

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
- جامعة محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arreridj

Faculté des Mathématiques et d'Informatique
Département d'Informatique



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme

Master en Informatique

Spécialité : Réseau et Multimédia

THÈME

Routage avec Qualité de service dans les réseaux Ad hoc

Présentée par: - **Lahcen Toudjine**
- **Bendjeddou Mohammed**

Encadrant:- **Moussaoui Ali**
- **HAMMOUDI SARRA**

Jury : - **Mohdeb Djamilia Université BBA**
- **Gasmi Rim Université BBA**

2020/2021

Table de Contenu

Table de Contenu	2
Liste des figures	5
Liste des Tables.....	6
Introduction Générale	7
Organisation du mémoire.....	8
I. ETAT DE L'ART SUR LE RESEAU AD HOC.....	10
I.1. Introduction	10
I.2. Définition de réseaux sans fil.....	10
I.3. Les catégories des réseaux sans fils	10
I.3.1. Réseaux personnels sans fil (WPAN).....	11
I.3.2. Réseaux locaux sans fil (WLAN).....	11
I.3.3. Réseaux métropolitains sans fil (WMAN).....	11
I.3.4. Réseaux étendus sans fil (WWAN)	11
I.4. La transmission radio dans les environnements sans fil	11
I.4.1. Problèmes des transmissions radios et des réseaux sans fil.....	12
I.5. Les Classes de Réseaux mobiles	12
I.5.1. Réseaux avec infrastructure	13
I.5.2. Réseaux sans infrastructure.....	13
I.6. Comparaison entre les Réseaux avec infrastructure et sans infrastructure	14
I.7. Réseau mobile ad hoc (Manet).....	14
I.7.1. Histoire des réseaux ad hoc mobiles.....	14
I.7.2. Définition d'un réseau ad hoc.....	15

I.7.3.	Le concept des réseaux Mobiles Ad hoc.....	16
I.7.4.	Utilité et applications des réseaux Mobiles Ad hoc.....	16
I.7.5.	Modélisation d'un réseau Mobile Ad hoc	17
I.7.6.	Acheminement de l'information dans un réseau ad hoc.....	18
I.7.7.	Avantages des réseaux ad-hoc	19
I.8.	Routage.....	19
I.8.1.	Définition	19
I.8.2.	Le problème de routage dans les réseaux Ad Hoc	20
I.8.3.	La conception des stratégies de routage.....	20
I.9.	Taxonomie des protocoles de routage dans les Manet.....	21
I.9.1.	Les catégories de protocole de routage.....	22
I.9.1.1.	Les protocoles proactifs.....	22
I.9.1.2.	Avantages et inconvénients des protocoles proactifs	22
I.9.1.3.	Les protocoles réactifs	22
I.9.1.4.	Les protocoles hybrides	23
I.10.	Conclusion :	23
II.	Protocole de routage OLSR avec QoS.....	25
II.1.	Introduction	25
II.2.	Optimized link state routing protocol (OLSR).....	25
II.3.	Le format du paquet OLSR	26
II.4.	Fonctionnement du protocole.....	28
II.4.1.	Détection de voisinage	28
II.4.2.	Messages HELLO.....	29
II.4.3.	Les relais multipoint (MPR)	30
II.5.	Gestion de topologie.....	31

II.5.1. Messages TC.....	31
II.6. Le choix d'OLSR.....	32
II.7. Les métriques de QoS pour un environnement ad hoc.....	33
II.8. OLSR développé (OLSR-Dev).....	34
II.9. Stabilisation des nœuds.....	34
II.9.1. La fonction utilisée pour calculer la distance.....	34
II.10. La distance dans le protocole de routage OLSR.....	35
II.10.1. Calcule et sélection des MPR :.....	35
II.10.2. La distance dans la topologie TC.....	36
II.11. Conclusion.....	37
III. Implémentation et réalisation :.....	39
III.1. Introduction.....	39
III.2. Définition la simulation.....	39
III.3. Objectif de la simulation.....	39
III.4. Outils de simulation.....	39
III.5. Présentation de ns3.....	39
III.6. Présentation du c++ :.....	40
III.7. Préparation de l'environnement.....	40
III.8. Paramètre de simulation :.....	41
III.9. Implémentation de métrique de distance.....	42
III.9.1. Calcul de seuil.....	45
III.9.2. La sélection de MPR et TC.....	45
III.10. Conclusion.....	46
Conclusion générale.....	47
Bibliographies:.....	48

