord de la route même s'elles ne sont pas en portée sans fil, en utilisant d'autres véhicules comme des routeurs mobiles d'information. Les configurations hybrides peuvent être utilisées dans le cas d'applications similaires à celles utilisées dans e cas des V2I, mais qui requièrent une portée de transmission plus vaste. L'avantage de ce type de configuration est qu'elle demande moins de présence des infrastructures de bord de la route, mais ne peut probablement garantir une connectivité du réseau dans le cas de faible densité de véhicules.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

2.3. Problème de routage en VANET

Le routage en réseaux VANETs devrait prendre en considération les différentes types d'applications et les configurations de communication qu'on vient de citer, donc toute approche de routage devrait faire face spécialement à [6] :

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

- Contrainte de liens à courte durée de vie.
- Suivre rapidement la dynamique du réseau.
- Évolution du réseau
- Manque de configuration global du réseau.
- Manque de connaissance détaillée concernant les voisins d'un nœud.
- L'emploi de la nature de diffusion des réseaux sans-fil.

CHAPITRE 3

PROTOCOLES DE ROUTAGE DANS LES RÉSEAUX AD-HOC

La communication entre les nœuds en réseaux mobiles ad hoc est un enjeu important et qui relève beaucoup de défis, dans le sens où la mobilité, comportement globale et locale et connectivité du réseau changent d'un type de réseau à l'autre, permettant ainsi une diversité en matière de recherche scientifique visant à améliorer le processus d'acheminement d'information, de la manière la plus fiable possible.

Pour comprendre tous les défis à qui font face les chercheurs dans ce domaine, il est important d'abord de savoir les caractéristiques et réintroduire les réseaux MANETs.

Un réseau mobile ad-hoc (MANET : Mobile Ad Hoc NETwork) est une combinaison de hôtes mobiles qui peuvent communiquer entre elles en utilisant des connexions sans-fils tout en ayant la possibilité aussi de communiquer avec une ou plusieurs infrastructures fixes. En principe, le mouvement des nœuds mobiles dans un réseau MANET n'est pas préalablement définis et donc est aléatoire, ce qui induit un important problème : celui de trouver et maintenir les routes des paquets entres les nœuds, mobiles et/ou fixes.

Plusieurs techniques et approches sur lesquelles des protocoles de routage ont été proposées, les différences entre ces protocoles se résident surtout dans la manière avec laquelle les nouvelles routes sont trouvées, et aussi la façon avec laquelle les routes existantes dans les tables de routage sont mises à jour.

Les réseaux MANET peuvent être sous différentes formes, comme les BAN (*Body Area Network*), VANET, réseaux sans-fils et réseaux de capteurs, ce qui aussi va varier les types de technologies de communication qui y sont utilisées : Bluetooth, IEEE 802.11 et l'Ultra-Large Bande.

Trouver et établir correctement des routes d'une manière efficace et en moins de temps possible est l'objectif ultime des protocoles de routage en réseau ad hoc. Dépendamment du réseau, la livraison des paquets entre la source et la destination dans un réseau devrait se faire en respectant plusieurs paramètres fixés au préalable par le protocole.

3.1. Classification de protocoles de routage

Un protocole de routage en réseau ad hoc doit surtout être capable de suivre la nature dynamique des réseaux ad hoc qui emmène à un changement dans la topologie et aussi doit prendre en considération les deux caractéristiques principales du réseau : les caractéristiques générales de n'importe quel protocole de routage ainsi des caractéristiques spécifiques particulières aux réseaux ad hoc.

En général, les protocoles de routage en réseaux ad hoc peuvent se divisent eu deux classes principales :

Protocoles Proactifs : ce sont des protocoles de routage qui ont comme objectif garder l'information de routage le plus possible à jour entre chaque pair de nœuds appartenant aux réseau, par une mise à jour périodique dans le temps des tables de routage. On peut citer comme exemples OLSR (Présenté en détail dans le paragraphe 1.3 de ce chapitre).

Protocoles réactifs : Appelés aussi « En-demande », établissent (à partir d'un nœud donné) une route vers une/des destination(s) seulement lorsque un nœud initie un processus appelé : « processus de découverte de la route ». Une fois cette route établie, elle sera donc garder dans la table de routage jusqu'à ce que la destination ne soit plus accessible ou que le délai d'établissement des routes (configuré par le protocole) soit considéré comme expiré. On prend comme exemples des protocoles de routage réactifs : AODV et DSR.

Après avoir introduit le routage en réseaux ad hoc, on va maintenant établir une sorte d'état d'art qui va citer les différentes « adaptation » de ces protocoles de routage en réseau ad hoc, pour les réseaux véhiculaires ad hoc. On va surtout nous concentrer sur les points faibles rendant ces derniers inapplicables ou moins performants dans le cas du scénario proposé dans notre étude, à savoir le routage en réseau ad hoc véhiculaire pour une mine souterraine.

3.2. Éventail des principaux protocoles de routage en réseaux Ad Hoc

3.2.1. Présentation du protocole de routage AODV

L'algorithme réactif AODV (*Ad Hoc On-Demand Distance Vector*) est conçu pour être utilisé par les nœuds mobiles dans un réseau ad-hoc. C'est un protocole de routage réactif qui offre une adaptation rapide aux conditions dynamiques des liens, traitement faible et surcharge de la mémoire, l'utilisation faible du réseau et détermine les routes entre les sources et destinations, en mode unicast.

Comme montré à la figure 3, l'algorithme AODV permet un routage dynamique, auto-démarré à multi-sauts avec les nœuds mobiles faisant partie du réseau, dans le but d'établir et

maintenir un réseau ad hoc. AODV permet aux nœuds d'établir les nouvelles routes sans avoir besoin maintenir les routes sans qu'elles ne soient en communication active [6].

Le processus de découverte de la route dans le cas de AODV consiste à permettre à un nœud d'envoyer un paquet RREQ, qui est relayé par les nœuds intermédiaires jusqu'à ce que la destination (ou un nœud qui en connait la route) répond par un message RREP. Les tables de routage des différents nœuds sont mises à jours après chaque retransmission de ces messages RREQ et RREP, comme le représente la figure suivante :

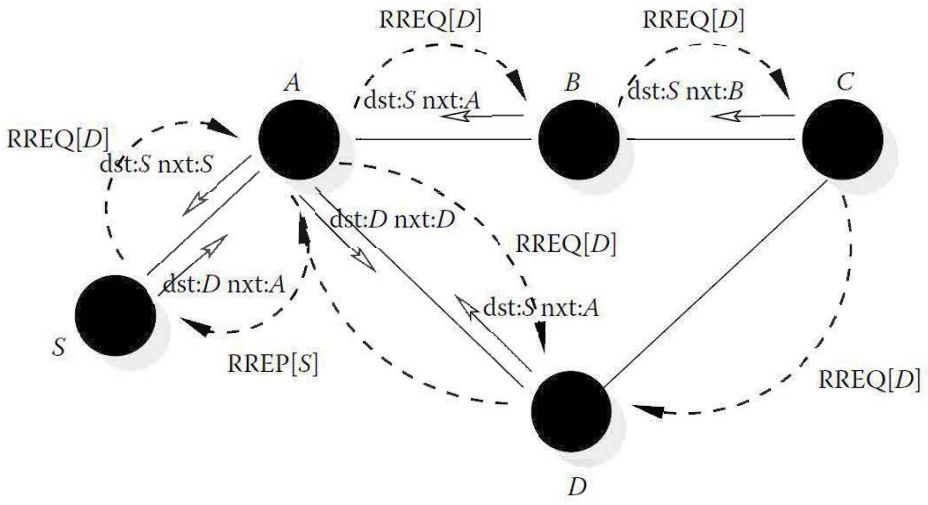


Figure 3 Processus du fonctionnement du protocole AODV

3.2.2. Présentation du protocole de routage OLSR

Le protocole de routage OLSR est un algorithme proactif, il effectue une diffusion vers les destinations sélectionnés à travers les nœuds appelés relais multipoints (*MultiPoint Relays : MPRs*). Chaque nœud choisis la liste des MPRs de l'ensemble de ses voisins. Les messages diffusés comportent l'information sur l'état du lien et le nombre de fois où l'état de lien a été

mis à jour. La réception de ce message permet aux nœuds de mettre à jour leurs tables de routage et déterminer leurs routes. L'idée est qu'à chaque fois qu'un nœud diffuse un message, les nœuds MPRs sont les seuls responsables de le rediffuser, ce qui réduit le degré d'inondation du réseau [6]. Dans l'exemple de la figure 4, le nœud A constitue le MPR pour atteindre la destination D :

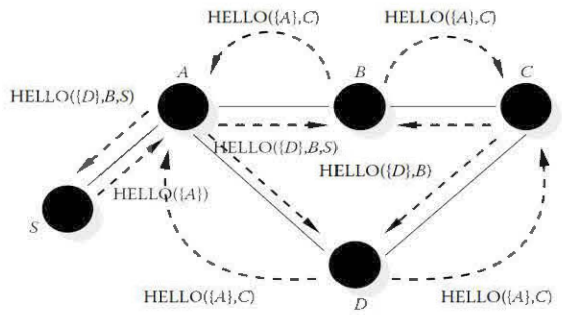


Figure 4 Processus du fonctionnement du protocole OLSR (1/2)

Les messages *Hello* sont utilisés dans le but de déterminer le voisinage, l'état des liens et le MPR.

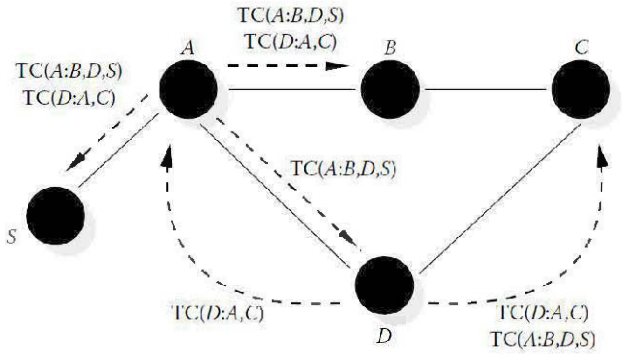


Figure 5 Processus du fonctionnement du protocole OLSR (2/2)

Les messages de contrôle de topologie TC (*Topology Control*) sont générés et relayés uniquement par les MPRs, comme le montre la figure 5.

3.2.3. Présentation du protocole de routage DSR

Le protocole de routage DSR (*Dynamic Source Routing*) est un protocole réactif dans lequel un nœud commence le processus de découverte de la route par un paquet RREQ (route request) seulement lorsque il n'en connait pas le chemin approprié. Ce protocole permet de créer une liste de nœuds du chemin du routage qui sera apposé au paquet de données. Cette liste dite est mise à jour d'une façon continue, alors que les nouvelles routes sont aussi stockées dans d'autres listes. On peut avoir plusieurs listes pour la même destination, ce qui est important dans le cas de défaillance d'un chemin. Lorsque le paquet RREQ arrive à la destination, celle-ci envoie un paquet-réponse RREP à la source. Le chemin de retour peut s'effectuer en inversant les entrées délivrées et mises à jour lors du parcours de RREQ. Une fois RREP est reçu, la source peut alors établir le chemin en se basant sur le chemin mis à jour par le processus de découverte du chemin. La figure 6 donne un bon exemple d'utilisation de DSR :

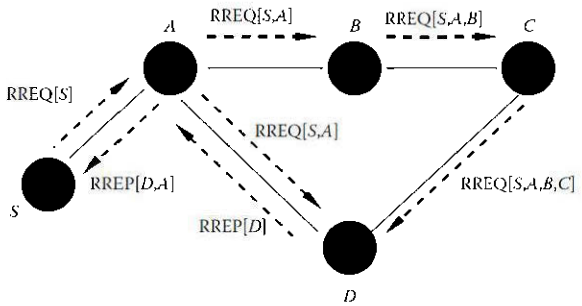


Figure 6. Exemple de fonctionnement de DSR

3.3. État de l'art du routage et études préliminaires

Une comparaison et une évaluation des performances de routage pour AODV et DSR, ainsi que la technique de routage basée sur l'intelligence des essaims (*Swarm intelligence*) sur les réseaux MANET ont été effectuées en [7]. L'analyse du débit utile, la latence et le taux de livraison des paquets, ainsi que le coût de livraison ont montré que DSR et AODV ne sont pas approprié dans les environnements véhiculaires. Dans [8], une étude extensive qui compare les protocoles de routage : AODV, DSDV et DSR dans des scénarios d'autoroute a été faite. Ces résultats ont démontré encore une fois que ces algorithmes de routages ne sont pas appropriés dans les scénarios VANET du point de vue taux de livraison, charge de routage et délai bout-en-bout.

Dans [9] une comparaison des performances entre les protocoles AODV, DSR, FSR et TORA a été effectuée. Après avoir analysé le débit utile TCP, le taux de livraison et le délai moyen de livraison des paquets, il s'est démontré que TORA n'est pas approprié pour les environnements véhiculaires, alors que FSR et AODV ont montré des résultats encourageant seulement dans le cas des scénarios urbains. Les résultats ont démontré aussi que dans le cas de faible densité de trafic, le débit utile de FSR est inférieure que celui de AODV et DSR. Les deux protocoles ne chargent pas trop le réseau relativement, mais DSR cause spécialement un problème de grand délai bout-en-bout.