Liste des figures

Figure 1: Le modèle des réseaux mobiles avec infrastructure.....	13
Figure 2: Le modèle des réseaux mobiles sans infrastructure.....	14
Figure 3: exemple de réseaux Ad hoc.....	15
Figure 4: un réseau Ad hoc sous forme d'un graphe	17
Figure 5: Changement de la topologie dans les réseaux ad hoc	18
Figure 6: Envoi de l'information par routage et direct	19
Figure 7: Le chemin utilisé dans le routage entre la source et la destination	20
Figure 8 : Classification des protocoles de routage	21
Figure 9: format de paquet OLSR.....	26
Figure 10: échange de message hello	29
Figure 11: datagramme hello [.....	29
Figure 12: Inondation classique et Figure 13: Inondation avec MPr	31
Figure 14 : Le format de message TC.....	31
Figure 15 : Nombre de paquets reçus par rapport au nombre des nœuds.....	33
Figure 17: l'équation pour calculer la distance entre les nœud	35
Figure 18: Exemple de la stabilité des nœuds.....	35
Figure 19: Nouveau format de paquet hello	36
Figure 20: Nouveau format de message TC	37
Figure 21: Résultat de calcul de la distance.....	43
Figure 22: Distance à deux sauts	44
Figure 23 : Calcule de seuil	45
Figure 24: Le nombre de paquets reçus par rapport au nombre de nœuds	46
Figure 21 : Distanceàdeux sauts.....	45
Figure 22 : Calcul de seuil	46
Figure 23 : différence entre Olsr-Calss et Olsr-Dev	47

Liste des Tables

Tableau 1 : Paramètre de simulation.....	42
--	----

Introduction Générale

Avec l'avènement des nouvelles technologies et la demande de la souplesse et la facilité dans l'environnement de travail, l'utilisation de l'informatique mobile sans fil se développe rapidement.

Le réseau est un concept qui mentionne la structure ayant une forme caractéristique. Le concept est utilisé pour nommer l'ensemble des équipements (ordinateurs) interconnectés qui partagent des services, des informations et des ressources.

Le réseau sans fil, d'autre part, est un système de communication qui n'utilise pas de fils conducteurs électriques. Il est donc un réseau qui permet de connecter différents nœuds sans l'aide d'une connexion physique mais qui établit la communication par des ondes électromagnétiques [1].

Le réseau sans fil offre deux modes de fonctionnement, le mode infrastructure et le mode sans infrastructure (ad-hoc). Le mode infrastructure est défini pour fournir aux différentes stations des services spécifiques, sur une zone de couverture déterminée par la taille du réseau. Les réseaux avec infrastructure sont établis en utilisant des points d'accès qui jouent le rôle de station de base pour l'ensemble de stations [2].

Le mode sans infrastructure c'est-à-dire ad-hoc est un groupe de terminaux formant un IBSS (Independent Basic Service Set), dont le rôle consiste à permettre aux stations de communiquer sans l'aide d'une quelconque infrastructure, telle qu'un point d'accès [1].

MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK) est le groupe de travail de l'IETF qui se préoccupe de la normalisation des protocoles ad-hoc fonctionnant sous IP, il y'a plusieurs familles de protocoles ont été définies : les protocoles réactifs et les protocoles proactifs et les protocoles hybrides et les protocoles basés sur la localisation.

La qualité de service est toujours un élément essentiel dans un réseau. Il est en effet souhaitable de faire communiquer deux nœuds entre eux de sorte que le flux de données échangé entre ces nœuds possède certaines propriétés (bande passante, délai, etc.).

Le protocole dans les réseaux ad hoc qui nous intéresse dans ce travail est le protocole de routage OLSR. Ce dernier appartient à la famille des protocoles à état de liens [1].

La particularité d'OLSR par rapport à sa famille d'origine est l'utilisation de la topologie partielle, ceci implique une réduction de la taille des paquets de contrôle diffusés dans le réseau. Le protocole OLSR se base sur la technique de relais multipoint. En utilisant un paramètre de QoS à savoir la distance pour obtenir les meilleures performances [2].

Le problème qui se pose au niveau de l'OLSR classique (OLSR-Class) c'est qu'il ne vérifie pas toujours les conditions de stabilité du réseau. Pour faire face à ce problème nous proposons un OLSR développé (OLSR-Dev) pour obtenir un réseau bien stable avec des communications efficaces.

Organisation du mémoire

Le mémoire est divisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre présente des généralités sur les réseaux sans fil ad hoc,
- Le deuxième chapitre explique la notion de la qualité de service et le protocole OLSR.
- Le troisième chapitre décrit les résultats de simulation.

Chapitre I :

Etat de l'art sur le réseau Ad Hoc

I. ETAT DE L'ART SUR LE RESEAU AD HOC

I.1. Introduction

Les réseaux mobiles sans fils engendrent deux catégories : les réseaux avec infrastructure basés sur une communication cellulaire et qui obéissent à une architecture client/serveur, et le modèle des réseaux sans infrastructure ou Ad hoc définit par une collection des stations mobiles communiquant à l'aide de leurs interfaces sans fils. Dans ce chapitre, d'abord nous allons donner un aperçu sur les réseaux sans fils, puis nous présenterons l'environnement mobile. Ensuite, nous nous focaliserons l'étude sur les caractéristiques des Ad hoc, leurs avantages, leurs inconvénients et leurs domaines d'applications. Enfin, nous allons définir le routage dans les réseaux ad hoc et détailler ses protocoles.

I.2. Définition de réseaux sans fil

Un réseau sans fil est un réseau informatique ou numérisé qui connecte différents postes ou systèmes entre eux par ondes radios. Le réseau sans fil peut associer à un réseau de télécommunication pour réaliser des interconnexions entre nœuds. Ces réseaux de communications permettent aux utilisateurs de profiter de tous les services traditionnels des réseaux indépendamment de leurs positions géographiques. Le rayonnement géographique des ondes est relativement limité étant donné la faible puissance d'émission des solutions matérielles actuelles. Pour cette raison, les réseaux sans fil se sont avant tout développés comme réseaux internes, propres à un bâtiment, soit comme réseau d'entreprise, soit comme réseau domestique [1].

I.3. Les catégories des réseaux sans fils

Suivant la portée et le taux de transmission radio disponibles, on parlera de différents types de réseaux sans fil. Les applications vont souvent varier d'un type de réseaux à l'autre c'est pourquoi chaque type de réseau repose sur des normes de communication différents [2].

1.3.1. Réseaux personnels sans fil (WPAN)

Les réseaux sans fil personnels ou Wireless Personal Area Network (WPAN), sont des réseaux sans fil à très faible portée : quelques dizaines de mètres dont l'utilisation est personnelle. Les technologies exploitent les réseaux personnels tels que la technologie Bluetooth, la liaison infrarouge [2].

1.3.2. Réseaux locaux sans fil (WLAN)

Les réseaux locaux sans fil ou Wireless Local Area Network (WLAN) sont généralement utilisés à l'intérieur d'entreprises, d'universités mais également chez les particuliers depuis le développement des réseaux à haut débit. Ces réseaux sont principalement basés sur la technologie IEEE 802.11 [2].

1.3.3. Réseaux métropolitains sans fil (WMAN)

Les réseaux métropolitains sans fil ou Wireless Metropolitan Area Network (WMAN) également appelés boucle locale radio (BLR) étaient à l'origine prévus pour interconnecter des zones géographiques d'accès à l'aide d'un réseau sans fil, qui offre un débit de 1 à 10 Mbit/s pour une portée de 4 à 10 Km [2].

1.3.4. Réseaux étendus sans fil (WWAN)

Les réseaux nationaux WWAN (Wireless Wide Area Networks). Les technologies cellulaires tels que le GSM (Global System for Mobile Communication), le GPRS (General Packet Radio Service) et l'UMTS (Universal Mobile Télécommunication System) font ou feront partie de ce type de réseau. Dans ce qui suit on donne des exemples de quelque type populaire des réseaux sans fil pour qu'on puisse déterminer la position des réseaux ad hoc [2].

1.4. La transmission radio dans les environnements sans fil

La transmission radio utilisée dans la communication sans fil est basée sur le principe de l'accélération d'un électron crée un champ électromagnétique qui, à son tour accélère d'autres électrons et ainsi de suite. Il est alors possible de provoquer un déplacement électromagnétique. Ce déplacement coordonné d'électrons peut alors servir pour le transfert d'information et constitue la base de la communication sans fil [2].

Deux signaux sur la même fréquence interfèrent et s'altèrent mutuellement. Pour y remédier, le spectre de fréquence est divisé en plusieurs parties (bandes de fréquence), chaque partie est dédiée à une utilisation spécifique. La taille limitée du spectre de fréquence impose donc le regroupement d'utilisateurs dans des bandes. Par exemple, la bande de 25 Mhz 890 Mhz est réservée aux émissions de télévision et la bande supérieure 890 Mhz pour la téléphonie cellulaire et la transmission par satellite.

1.4.1. Problèmes des transmissions radios et des réseaux sans fil

Les problèmes des transmissions radio et des réseaux sans fil en général sont nombreux par rapport aux réseaux filaires, parmi lesquels on a :

- **Limitation de la bande passante** : En prenant en compte ce facteur, il faut minimiser la portion utilisée pour la gestion du réseau, afin de pouvoir laisser le maximum de bande passante pour les communications.
- **Interférences** : Dans les réseaux filaires, l'émission de paquets entre deux nœuds s'appuie sur un support physique déterminé, tous les autres nœuds n'ont pas un accès au support. En communication radio, l'interface radio est partagée ; deux transmissions simultanées sur une même fréquence ou, utilisant des fréquences proches peuvent interférer, chaque donnée est réceptionnée par tous les nœuds à la fois, seul le point destination est apte comprendre cette donnée et à la récupérer, tous les autres nœuds destinataires infortunés étant victimes d'interférence ou de collision. Malgré l'existence de mécanismes chargés de gérer les collisions et le partage de l'interface radio, les interférences s'ajoutent au bruit et détériorent les communications. Ce qui accroît le nombre d'erreurs sur la transmission et amoindrit d'autant les performances d'un lien radio [3].

1.5. Les Classes de Réseaux mobiles

Dans l'espace des réseaux mobiles, nous pouvons distinguer deux classes de réseaux, à savoir, les réseaux mobiles basés sur des infrastructures (modèle cellulaire), et les réseaux mobiles sans infrastructures (modèle ad hoc).