En se basant sur l'optimisation par essaims de particules, Di Caro et Dorigo ont proposé un système Monte Carlo distribué et basé sur des agents mobiles qui est inspiré de l'optimisation par colonies de fourmis [10]. L'algorithme alors appelé AntNet est rendue

Rapport-Gratuit.com

l'algorithme référence pour les réseaux sans-connexion (*connectionless networks*) utilisant un routage best-effort. L'algorithme AntNet est explicitement conçu pour fournir un routage qui s'adapte au trafic, en exploitant les mécanismes derrière le comportement de recherche du plus court chemin observé dans les colonies de fourmis. Ce qui a été conclus par une définition de la méthodologie de l'optimisation combinatoire inspirée par la nature.

[8] a aussi proposé un protocole basé sur la technique *Ant-routing*, pour les réseaux ad-hoc. L'algorithme de routage proposé a été amélioré en utilisant l'apprentissage par renforcement qui est le processus d'optimisation du comportement d'un agent dans un environnement en introduisant le paramètre d'expérience via l'apprentissage par renforcement.

3.4. Bilan et Résumé

Protocoles réactifs :

- Réaction lente au changement rapide de la topologie.
- Besoin d'une latence minimale.
- Délai d'établissement des routes élevé.

Protocoles proactifs :

- Chargement du réseau avec les informations de routage.
- Convergence moins rapide.

Protocoles géographiques:

- Manque d'information permanente sur les positions des véhicules sous terre.
- Le GPS est inutilisable sous terre.

Un algorithme/protocole de routage en réseau VANET dans un milieu souterrain, doit alors faire face aux contraintes suivantes :

- ⊗ Courtes durées de vie des liaisons.
- ⊗ Suivre rapidement la dynamique du réseau.
- ⊗ Suivre l'évolution du réseau (ajout ou manque de nœuds).
- ⊗ Manque d'une configuration globale du réseau et manque d'information précise de location (GPS).
- ⊗ Manque d'une connaissance détaillée des voisins d'un nœud.
- ⊗ Emploi de la nature de diffusion des réseaux sans fil.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

CHAPITRE 4

APPROCHE PROPOSÉE

Dans les chapitres précédents, on a introduit quelques caractéristiques de VANET en fonction du routage, ainsi que quelques algorithmes conçus initialement pour les réseaux MANETs. Une solution intéressante sera alors la conception d'un protocole de routage qui va profiter de la coopération entre les nœuds (véhicules) pour s'adapter aux réseaux VANETs.

Notre approche, inspirée de ce concept de routage à contrôle collaboratif, est basée sur la technique d'optimisation par colonies de fourmis. Le tableau suivant présente une taxonomie des algorithmes se basant sur la technique d'Optimisation par colonies de fourmis.

Présentons d'abord cette méthaeuristique, ensuite les importants algorithmes de routage basés sur cette dernière.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

4.1. Optimisation par colonies de fourmis

L'optimisation par colonies de fourmis est une métaheuristique stochastique basée sur l'amélioration itérative d'une population de solutions et qui s'inspire de l'intelligence que peuvent manifester les fourmis lors de leurs déplacements vers la recherche de nourriture, et le processus de découverte du chemin et diffusion de l'information sur les différents chemins trouvés.

L'arbre suivant situe cette métaheuristique dans la grande famille des métaheuristiques [14]:

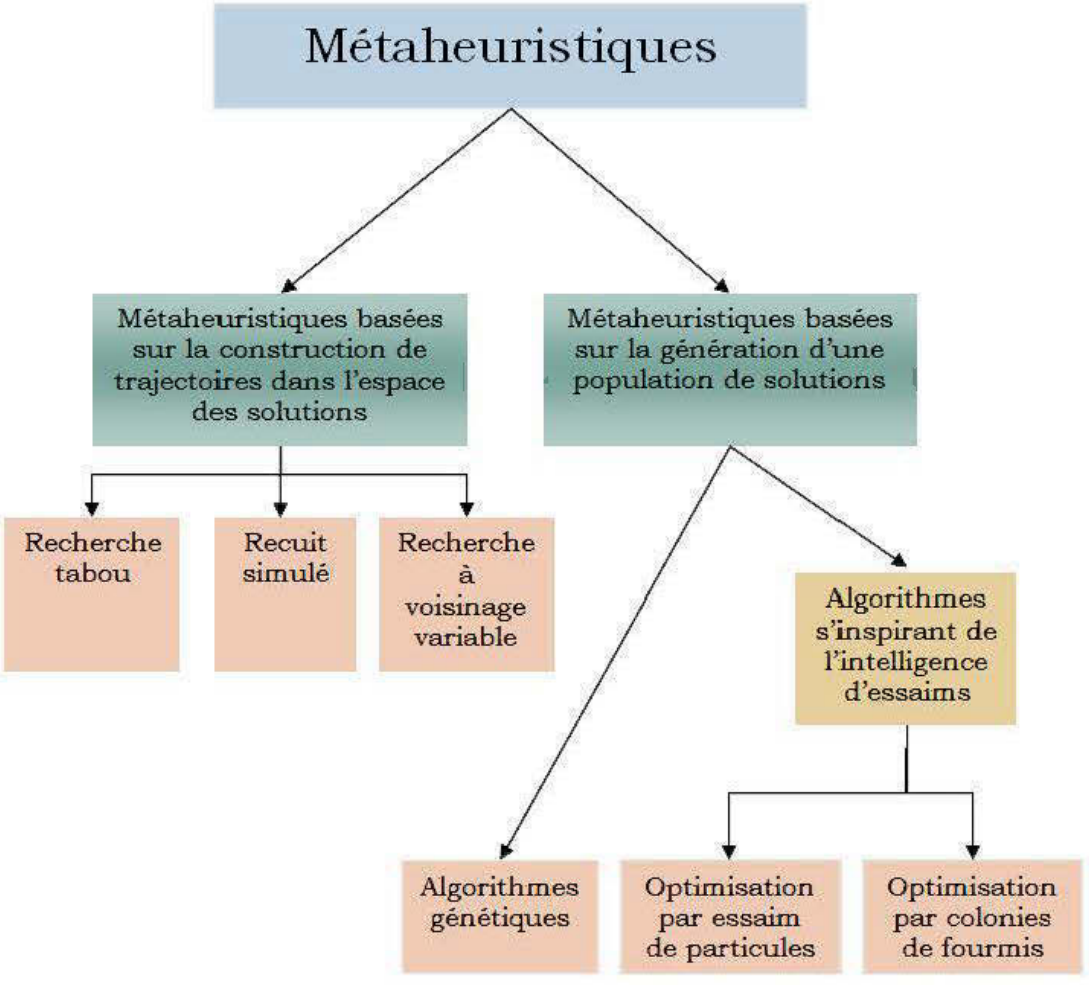


Figure 7. Présentation de la famille des métaheuristiques

Pour les métaheuristiques basées sur la construction de trajectoires dans l'espace des solutions, on commence la recherche à partir d'une solution initiale (un point de l'espace des solutions), puis on améliore cette solution au fur et à mesure. Si l'on considère un point dont la position à l'instant t est la solution courante alors on remarque que ce point décrit une trajectoire dans l'espace des solutions qui part de la solution initiale à la solution presque optimale.

Pour les métaheuristiques basées sur la génération d'une population de solutions, on commence par choisir dans l'espace des solutions un ensemble de solutions initiales s_0. En général ce choix se fait aléatoirement. Ensuite, à chaque itération i on génère un nouvel ensemble de solutions s_i jusqu'à ce que l'on arrive à un ensemble de solutions proches de l'optimum s_f. La performance de l'algorithme dépend de la manière avec laquelle on génère s_{i+1} à partir de s_i. Ces types de métaheuristiques s'inspirent de phénomènes naturels.

La métaheuristique se distingue des autres métaheuristiques par plusieurs critères. D'abord, c'est une métaheuristique qui base sa recherche de solution presque optimale sur la collaboration entre individus. Ainsi chaque fourmi (agent mobile) bénéficie non seulement de son expérience mais aussi de celle des autres particules.

Ce qui est plus surprenant c'est que les groupes de fourmis se réunissent là où il y a de la nourriture. Comment font-ils pour trouver cette nourriture. Il suffit de poser quelques grains sur le bord d'un terrain pour remarquer que dans quelques heures ou quelques jours un grand nombre de fourmis vont repérer l'emplacement même si auparavant ils n'avaient aucune connaissance de l'endroit. Il est très possible qu'un élément de la dynamique des fourmis permettrait à chacun d'entre eux de profiter de l'expérience des autres. De plus le fait qu'à chaque itération les fourmis exploitent non seulement leur expérience mais aussi l'expérience globale du groupe permet également d'éviter les pièges des minimums locaux. L'algorithme de base de l'Optimisation par colonies de fourmis est le suivant [10] :

- *initialisation des traces de phéromone*
- *<u>répéter</u>*
  - *Chaque fourmi construit un « chemin »*
  - *Mise-à-jour des traces de phéromone*
- *<u>jusqu'à</u> solution optimale trouvée <u>ou</u> stagnation*

Les fourmis (individus) communiquent indirectement à travers l'environnement grâce au dépôt de trace de phéromone. Cette communication engendre un déplacement guidé par les traces. La phéromone est mise avec une quantité qui reflète plusieurs paramètres (qualité du chemin, temps parcourus, …), on assiste alors à une situation dans laquelle tous les individus mobiles tendent à utiliser le/les plus cours chemins. Le système passe alors d'un état où tous les chemins sont aléatoires à un état formé de meilleures routes disponibles, en se basant sur des informations spécifiques des individus, en plus de l'information globale générée par les dépôts de phéromone.

4.2. Algorithmes de routage basés sur l'Optimisation par Colonies de Fourmis

La figure 8 représente un résumé des principaux algorithmes de routage basé sur la métaheuristique d'Optimisation par Colonies de Fourmis :

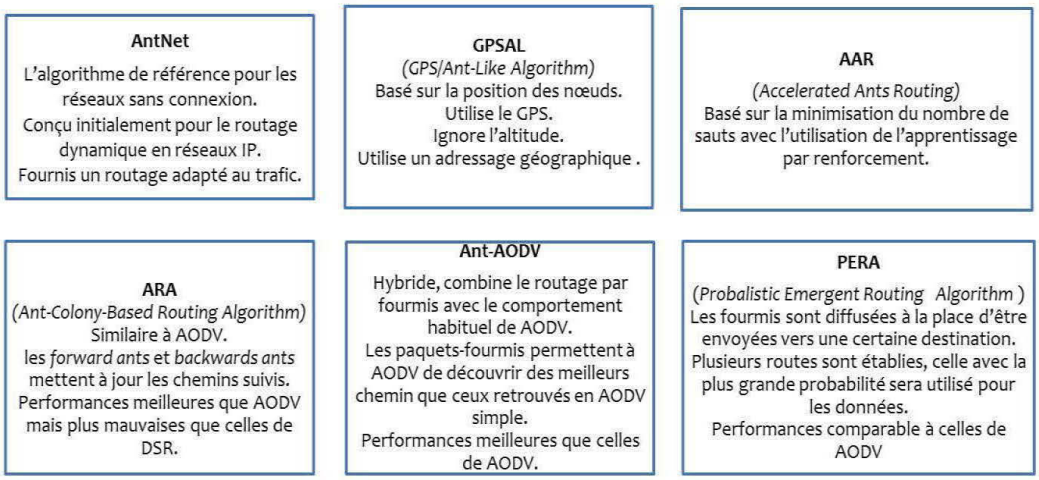


Figure 8 Présentation des principaux algorithmes de routage se basant sur la métaheuristique d'Optimisation par Colonies de Fourmis.

La méthode proposée, sera basée alors sur les caractéristiques suivantes présentées dans la figure 9 :

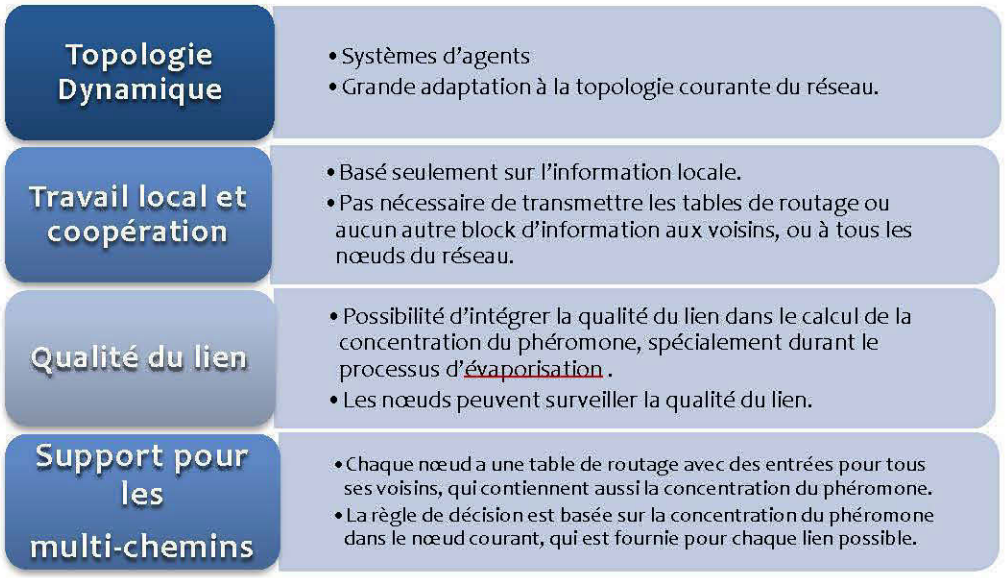


Figure 9. Différentes caractéristiques de l'approche de routage se basant sur l'Optimisation par Colonies de Fourmis pour les réseaux ad hoc véhiculaires.