1.5.1. Réseaux avec infrastructure

Les réseaux sans fil avec infrastructure sont également appelés réseaux cellulaires, Dans ce mode, Le réseau sans fil est composé de deux ensembles d'entités distinctes : Les « sites fixes » du réseau de communication (filaire classique), et les « sites mobiles, certains sites fixes, appelés stations de bases (SB) sont munis d'une interface de communication sans-fil pour la communication directe avec les sites ou les unités mobiles (UM) localisés dans une zone géographique limitée, appelée cellule (**Figure 1**). Chaque station de base délimite une cellule à partir de laquelle des unités mobiles peuvent émettre et recevoir des messages. Lorsque les sites fixes sont interconnectés entre eux à travers un réseau de communication filaire, généralement fiable et d'un débit élevé. Les liaisons sans fil ont une bande passante limitée qui réduit sévèrement le volume des informations échangées [3].

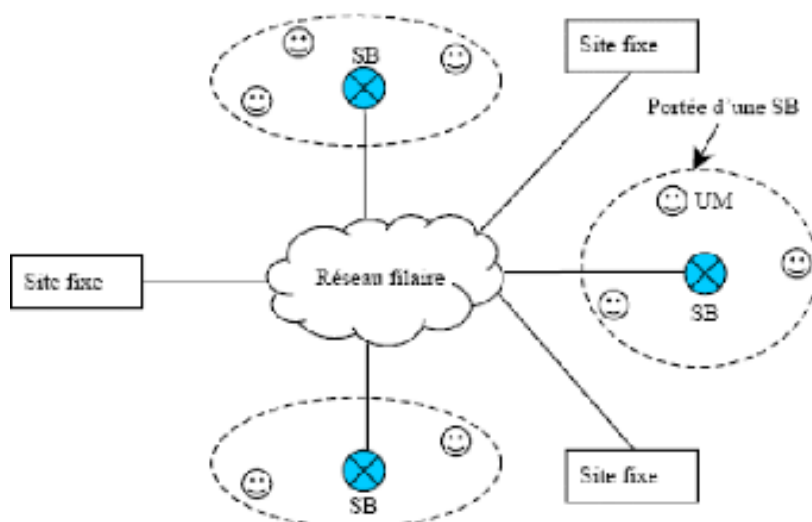


Figure 1: Le modèle des réseaux mobiles avec infrastructure.

1.5.2. Réseaux sans infrastructure

Dans ce type de réseau, les nœuds sont tous autonomes et capables de se déplacer et de communiquer entre eux librement sans aucun recours à une infrastructure. L'absence d'infrastructure oblige les nœuds à jouer le rôle de routeurs (**Figure2**) et à participer au routage des données au profit des autres nœuds [4].

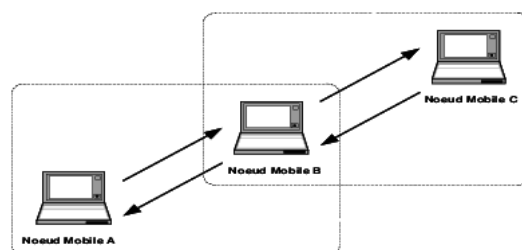


Figure 2: Le modèle des réseaux mobiles sans infrastructure.

1.6. Comparaison entre les Réseaux avec infrastructure et sans infrastructure

Le principal avantage de l'utilisation du réseau cellulaire est d'utiliser un minimum de fréquences, la même fréquence pouvant être utilisée par plusieurs systèmes à condition qu'ils soient chacun dans une cellule différente [4].

Un inconvénient des réseaux cellulaires est qu'une fois les mobiles n'ont pas de station de base à leurs portées, ils ne pourront pas se communiquer. Par contre dans les réseaux ad hoc cette contrainte est prise en compte. Dans ces réseaux, nous n'avons plus de notion de station de base, mais c'est les nœuds intermédiaires qui servent de passerelles ou de relais pour les autres nœuds mobiles du réseau. Un problème majeur dans les réseaux ad hoc est de trouver les routes optimales et fiables entre les nœuds mobiles [4].

1.7. Réseau mobile ad hoc (Manet)

1.7.1. Histoire des réseaux ad hoc mobiles

Au début des années 70, le réseau ad hoc mobile (MANET) s'appelait le réseau de radio en paquet qui a été patronné par le DARPA (Defense Advance Research Projects Agency).

Ce dernier a fondé le projet appelé PRNets (Packet Radio Networks), radio en paquet, qui est constitué de plusieurs terminaux sans fil s'entretenant et communiquant sur des champs de batailles [5].

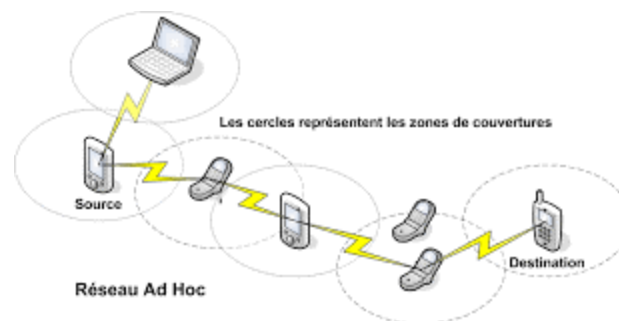
Ces réseaux disposent d'une architecture de système distribuée, et partagent le canal de diffusion par une combinaison des protocoles Aloha et CSMA. Par la suite, en 1983, les SURAN (Survivable Radio Networks) furent développés par le DARPA. L'objectif était de passer outre les principales limitations des PRNet (en particulier permettre le passage à des réseaux comportant énormément de nœuds, gérant la sécurité, gérant l'énergie, et offrant des capacités de calcul suffisantes pour supporter des protocoles évolués) [5].

Les recherches sur ces types de réseaux restaient exclusivement militaires. Les applications civiles ou généralisées de ces réseaux appelés ad hoc n'apparues que beaucoup plus tard, vers la fin des années 1990 [5].

1.7.2. Définition d'un réseau ad hoc

Un réseau mobile Ad Hoc appelé généralement MANET (Mobile Ad hoc Network), consiste en une grande population, relativement dense, d'unités mobiles qui se déplacent dans « des ondes un territoire quelconque. Le seul moyen de communication est l'utilisation radio » qui se propagent entre les différents nœuds mobiles, sans l'aide d'une infrastructure préexistante ou administration centralisée [3].

Un réseau ad hoc est un ensemble de nœuds autonomes capables de se déplacer et de



communiquer librement sans aucune infrastructure existante ni contrainte imposée.

La topologie changeante dans le temps d'une manière imprévisible. Puisque la portée de transmission radio est limitée, il faut que les nœuds formant ce réseau coopèrent pour transmettre les messages d'une source vers une destination [3].

Figure 3: exemple de réseaux Ad hoc



1.7.3. Le concept des réseaux Mobiles Ad hoc

De nos jours, les gens bougent de plus en plus et désirent pouvoir échanger de l'information quel que soit l'endroit où ils se trouvent, la distance qui les sépare et la vitesse laquelle ils se déplacent. Pourtant, on ne peut envisager de brancher un câble chaque fois pour des raisons de commodité. Cela sous-entend des réseaux spontanés, des réseaux dépourvus d'infrastructure, où chaque entité est mobile, sans aucun point centralisé et communique uniquement par radio [6].

Le concept des réseaux ad hoc mobiles tente d'étendre les notions de la mobilité toutes les composantes de l'environnement. Ici, contrairement aux réseaux basés sur la communication cellulaire, aucune administration centralisée n'est disponible, ce sont les nœuds mobiles eux-mêmes qui forment, d'une manière ad hoc, une infrastructure du réseau [6].

Aucune supposition ou limitation n'est faite sur la taille du réseau ad hoc, le réseau peut contenir des centaines ou des milliers d'unités mobiles [6].

Les réseaux mobiles présentent une architecture originale. En effet, l'atténuation des signaux avec la distance fait que le médium peut être réutilisée simultanément en plusieurs endroits différents sans pour autant provoquer de collisions. On appelle ce phénomène la réutilisation spatiale, il sert de base aux concepts de réseau cellulaire [6].

1.7.4. Utilité et applications des réseaux Mobiles Ad hoc

De très nombreux systèmes utilisent déjà ces techniques relatives à la technologie sans fil, et connaissent une très forte expansion à l'heure actuelle (notamment la radio téléphonie mobile) mais requièrent une importante infrastructure logistique et matérielle fixe [6].

Les applications tactiques comme les opérations de secours, militaires ou d'explorations trouvent en Ad Hoc, le réseau idéal. La technologie Ad Hoc intéresse également la recherche. En effet, des applications civiles sont apparues [6].

Parmi ces applications, on distingue [6] :

- Les applications militaires.
- Les services d'urgence comme les opérations de secours des personnes (incendies, tremblement de terre, feux, inondation) et les missions d'exploration.
- Les bases de données parallèles.

- L'enseignement à distance, les systèmes de fichiers répartis.
- Home network : partage d'applications et communications des équipements mobiles.
- Réseaux en mouvement : informatique embarquée et véhicules communicants.

1.7.5. Modélisation d'un réseau Mobile Ad hoc

Un réseau mobile ad hoc, appelé généralement MANET (Mobile Ad hoc Network), consiste en une grande population, relativement dense, d'unités mobiles qui se déplacent dans un territoire quelconque et dont le seul moyen de communication est l'utilisation des interfaces sans fil, sans aide d'une infrastructure préexistante ou administration centralisée. Un réseau ad hoc peut être modélisé par un graphe où représente l'ensemble des nœuds (i.e. les unités ou les hôtes mobiles) du réseau et modélise l'ensemble des connections qui existent entre ces nœuds [6].