4.3. Algorithme Proposé : V-Ant

La description de l'algorithme proposé est comme suit :

Dans des intervalles de temps réguliers Δt depuis chaque nœud s du réseau, un agent mobile (forwad ant : FA) $F_{s\to d}$est lancé vers un nœud destination d afin de découvrir un chemin faisable et au moindre coût vers ce nœud, et aussi examiner l'état de chage du réseau. Les FA partagent les mêmes files d'attente que les packets de données, donc ils subissent la même expérience du chargement du réseau. Les nœuds destinations sont choisis localement dépendamment des modèles de charge de trafic générés par la charge et le coût du travail

local : si f_{sd} est une mesure (en bits ou nombre de paquets) du flux de données $s \rightarrow d$, alors la probabilité pour nœud s de créer un agent FA avec d comme destination est :

$$p_d = \frac{f_{sd}}{\sum_{d'=1}^{N} f_{sd'}}$$

Par cela, les fourmis adaptent leur activité d'exploitation à la distribution variée du trafic des données.

Lors de leur voyage vers les différentes destinations, les agents gardent en mémoire les chemins parcourus et les conditions de trafic. L'identificateur de chaque nœud k visité est le temps écoulé depuis le temps de lancement jusqu'à l'arrivé à ce nœud k sont stockés dans une pile mémoire $S_{s\rightarrow d}(k)$.

Dans chaque nœud k, chaque agent voyageant vers sa destination d choisis n_s suivants vers lesquels il va bouger et qui n'a pas encore visiter, ou vers tous les nœuds voisins dans le cas où s'ils étaient tous visités. Les nœuds n_s sont choisis avec la même probabilité P'_{nd} qui est calculée comme la somme normalisée de l'entrée probabiliste P_{nd} de la table de routage avec un facteur de correction heuristique l_n qui tient en compte l'état (la longueur) du lien qui mène vers le nœud courant, en choisissant à chaque fois le plus court chemin durant le voyage.

$$P'_{nd} = \frac{P_{nd} + \alpha l_n}{1 + \alpha(|N_k| - 1)}$$

La correction heuristique l_n est une valeur normalisée dans l'intervalle [0,1] qui est proportionnelle avec la valeur d_n qui représente et donne une idée sur le délai de

transmission en plus du délai de stockage dans les files d'attente qui connecte le nœud k avec son voisin n :

$$l_n = 1 - \frac{d_n}{\sum_{n'=1}^{|N_k|} d_{n'}}$$

La valeur de α mesure l'importance la correction heuristique tout en respectant les valeurs de probabilité stockées dans la table de routage. La valeur de l_n reflète l'état instantané des files d'attente des nœuds, en supposant que le processus de consommation des files d'attente est presque stationnaire ou change lentement, l_n donne une mesure quantitative associée avec la queue de temps d'attente. D'un autre côté, les valeurs dans les tables de routage, sont le résultat d'un processus d'apprentissage continu et capturent à la fois l'état actuelle et passée du réseau en entier, comme on le voit d'un nœud local. Le système est plus « réactif » après la correction de ces valeurs par les valeurs de l, tout en évitent de suivre toutes les fluctuations du réseau. La combinaison du processus d'apprentissage à long-terme et la prédiction heuristique instantanée permette aux agents de prendre les décisions [11].

Si un cycle est détecté, les nœuds du cycle sont enlevés de la pile de la fourmi $F_{s\to d}$ et toute la mémoire les concernant est effacée, si le cycle a une durée de vie plus que celle de la fourmis $F_{s\to d}$, ce qui veut dire que le cycle a duré plus que deux fois l'age de la fourmi, l'agent $F_{s\to d}$ est alors détruit.

Quand on atteint la destination d, l'agent $F_{s\to d}$ est transformé vers un autre agent (*Backward Ant*) $B_{d\to s}$ toute en gardant sa mémoire.

L'agent $B_{d\to s}$ prend le même chemin que celui du $F_{s\to d}$ correspondant, mais dans la direction opposée. Dans chaque nœud k, du chemin, l'agent utilise sa pile $S_{s\to d}(k)$ afin de

savoir le saut suivant sera vers quel nœud. Les $B_{d\to s}$ ne partagent pas les mêmes files d'attente des liens que les paquets de données, ils utilisent alors des files d'attente avec une plus grande priorité, parce que leur tâche est de rapidement mettre à jour les tables de routage par l'information collecté par les paquets $F_{s\to d}$.

Lorsque le paquet $B_{d\to s}$ arrive à un nœud k, et que ce nœud est différent de la destination d, il met à jour deux structures de données principales : Le modèle local du trafic M_k et la table de routage T_k, pour chaque destination d. La mise à jour se fait en se basant sur la qualité du chemin qui a été parcouru par l'agent $F_{s\to d}$. L'évaluation est faite en comparant le temps réel de parcours avec le temps prévu estimé, suivant le modèle local du délai.

Une fois l'agent $B_{d\to s}$ arrive à sa destination, il est alors détruit et enlevé du réseau.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

CHAPITRE 5

ANALYSE DE PERFORMANCE

5.1. Scénario préliminaire

On a commencé par considérer un environnement qui consiste en une galerie minière souterraine de 200 mètres de longueur, dans laquelle les véhicules ont une portée de 60±5 mètres.

La figure 10 montre que le véhicule qui représente le nœud source, supposé être dans une zone qui n'est pas sécuritaire, a besoin de transmettre l'information à la passerelle en utilisant les nœuds intermédiaires dans le cadre d'un réseau VANET local.

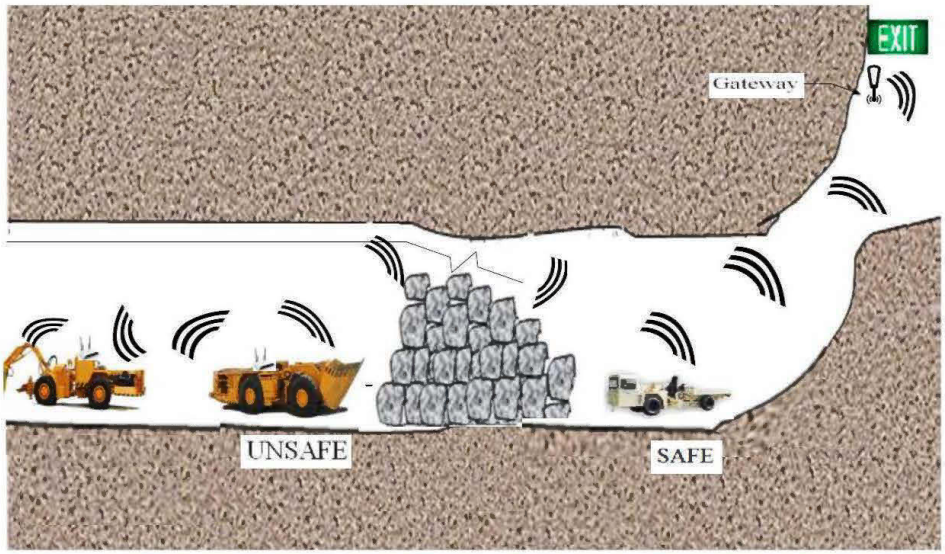


Figure 10. Scénario d'application de VANET dans un milieu minier souterrain.

Les paramètres de la simulation sont présentés dans le tableau 2 suivant :

Longueur de la galerie	200 mètres	Génération des paquets	Loi exponentielle de paramètre λ=1 (1 paquet/sec)
Couverture radio	60±5 mètres	Nombre de nœuds	5 véhicules
Fréquence	2.4 GHz	Vitesse des véhicules	5 – 10 Km/h
Débit de données	11 Mb/sec	Outil de simulation	OPNET Modeler ™ 15.0
Temps simulé	3600 sec	Méthode d'accès	Standard IEEE 802.11

Tableau 2. Paramètres de simulation pour le scénario 1

Dans ce scénario, les agents mobiles sont implémentés dans le modèle du trafic d'OPNET Modeler, en utilisant IPV4 pour le routage et le standard 802.11 pour la couche MAC.

L'utilisation de 3600 sec comme temps de simulation nous permet d'observer clairement les zones de transitions dans les graphes.

Débit efficace : La donnée mesurée est le débit entre le nœud source et la passerelle. On présente dans la figure 11 le rapport : paquet livrés avec succès aux paquets reçus par la passerelle.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

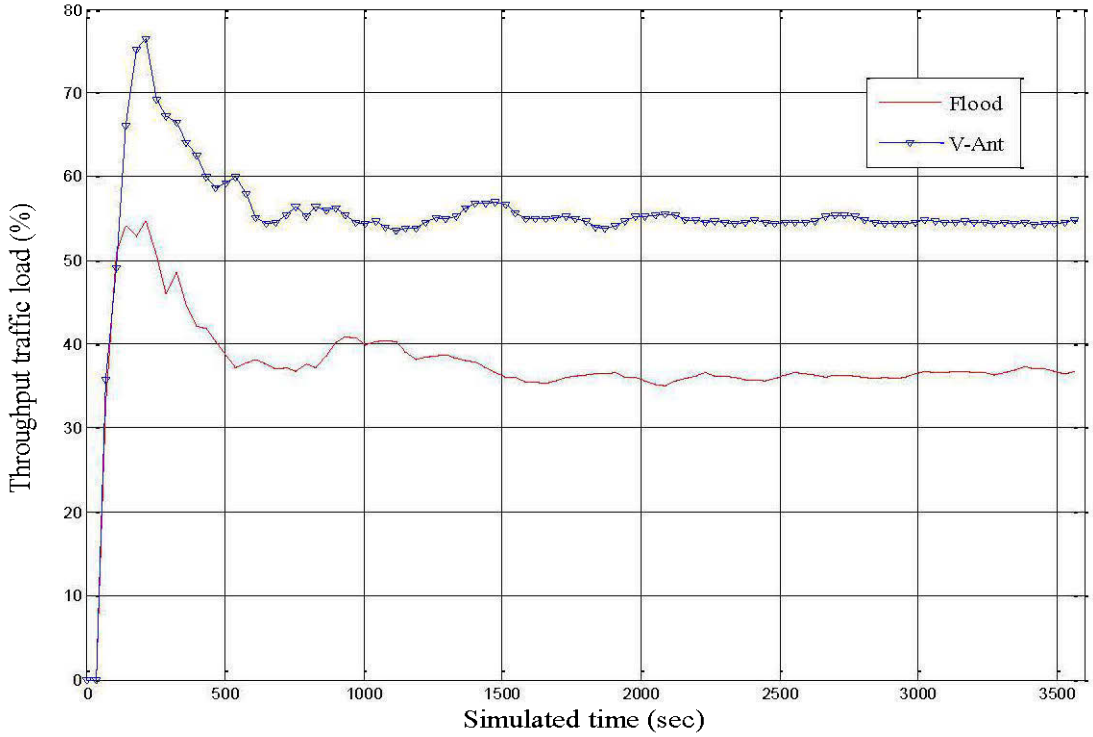


Figure 11. Comparaison entre V-Ant et la technique d'inondation en débit util

- V-Ant a une capacité de livraison avec succès meilleure que celle de la technique d'inondation.

- V-Ant réduit la charge du réseau en utilisant l'avantage de coopération entre les nœuds.

- Les deux algorithmes inondent le réseau jusqu'autour de l'instant t=50 sec.

- À partir de l'instant t= 250 sec, on a un gain de 20% en taux de livraison par succès.

A) Délai bout-en-bout :

La figure 12 représente la comparaison entre le délai total entre le nœud-source et la passerelle.

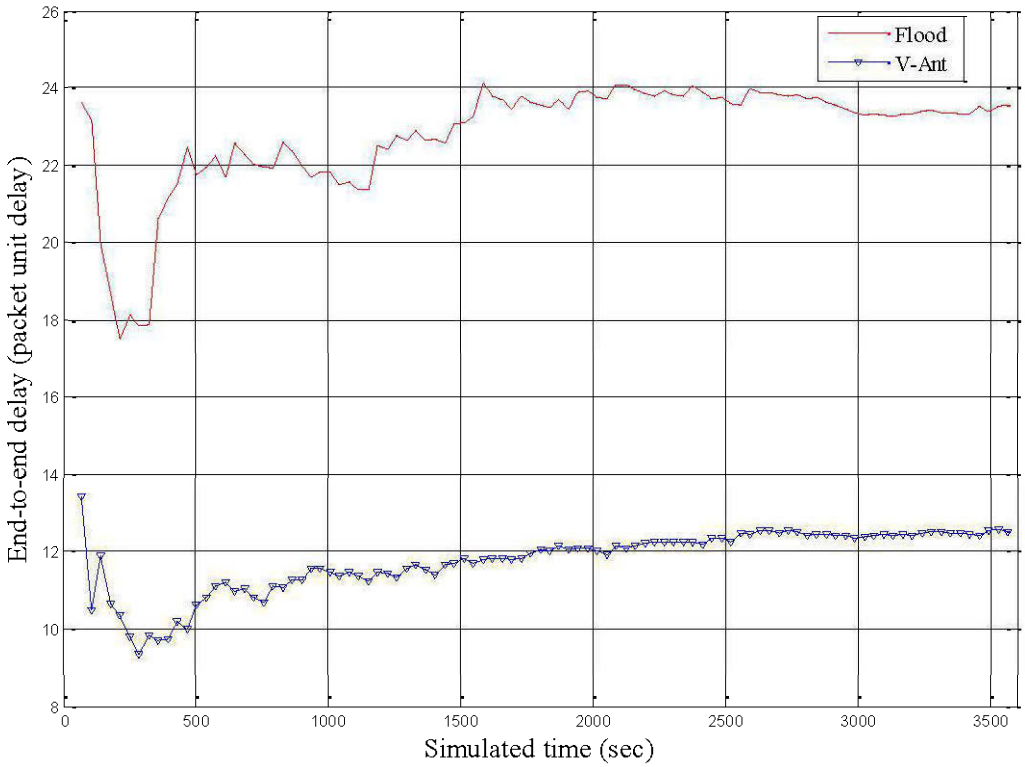


Figure 12. Comparaison du délai bout en bout dans le cas de V-Ant et la technique d'inondation

L'axe vertical est le délai unitaire de paquet, c'est le rapport longueur du paquet au débit physique.