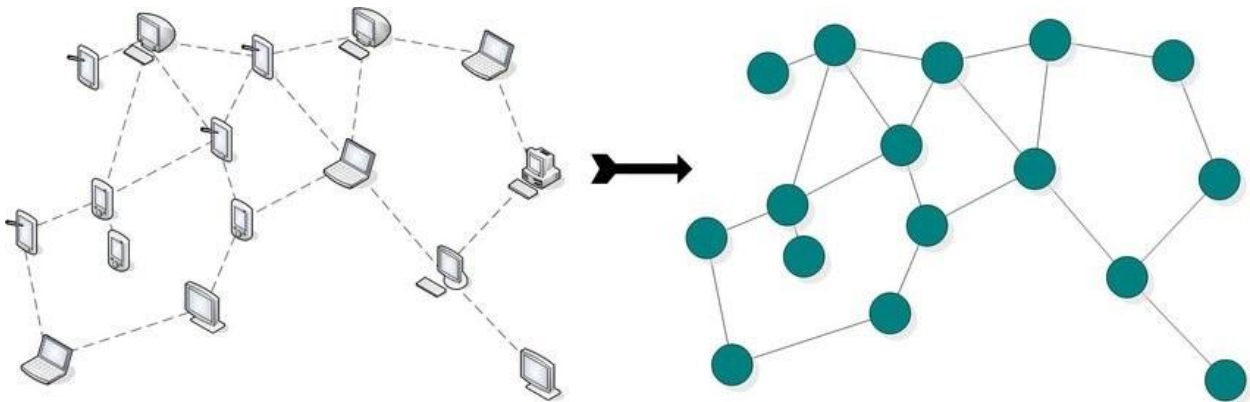


Figure 4: un réseau Ad hoc sous forme d'un graphe [6]

La topologie du réseau peut changer à tout moment, elle est donc dynamique et imprévisible ce qui fait que la déconnexion des unités soit très fréquente.

Un exemple d'un réseau Ad hoc : un groupe d'unités portables

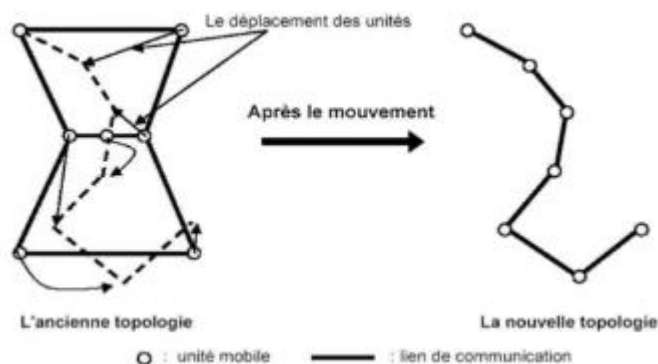


Figure 5: Changement de la topologie dans les réseaux ad hoc [6]

1.7.6. Acheminement de l'information dans un réseau ad hoc

En tant que système de communication, un réseau ad hoc s'évertue à cheminer l'information depuis une source vers une destination. Son support de transmission est le sans-fil : hertzien, infrarouge, etc. Cette section ne traite que de la transmission sur ondes hertziennes, le principal support des réseaux ad hoc existants. Dans ce cadre, deux types d'acheminement de l'information sont possibles, l'envoi direct et le routage [7].

- Un envoi direct est illustré à la (Figure 1.6) si l'environnement physique le permet, l'émetteur doit pouvoir envoyer ses données directement d'un nœud à un autre, quelle que soit la destination de ces données. Les mobiles sont suffisamment proches les uns des autres pour que le signal reçu ne soit pas trop atténué. De la sorte, chaque nœud est en

lien étroit avec n'importe quel autre, et aucun intermédiaire ne peut s'interposer dans cette relation directe privilégiée [7].

Un envoi par routage se découle entre des nœuds relativement éloignés, sujets à l'affaiblissement

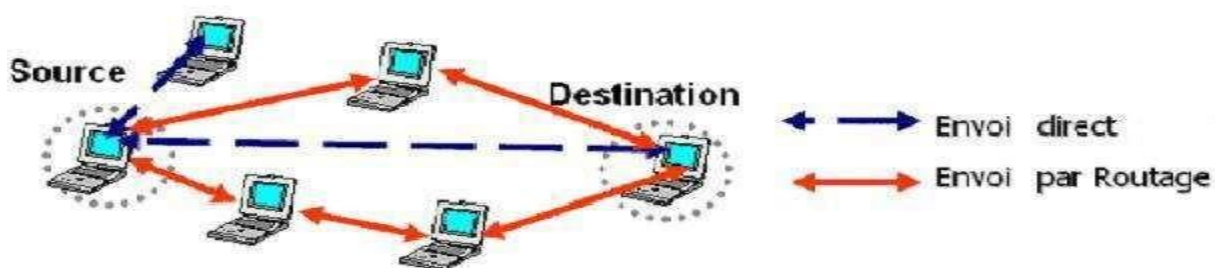


Figure 6: Envoi de l'information par routage et direct [7]

des signaux émis. Dans l'exemple illustré à la (Figure5).

1.7.7. Avantages des réseaux ad-hoc

Les réseaux ad-hoc présentent plusieurs avantages, les plus importants sont [12] :

Déploiement facile, rapide et économique fastidieuse du déploiement des stations de base (câblage, installation, etc.) n'est plus nécessaire. En conséquence, le déploiement est aussi plus rapide et se fait avec un faible coût.

Tolérance aux pannes : un réseau ad-hoc continue fonctionner même si quelques nœuds tombent en panne, ceci est dû au fait qu'il ne comporte pas de nœuds centraux.

1.8. Routage

1.8.1. Définition

Le routage désigne le mécanisme par lequel les données d'un équipement expéditeur sont acheminées jusqu'à leur destinataire, même si aucun des deux ne connaît le chemin complet que les données devront suivre. Ce mécanisme est très important dans tous les réseaux. Sans routage, la communication sur n'importe quel réseau serait impossible [4].

Suivant la manière de création et de maintenance de routes lors de l'acheminement des données, les protocoles de routage peuvent être séparés en deux catégories, les protocoles proactifs et les protocoles réactifs. Les protocoles proactifs établissent les routes à l'avance en se basant sur l'échange périodique des tables de routage, alors que les protocoles réactifs cherchent les routes à la demande [4].

1.8.2. Le problème de routage dans les réseaux Ad Hoc

Généralement, le routage est une méthode d'acheminement des informations à la bonne destination travers un réseau de connexion donné. Le problème de routage consiste pour un réseau dont les arcs, les nœuds et les capacités sur les arcs sont fixés, à déterminer un acheminement optimal des paquets à travers le réseau au sens d'un certain critère de performance. Le problème consiste à trouver l'investissement de moindre coût en capacités nominales et de réserves qui assure le routage du trafic nominal et garantit sa serviabilité en cas de n'importe quelle panne d'arc ou de nœud [3].

Par exemple si on suppose que les coûts des liens sont identiques, le chemin indiqué dans (**Figure 7**) est le chemin optimal reliant la station source et la station destination. Une bonne stratégie de routage utilise ce chemin dans le transfert des données entre les deux stations [3].

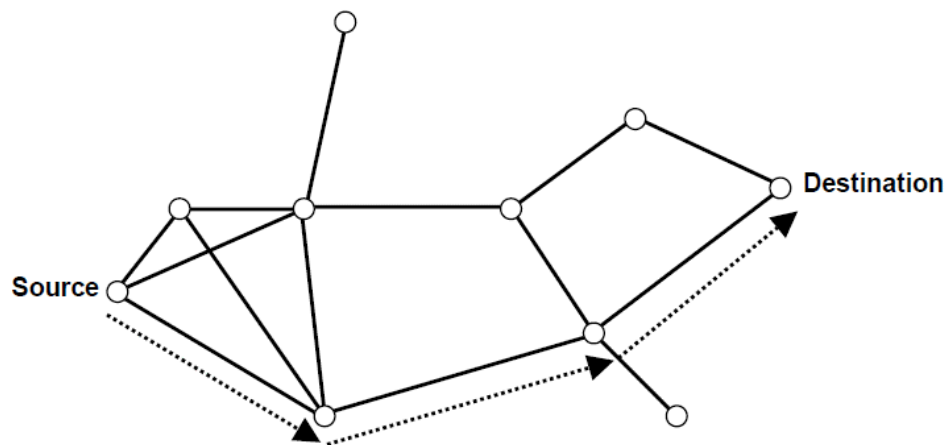


Figure 7: Le chemin utilisé dans le routage entre la source et la destination [3]

1.8.3. La conception des stratégies de routage

L'étude et la mise en œuvre d'algorithmes de routage pour assurer la connexion des réseaux Ad Hoc au sens classique du terme (tout sommet peut atteindre tout autre), est un problème

complexe. L'environnement est dynamique et évolue donc au cours du temps, la topologie du réseau peut changer fréquemment. Il semble donc important que toute conception de protocole de routage doit étudier les problèmes suivants [8] :

La minimisation de la charge du réseau : l'optimisation des ressources du réseau renferme deux autres sous problèmes qui sont l'évitement des boucles de routage, et l'empêchement de la concentration du trafic autour de certains nœuds ou liens [8].

Offrir un support pour pouvoir effectuer des communications multipoints fiables : le fait que les chemins utilisés pour router les paquets de données puissent évoluer, ne doit pas avoir d'incident sur le bon acheminement des données. L'élimination d'un lien, pour cause de panne ou pour cause de mobilité devrait, idéalement, augmenter le moins possible les temps de latence [8].

Assurer un routage optimal : la stratégie de routage doit créer des chemins optimaux et pouvoir prendre en compte différentes métriques de coûts (bande passante, nombre de liens, délais de bout en bout, etc.). Si la construction des chemins optimaux est un problème dur, la maintenance de tels chemins peut devenir encore plus complexe, la stratégie de routage doit maintenir efficacement des routes avec le moindre coût possible [8].

1.9. Taxonomie des protocoles de routage dans les Manet

Suivant la manière de création et de maintenance de routes de l'acheminement des

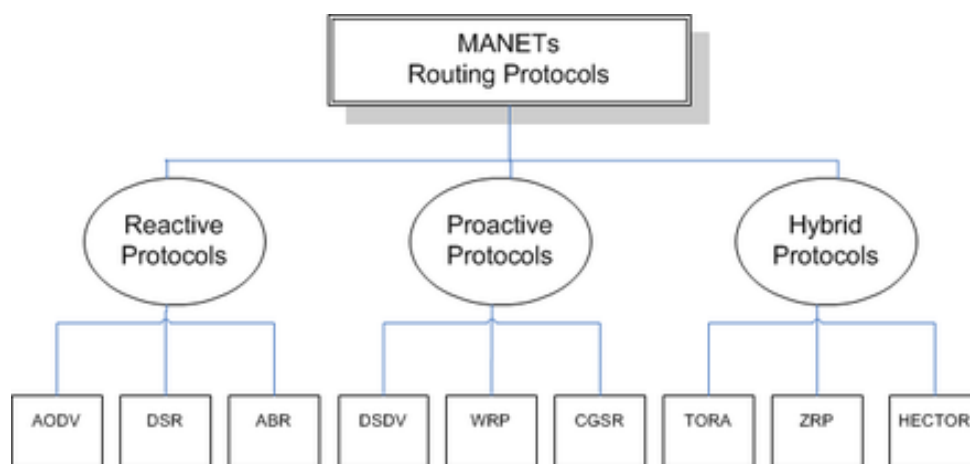


Figure 8 : Classification des protocoles de routage [8]

données, les protocoles de routage peuvent être classés en plusieurs types de catégories [8] .