- L'information sur les états des chemins fournis par les B.ants aide les nœuds à choisir vite le chemin à minimum délai.

- Le routage suit la dynamique du réseau mieux dans le cas de V-Ant.

5.2. Étude de performances : V2I

Pour étudier les performances de notre algorithme en réseaux V2I, on a utilisé un simulateur de mobilité puissant conçu principalement pour les réseaux VANETs : VanetMobiSim (voir annexe I).

Donc on procédera comme décrit sur la figure 13 :

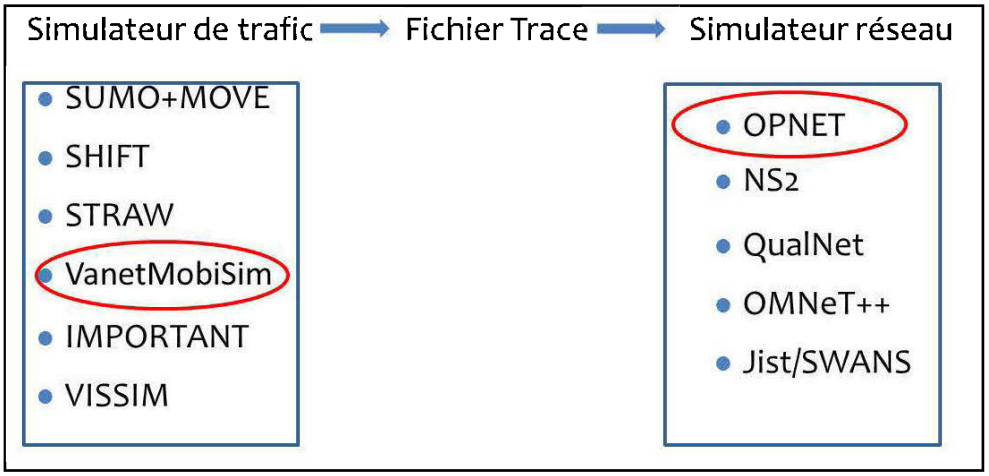


Figure 13. Modèles de mobilités et simulateurs réseaux principaux

L'environnement de simulation est représenté dans la figure 14 :

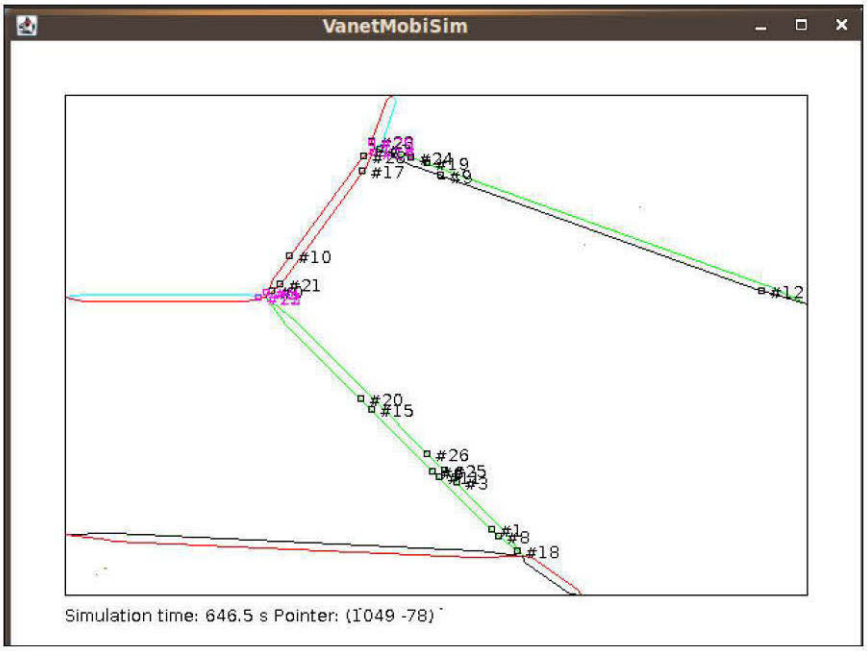


Figure 14. Environnement de simulation sur *VanetMobiSim*.

La simulation par *VanetMobiSim* utilise un fichier de mobilité en format XML, qui contient toutes les informations détaillées sur les modèles microscopiques et macroscopiques qui régissent la mobilité des nœuds, tels que :

Dimension de la galerie	500 x 500 mètres carrés	Vitesse maximale	3.33 m/s
Couverture radio	60±5 mètres	Vitesse minimale	13.89 m/s
Nombre de voies	2	Nombre d'intersection	3
Débit de données	11 Mb/sec	Densité d'obstacles	0.000005 / m^2
Temps simulé	600 sec	Modèle de mobilité	*IDM_LC* (Avec changement de voies)

Tableau 3. Paramètres de simulation pour le scénario 2

Les 30 véhicules-nœuds enverront des paquets données vers les 4 passerelles fixes, les paramètres de mobilité sont prises du modèle IDM-LC généré par le logiciel *VanetMobiSim*, comme discuté le chapitre précédent. On suppose que les 30 véhicules qui sont considérés comme des nœuds mobiles ont des chemins connus et circule avec des vitesses différentes.

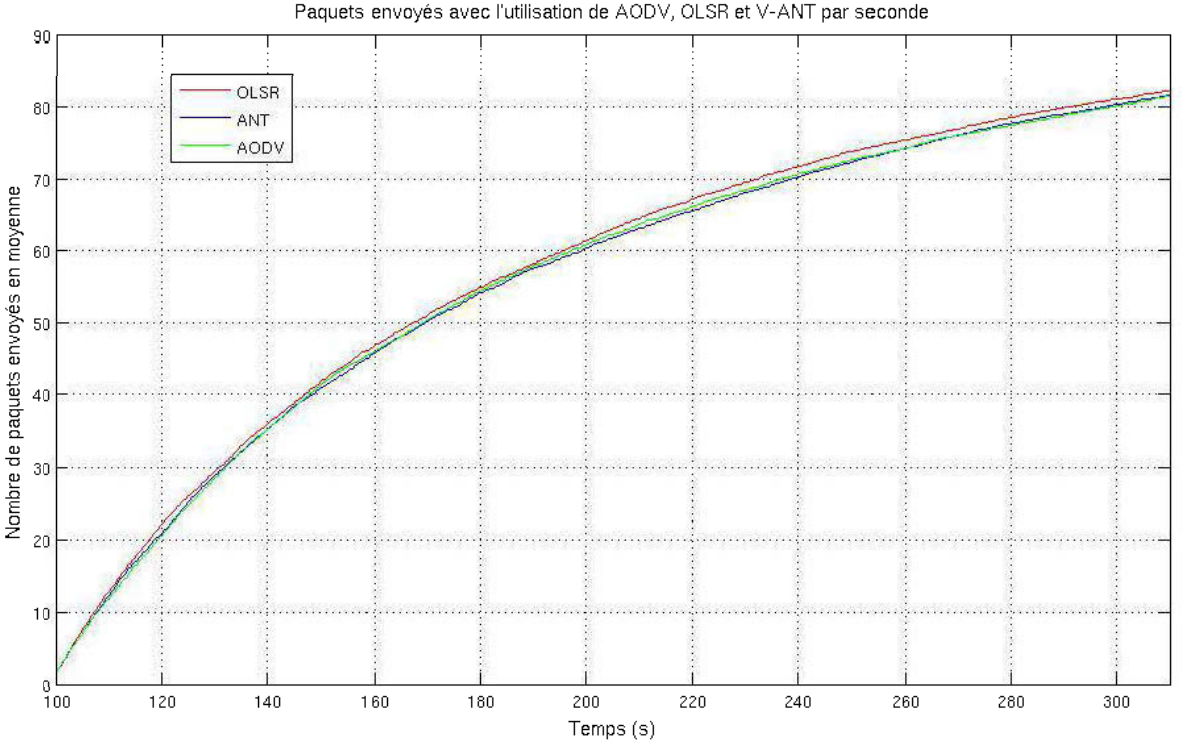


Figure 15. Trafic envoyé dans le cas de OLSR, V-Ant et AODV

La figure 15 démontre l'envoi équitable du même nombre de paquet, dans le cas d'utilisation du même scénario de mobilité IDM-LC pour OLSR, V-Ant et AODV.

La figure 16 démontre la quantité de paquets reçus en moyenne pour la même quantité de paquets envoyés (Figure15).

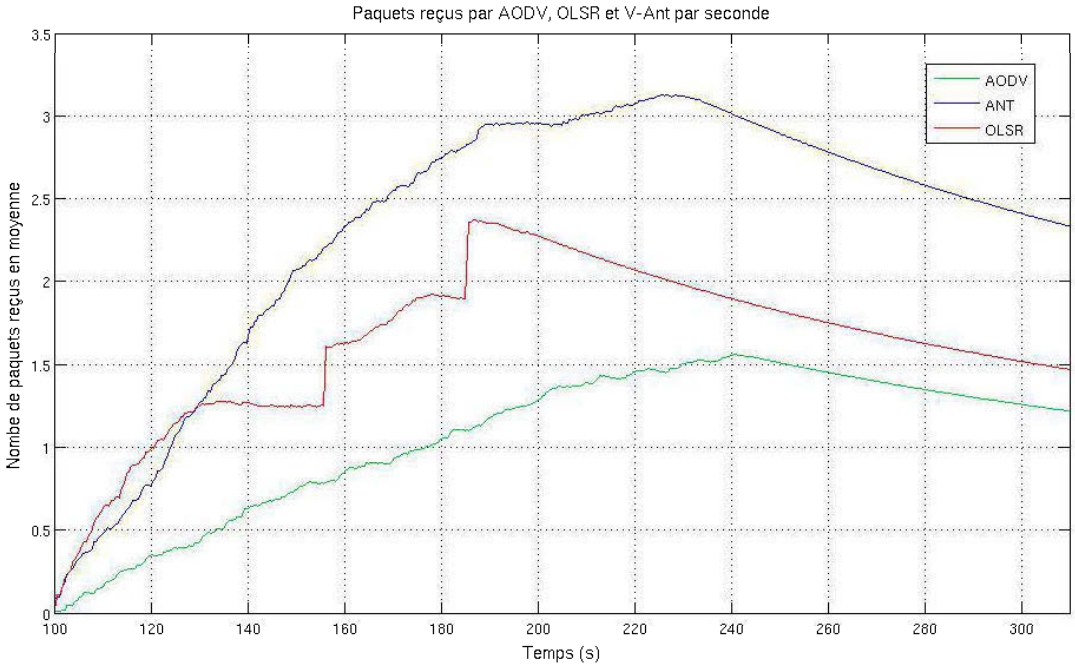


Figure 16. Comparaison du trafic reçu dans le cas de AODV, V-Ant et OLSR

On remarque que notre algorithme V-Ant permet aux passerelles de recevoir plus de paquets de données qu'AODV et OLSR.

Notre algorithme V-Ant a alors une capacité de livraison avec succès meilleure que celle d'AODV et OLSR.

V-Ant profite des caractéristiques introduites auparavant de la coopération entre les nœuds afin de produire l'information la plus mise à jour. L'information globale du réseau, la mémoire de chaque nœud et l'information collectée grâce à la coopération constitue alors un atout très fort pour V-Ant.

Selon la figure 16, OLSR et AODV présente une pente de dégradation de taux de livraison avec succès aux alentours de l'instant 200 sec de simulation, qui est plus aigüe que celle de V-Ant.

Les résultats de AODV et V-Ant sont assez comparables à partir de la 100 sec (temps dans lequel commence la génération des paquets de données) et ceci jusqu'à l'instant 180 sec, ou AODV tende à enlever les paquets du réseau après le 1er saut, ceci peut être dû à la rapidité de la mobilité et réorganisation du réseau. AODV a alors de la difficulté à suivre cette mobilité à partir de l'instant 180. Ce résultat sera confirmé par la figure 18 (nombre de tentatives de retransmission de paquets). Quant à OLSR, il a commencé à réagir relativement correcte au réseau à partir de l'instant 200 sec de temps de mobilité de réseau simulé (approximativement 6 heures de temps simulation).

La figure 17, démontre les tentatives de retransmission de paquets entre V-Ant, AODV et OLSR. Comme on l'avait présenté auparavant, la figure démontre une tendance de V-Ant à maintenir un taux moyen dans l'intervalle [0 – 2], alors qu'AODV et OLSR ont un nombre relativement élevé, ce qui explique la perte des paquets généré remarqué durant le même intervalle de temps. À partir de l'instant 200 – 240 sec de temps de mobilité de réseau simulé, AODV est OLSR sont au maximum de nombre de tentatives de retransmission de paquets, à cause de leur incapacité de maintenir des liens à jour qui peuvent être alignés avec le degré de mobilité de réseau.

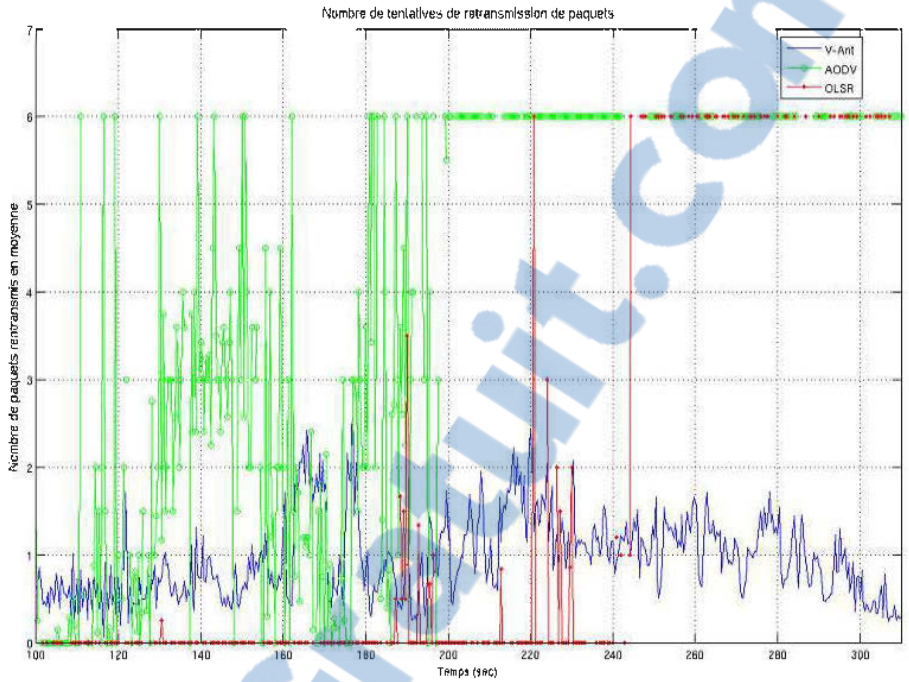


Figure 17. Comparaison des nombres de tentatives de retransmission de paquets entre V-Ant, AODV et OLSR.

5.3. Étude de performances : V2V

5.3.1. Changement de la quantité de trafic émis :

Dance ce scénario, les paquets de données sont envoyés entre les véhicules. Un nœud source choisit sa destination choisis au hasard parmi 30 autres véhicules.

Dans ce cas, et dans le but de diversifier notre étude de performance de notre protocole de routage V-Ant, nous proposons de le comparer à un autre type de protocole de routage, qui se base sur la position des nœuds pour faire le routage : GRP (Geographical Routing Protocol) [15]. Dans l'étude suivante nous allons comparer les métriques suivantes : Quantité de trafic reçu, Débit utile, La charge totale du réseau et les tentatives de retransmission de paquets. Nous allons faire changer la quantité de trafic envoyé à chaque fois. Aussi, nous

Rapport-Gratuit.com

allons étudier l'effet du changement de la vitesse des véhicules sur la performance du routage, en utilisant les mêmes métriques cités ci-dessus. Le même réseau est utilisé dans tous les cas de figures qui vont se présenter ci-dessous.

a) Effet du changement de trafic émis sur le Débit utile

Nous allons étudier l'effet du trafic sur la performance du réseau, et des trois algorithmes de routage V-Ant, OLSR et GRP.

La figure 18 démontre une comparaison des débits utiles entre V-Ant, GRP et OLSR dans le cas de λ=1 sec. λ étant la durée entre chaque génération de paquets.

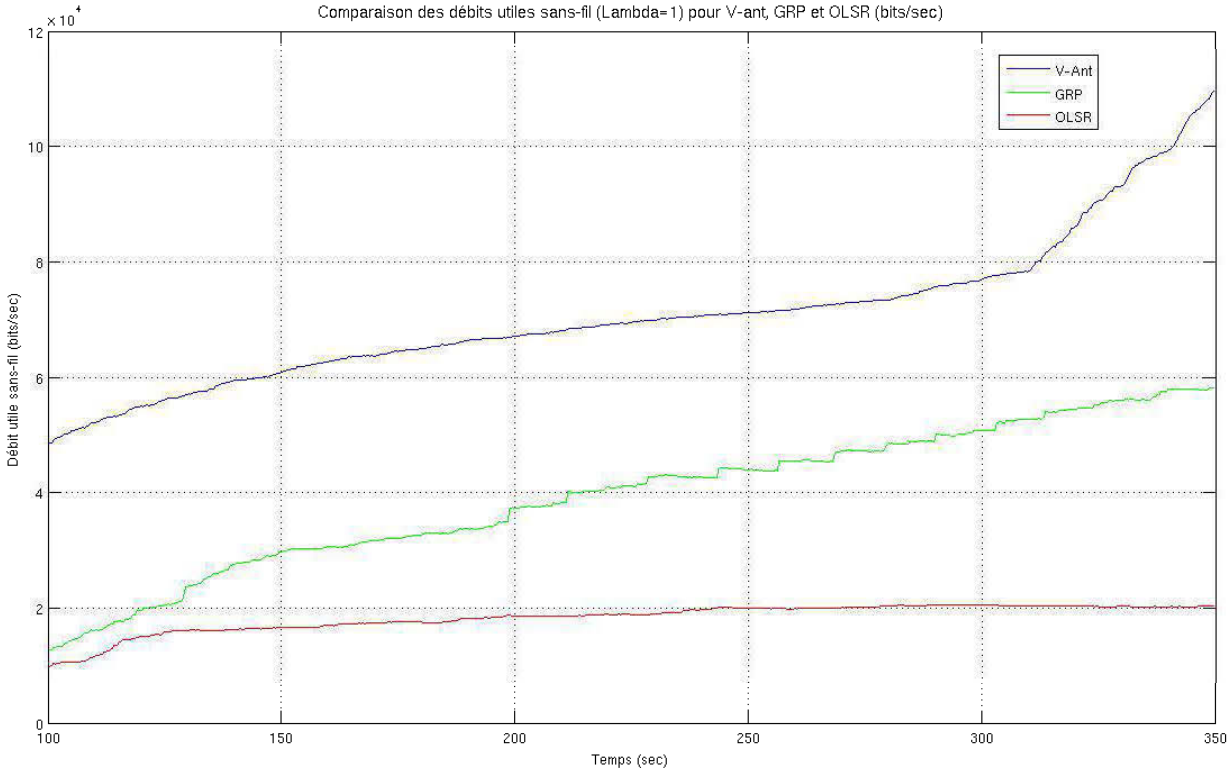


Figure 18. Comparaison des débits utiles entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=1 sec

La figure 19 présente une comparaison des débits utiles entre V-Ant, GRP et OLSR dans le cas de λ=0.5 sec. λ étant toujours la durée entre chaque génération de paquets.

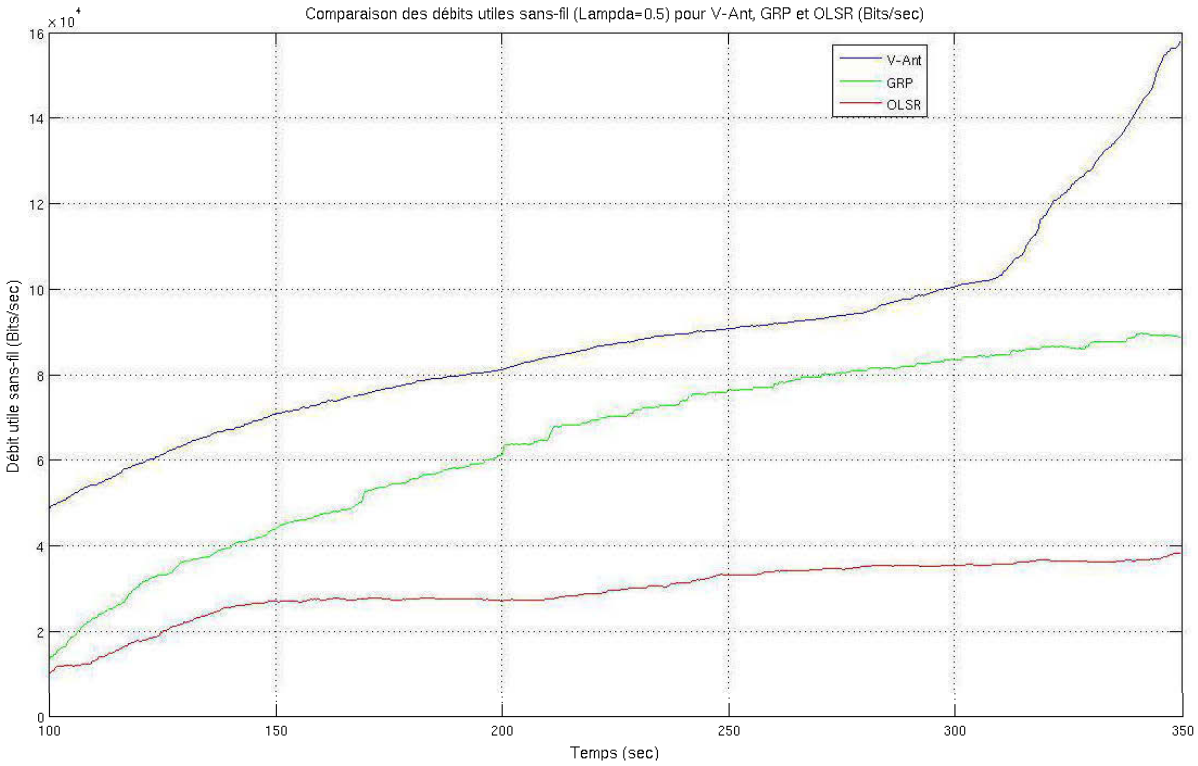


Figure 19. Comparaison des débits utiles entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.5 sec

La 3ème figure, qui est la figure 20 présente une comparaison des débits utiles entre V-Ant, GRP et OLSR dans le cas de λ=0.25 sec.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

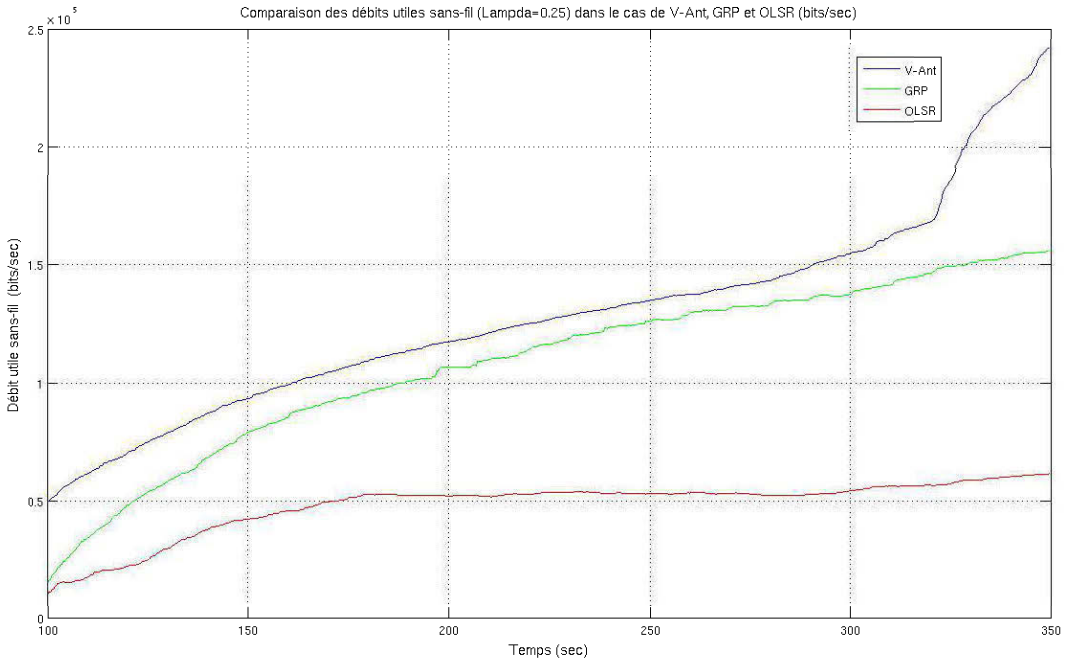


Figure 20. Comparaison des débits utiles entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.25 sec

Les trois figures présentent alors la performance du réseau VANET selon une perspective de Débit utile. Notre algorithme démontre une performance meilleure qu'OLSR et GRP. La coopération entre les nœuds pour déterminer la destination permet aux nœuds de relayer assez rapidement l'information, ce qui permet une livraison avec un taux plus élevé.

b) Effet du changement de trafic émis sur la charge du réseau

Nous allons passer maintenant à l'étude de l'effet du trafic sur la performance du réseau de point de vue Charge de réseau, les trois algorithmes de routage V-Ant, OLSR et GRP seront alors mis à l'épreuve.

La figure 21, présente une comparaison de la charge du réseau entre V-Ant, GRP et OLSR, dans le cas d'une communication V2V dans un réseau VANET, pour λ=1 sec.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

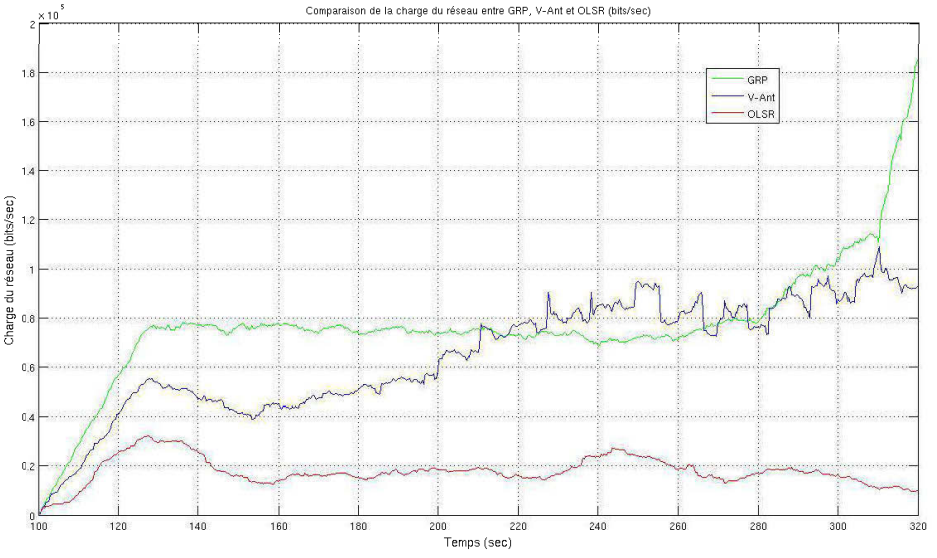


Figure 21. Comparaison des charges du réseau entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=1 sec

La figure 22 présente une comparaison charges du réseau entre V-Ant, GRP et OLSR dans le cas de λ=0.5 sec. λ étant toujours la durée entre chaque génération de paquets.

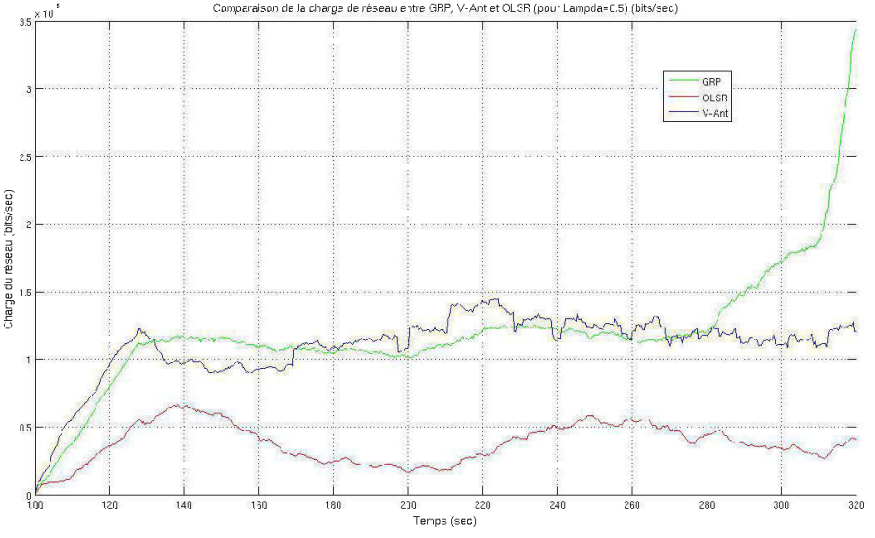


Figure 22. Comparaison des charges du réseau entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.5 sec

La 3ème figure, qui est la figure 23 présente une comparaison des charges du réseau entre V-Ant, GRP et OLSR dans le cas de λ=0.25 sec.

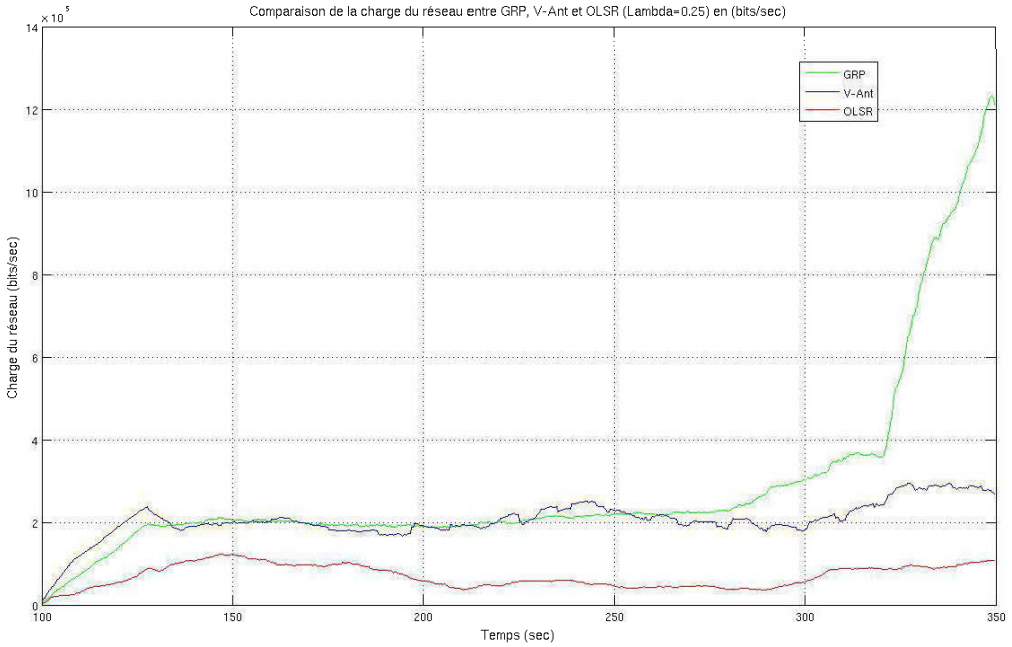


Figure 23. Comparaison des charges du réseau entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.25 sec

Les trois figures présentent ont démontré que notre algorithme se situe bien entre OLSR et GRP dans le cas d'étude de charge de réseau. Ceci ne veut pas certainement dire que OLSR performe mieux, puisque si on ajoute ce résultat aux résultats précédents, on voit bien que la raison pour laquelle OLSR semble avoir une charge de réseau inférieure que celle générée par GRP, est que OLSR n'arrive pas à émettre tant de données que V-Ant, donc la quantité de données acheminées par V-Ant est largement supérieure à celle de OLSR. Même en augmentant la quantité de trafic émis, V-Ant est resté capable de garder une valeur moyenne de charge de réseau relativement raisonnable en tenant compte de sa capacité de livraison.

c) Effet du changement de trafic émis sur la quantité de trafic reçu

Dans cette partie d'étude de performance, on va mettre les trois algorithmes V-Ant, OLSR et GRP en lice pour livrer le maximum de données aux destinations.

On va encore faire changer la quantité de trafic qui circule dans le réseau, pour voir la tendance des trois algorithmes à supporter ce changement. La figure 24, présente une comparaison entre les trois algorithmes de routage de point de vue quantité de trafic reçu :

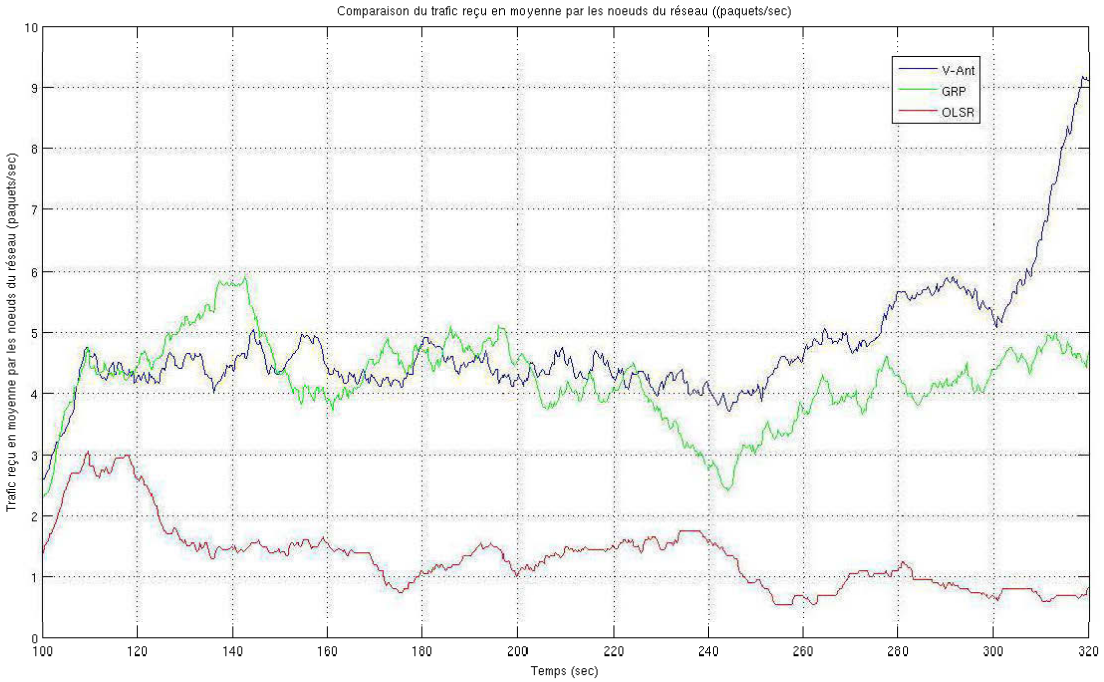


Figure 24. Comparaison du trafic reçu entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=1 sec

La figure 25 suivante, présente la même comparaison précédente dans le cas de λ=0.5 sec.

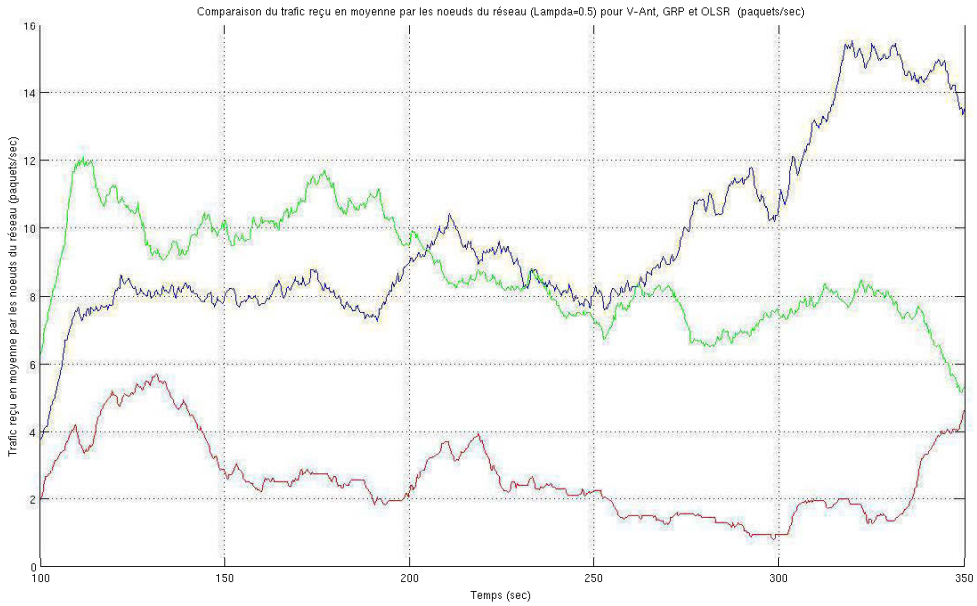


Figure 25. Comparaison du trafic reçu entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.5 sec

La troisième figure de cette partie d'étude, démontre une autre comparaison dans le cas de λ=0.25 sec :

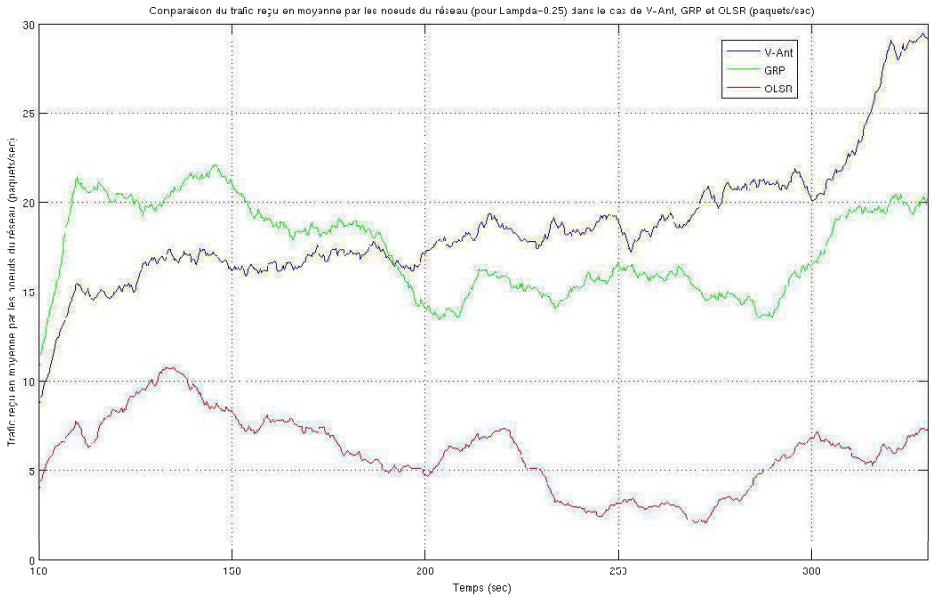


Figure 26. Comparaison du trafic reçu entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.25 sec

Les trois figures précédentes ont démontrés que notre algorithmes V-Ant (pour la même quantité de paquets émis, mais aussi en faisant changer la quantité de paquets émis) fournit une meilleure performance que GRP et OLSR. Aux alentours de l'instant *t=200 sec* de temps de simulation, V-Ant profite pleinement de l'aspect de collaboration entre les nœuds pour s'améliorer. L'information de routage échangée entre les véhicules leurs permet de mieux identifier le chemin optimal, et ainsi une quantité de paquets livrés avec succès plus grande dans le cas de V-Ant qu'OLSR et GRP.

d) Effet du changement de trafic émis sur les tentatives de retransmission

Les tentatives de retransmission constitue combien de fois en moyenne les nœuds essayent de retransmettre les paquets après un premier échec, avant d'arriver à la destination. La figure 27 présente une comparaison des tentatives de retransmission des paquets entre V-Ant, OLSR et GRP, pour λ=1 sec.

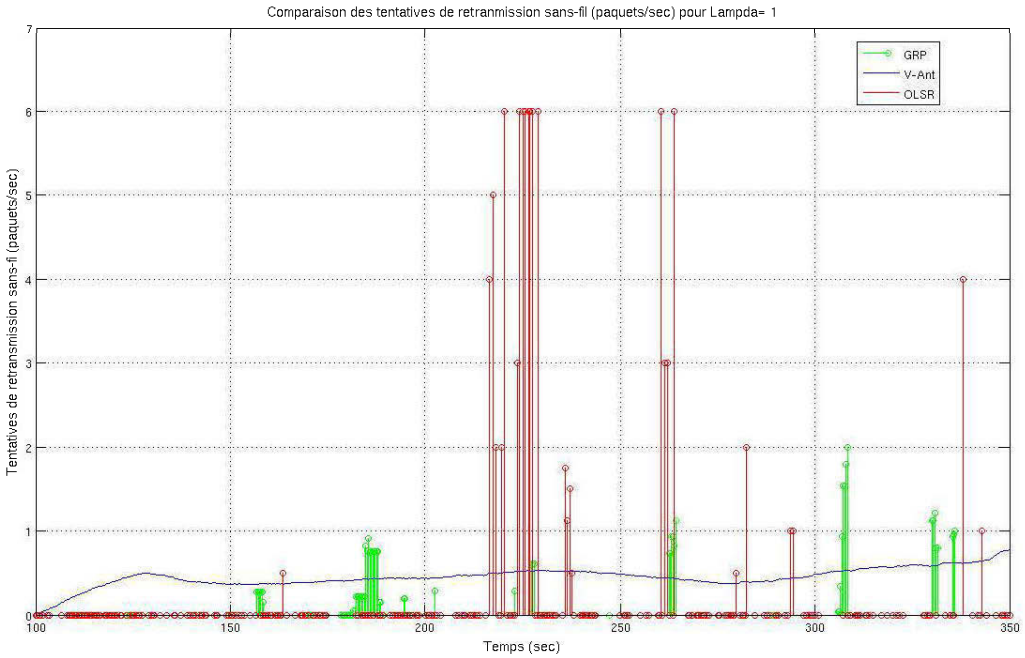


Figure 27. Comparaison des tentatives de retransmission entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=1 sec

V-Ant garde une moyenne assez raisonnable en se comparant à GRP et OLSR. V-Ant aussi essaye de retransmettre les paquets tout au long du temps de simulation, en cas de première tentative échouée. La valeur 0 indique que les tentatives de retransmission ont échoué.

La figure 28 présente une comparaison des tentatives de retransmission des paquets entre V-Ant, OLSR et GRP, pour λ=0.5 sec

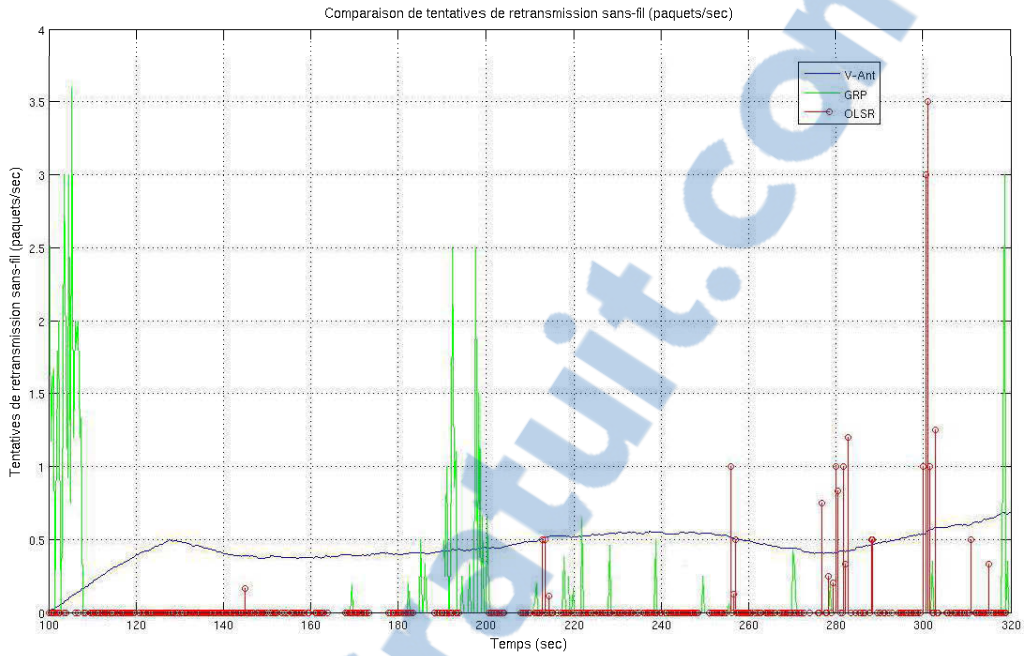


Figure 28. Comparaison des tentatives de retransmission entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.5 sec

Ici aussi, on voit que V-Ant, se comportent mieux que GRP et OLSR tout au long de la simulation. Les nœuds profitent de l'information de routage la plus à jour pour retransmettre les paquets, sans dépasser le temps de réorganisation du réseau.

Rapport-Gratuit.com

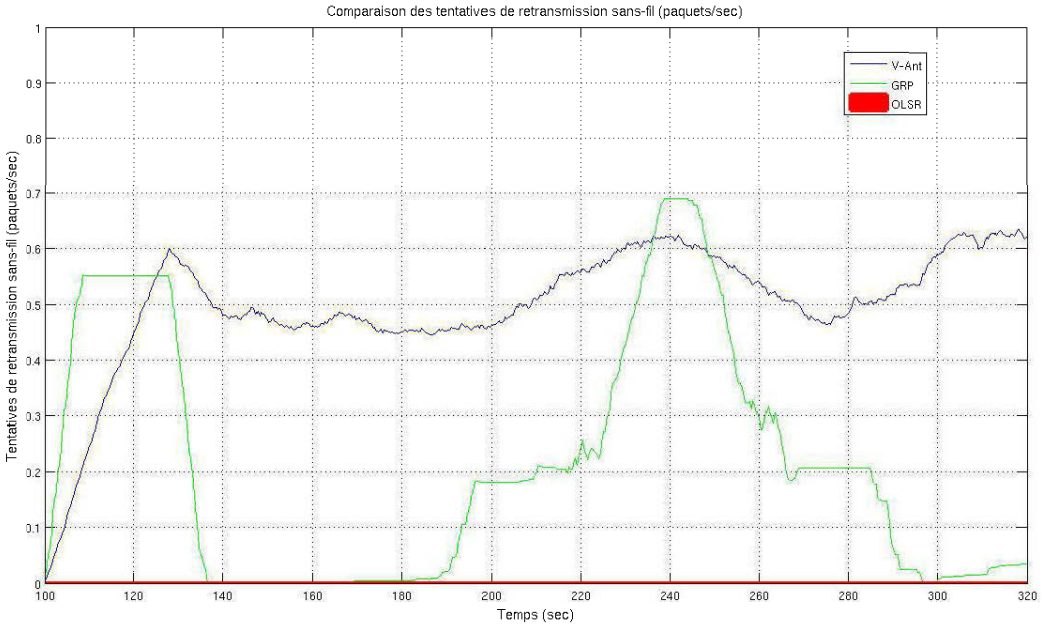


Figure 29. Comparaison des tentatives de retransmission entre V-Ant, GRP et OLSR pour λ=0.25 sec

Dans a figure 29, on voit que les tentatives de retransmission ont échoué tout au long de la simulation pour OLSR. Tandis que pour GRP et V-Ant, ce dernier a une tendance toujours à garder une bonne allure qui démontre que malgré l'augmentation de la quantité de paquets émis (mise en difficulté des nœuds), V-Ant a gardé son comportement normal et a bien réagi à cette augmentation de quantité de trafic.

5.3.2. Changement de vitesse

On va dans cette partie augmenter la vitesse des véhicules, et observer l'effet de ce paramètre sur les performances de V-Ant, GRP et OLSR.

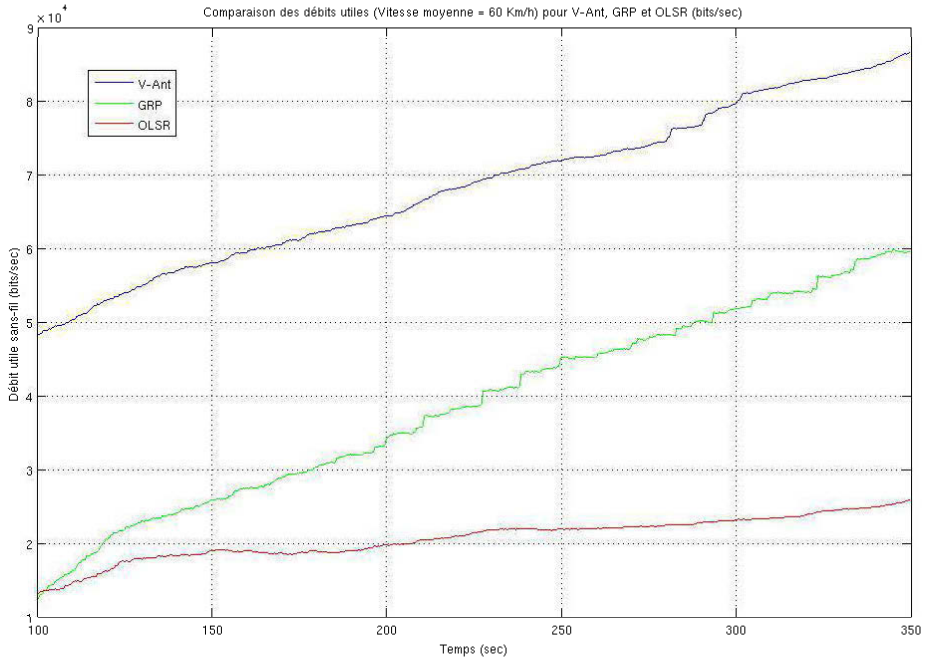


Figure 30. Comparaison des débits utiles entre V-Ant, GRP et OLSR pour une vitesse moyenne = 60 km/h

La figure 30 montre que, malgré l'augmentation de la vitesse, le protocole V-Ant fournit un débit utile meilleur que celui de GRP et OLSR. Ceci est encore une fois grâce à la capacité de mise à jour rapide des tables de routage meilleure dans le cas de V-Ant,

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

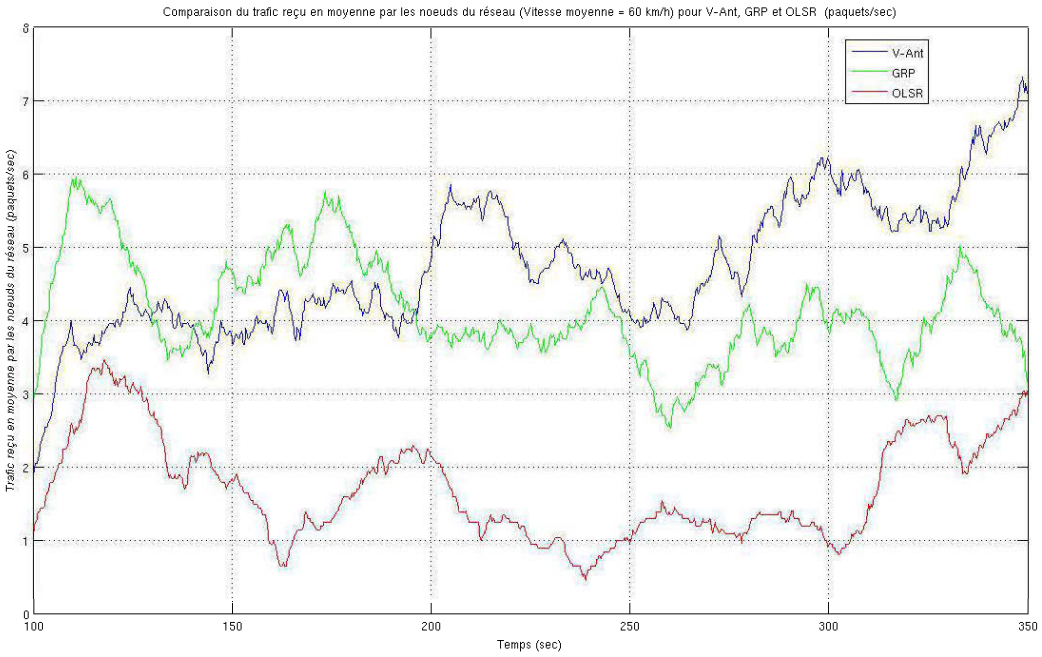


Figure 31. Comparaison des quantités de trafic reçu entre V-Ant, GRP et OLSR pour une vitesse moyenne = 60 km/h

La figure 31 présente une comparaison des quantités de trafic reçu dans le cas de V-Ant, GRP et OLSR. V-Ant présente une fois une meilleure capacité de livraison qu'OLSR et GRP, qui est issue d'une meilleure adaptabilité à la mobilité du réseau.

Le défi était de mettre les algorithmes V-Ant, AODV, GRP et OLSR dans les mêmes conditions de paramétrage et sous le même scénario de mobilité. Adapter ces algorithmes aux scénarios probables de communication souterraine était aussi une tâche assez complexe.

Les résultats de simulation ont enfin confirmé que V-Ant donne au réseau VANET dans le cas de milieu minier souterrain la possibilité de profiter grandement de la coopération entre les nœuds. V-Ant permet aux nœuds de mettre à jour leurs tables de routage plus rapidement et ainsi suivre l'évolution du réseau.

Ainsi, on croit fortement qu'un réseau VANET qui adopte un système de routage efficace qui profite de ce paramètre de coopération entre les nœuds peut être une excellente alternative et peut agir comme un système de communication d' « urgence », dans le cas de mine souterraine.

ANNEXE I

Présentation du simulateur du trafic *VanetMobiSim*

VanetMobiSim est un simulateur de trafic qui prend en compte à la fois les modèles de mobilité Macroscopiques, ainsi que les modèles de mobilité Microscopiques [13]:

- ✓ Les modèles de mobilités macroscopiques : Ils considèrent principalement les contraintes des routes, les bâtiments, les feux de trafic, etc. Pour la génération de trafic : la densité de trafic et les flow de trafic, etc.
- ✓ Les modèles de mobilités microscopiques : Les contraintes sont principalement les véhicules voisins, les habitudes des conducteurs, etc. Pour la génération de trafic, ils considèrent les inter-distances entre les véhicules, l'accélération/déclaration, le freinage, etc.

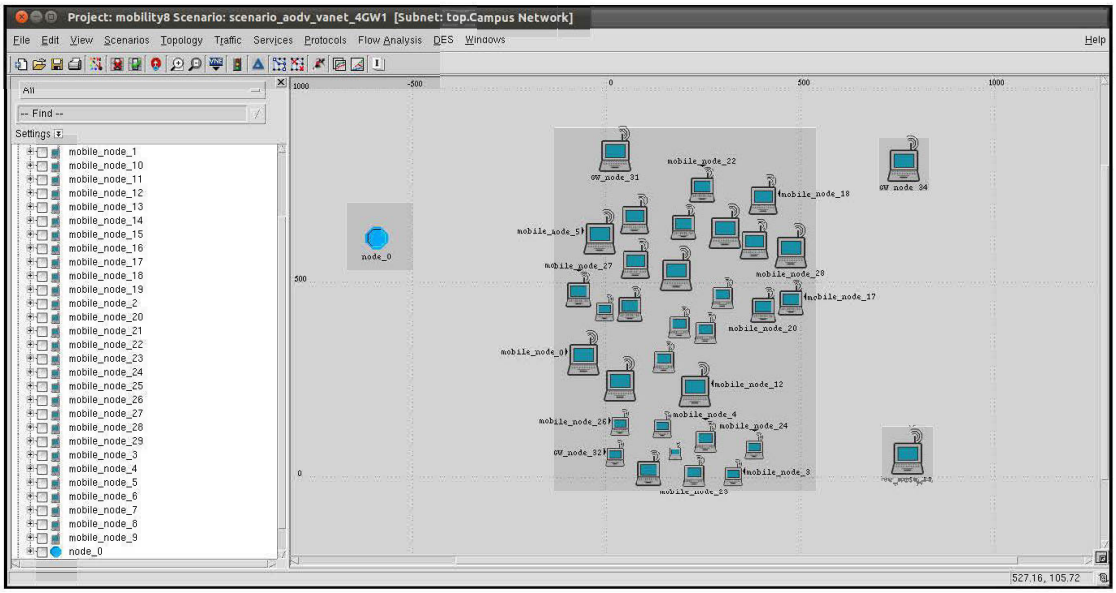
Le modèle de trafic utilisé dans notre simulation, est appelé : Intelligent Driver Model with Lane Change (IDM-LC), il prend en considération les routes à voix multiples (allé/retour) avec une possibilité pour les véhicules de changer de voix et se dépasser entre eux. Les vitesses de véhicules sont variables et peuvent changer dépendamment de l'approche ou l'éloignement d'une intersection ou zone de trafic dense.

ANNEXE II

Présentation du simulateur de réseau OPNET MODELER

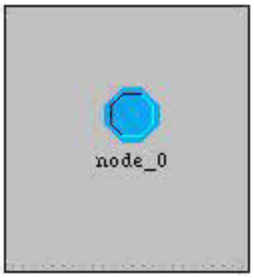
Dans OPNET, les modèles de simulation sont organisés dans une hiérarchie qui se compose de trois niveaux. On a alors implémenté notre nouveau modèle, dans chaque niveau différent [12].

A) Le modèle réseau :



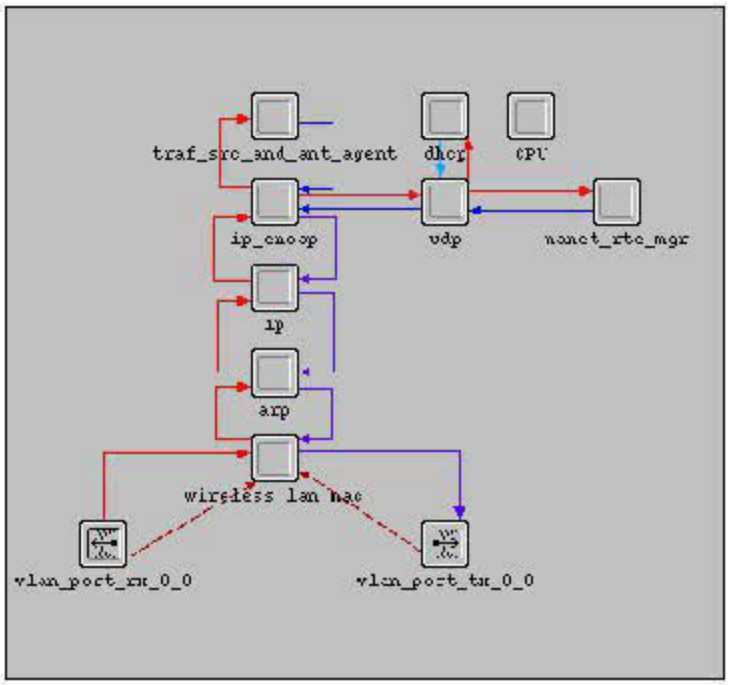
Ce modèle représente le scénario de simulation, qui est dans notre cas trente nœuds mobiles, qui essayent de rejoindre 4 passerelles placées dans des endroits bien déterminés.

La mobilité est gérée dans le nœud *node_0*



B) Le modèle du nœud :

Ce modèle est organisé comme un ensemble de modules qui décrivent les fonctions différentes du nœud comme le montre la figure suivante :

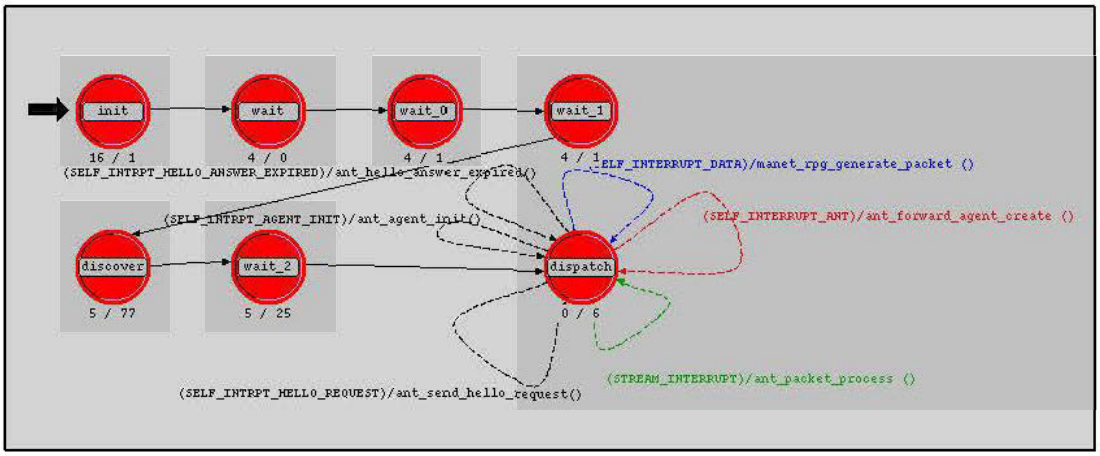


Le module « traf_src_and_ant_agent » est celui responsable de la génération du trafic de données et des agents mobiles qui partent à la découverte du réseau entier.

C) Le modèle du processus :

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Une vue sur le modèle du processus du module « traf_src_and_ant_agent » est :



BIBLIOGRAPHIE

[1] Chehri, A.; Fortier, P.; Tardif, P.-M.; , "Security Monitoring Using Wireless Sensor Networks, " Communication Networks and Services Research, 2007. CNSR '07. Fifth Annual Conference on , vol., no., pp.13-17, 14-17 May 2007 doi: 10.1109/CNSR.2007.58

[2] Moutairou, M.M.; , "Application de réseaux mesh dans un milieu confiné", Mémoire de doctorat, Université Laval 2009.

[3] Paul MÜHLETHALER; , "Routage dans les réseaux ad hoc", article inspiré du livre de chez Eyrolles : 802.11 et Les Réseaux Sans Fil publié en août 2002.

[4] http://www.opnet.com/

[5] Chen, Y. S.; , Chapter 1: Vehicular Ad Hoc Networks: Applications and Challenges. Department of Computer Science and Information Engineering National Taipei University

[6] Boukerche, A. 2008 "Algorithms and Protocols for Wireless, Mobile Ad Hoc Networks,". Wiley-IEEE Press.

[7] Manvi, S.S.; Kakkasageri, M.S.; Mahapurush, C.V.; , "Performance Analysis of AODV, DSR, and Swarm Intelligence Routing Protocols In Vehicular Ad Hoc Network Environment, " Future Computer and Communication, 2009. ICFCC 2009. International Conference on , vol., no., pp.21-25, 3-5 April 2009 doi: 10.1109/ICFCC.2009.122

[8] Wei,X.; Qing-Quan, L.;, "Performance evaluation of data disseminations for vehicular ad hoc networks in highway scenarios," The International Archives of the

Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing 2008.

[9] S. Jaap, M. Bechler, L. Wolf, "Evaluation of Routing Protocols for Vehicular Ad Hoc Networks in Typical Road Traffic Scenarios, " Proceedings of the 11th EUNICE Open European Summer School on Networked Applications, Colmenarejo, Spain, July 2005.

[10] Cours de Master Recherche Spécialité CODE : Résolution de problèmes combinatoires. Christine Solnon, LIRIS, UMR 5205 CNRS / Université Lyon 1, 2007.

[11] Di Caro G., Dorigo M., "AntNet: Distributed Stigmergetic Control for Communications Networks,", Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR), Vol. 9, Pag. 317-365, 1998.

[12] VanetMobiSim – Newcom, Institut Eurecom, Politecnico di Torino

[13] Dham, V.;, "Link Establishment in Ad Hoc Networks Using Smart Antennas", Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Electrical Engineering Jan. 15, 2003.

[14] Exposé sur la Métaheuristique d'Optimisation par Essaims Particulaires (PSO) Yann BEN MAISSA et Tarik EL OUAHMANI, Université Mohamed V Agdal, Rabat, Maroc.

[15] Geographic Routing Protocol and Simulation. Li Zhiyuan, Guilin Coll. of Aerosp. Technol., Guilin, China, Computer Science and Engineering, 2009. WCSE '09. Second International Workshop, Volume: 2,Page(s): 404 – 407, 2009.

Rapport-Gratuit.com