1.9.1. Les catégories de protocole de routage

1.9.1.1. Les protocoles proactifs

Le principe de base des protocoles proactifs est de maintenir à jour les tables de routage, de sorte que lorsqu'une application désire envoyer un paquet à un autre mobile, une route soit immédiatement connue. Dans le contexte des réseaux Ad Hoc, les nœuds peuvent apparaître ou disparaître de manière aléatoire et la topologie même du réseau peut changer ; cela signifie qu'il va falloir un échange continu d'informations pour que chaque nœud ait une image à jour du réseau. Les tables sont donc maintenues grâce à des paquets de contrôle, et il est possible d'y trouver directement et à tout moment un chemin vers les destinations [9].

Deux principales méthodes sont utilisées dans cette classe de protocoles proactifs : la méthode Link state et la méthode Distance Victor. Ces méthodes sont utilisées aussi dans les réseaux filaires. Parmi les protocoles de routages proactifs les plus connus on citera le DSDV, FSR, OLSR [2].

1.9.1.2. Avantages et inconvénients des protocoles proactifs

Avec un protocole proactif, les routes sont disponibles immédiatement, ainsi l'avantage d'un tel protocole est le gain de temps lors d'une demande de route [5].

Le problème est que les changements de routes peuvent être plus fréquents que la demande de la route et le trafic induit par les messages de contrôle et la mise à jour des tables de routage peut être important et partiellement inutile, ce qui gaspille la capacité du réseau sans fil. De plus, la taille des tables de routage croît linéairement en fonction du nombre de ce fait, un nouvel type de protocole a apparu, il s'agit des protocoles de routage réactifs.

1.9.1.3. Les protocoles réactifs

Les protocoles réactifs établissent les tables de routage sur demande. Un nœud source va donc connaître la route à emprunter pour atteindre un nœud destination qu'après en avoir fait la demande [9]. Cela engendre la surcharge du réseau lors de l'inondation des requêtes effectuées pour répondre à la demande de route et un temps d'attente plus long surtout en cas de changement brutal de la topologie du réseau, ce qui peut arriver fréquemment dans la mesure où

cette topologie est dynamique. De plus, à cause du délai d'attente conséquent, il peut être nécessaire de gérer la bufférisations des paquets pour éviter leur perte [9].

1.9.1.4. Les protocoles hybrides

Les protocoles hybrides combinent les deux approches proactive et réactive. Le principe proactif est utilisé pour le proche voisinage de chaque nœud (2 à 3 sauts). Et le principe réactif est utilisé au-delà, optimisé par ce regroupement de nœuds de proches voisins [9].

1.10. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté c'est quoi le réseau ad hoc avec leurs caractéristiques et leurs environnements.

D'après les recherches et les études que nous avons faites, nous avons compris le contexte de ce travail concernant les réseaux ad hoc sans fil et détaillé le routage dans le réseau Ad hoc et ses protocoles.

Le prochain chapitre sera, ainsi, consacré à l'application pour améliorer la qualité de service (QoS) du protocole de routage classique standards « Optimized Link State Routing Protocol » (OLSR).

Chapitre II :

Protocol de routage OLSR avec QoS

II. Protocole de routage OLSR avec QoS

II.1. Introduction

La notion de la qualité de service dans les réseaux consiste à privilégier certaines informations par rapport à d'autres informations, en offrant des services différents. Dans les réseaux ad hoc, l'objectif de la qualité de service est d'atteindre un meilleur comportement de la communication.

Dans ce chapitre nous allons détailler la notion de la qualité de service, choisir une métrique fiable de sélection des de relais multipoint (MPRs) et l'appliquer sur le protocole OLSR. La bonne sélection des MPRs aide à assurer un bon acheminement des données et minimiser le nombre de paquets perdus.

II.2. Optimized link state routing protocol (OLSR)

Le protocole de routage OLSR (Optimized link state routing protocol) est retenu par le groupe MANET de l'IETF comme Standard 1141 [11]. C'est un protocole de routage proactif à état de lien optimisé. OLSR offre des routes optimales en termes de nombre de sauts dans le réseau. Dans un protocole à état de lien chaque nœud déclare ses liens directs avec ses voisins à tout le réseau. Dans le cas d'OLSR, les routes sont construites à base des relais multipoint.

Les relais multipoint sont utilisés dans le but de minimiser le trafic du à la diffusion des messages de contrôle dans le réseau [11].

OLSR utilise 4 types de messages [11] :

- **HELLO** : Utilisé pour la détection de voisinage.
- **TC** : Diffusion des informations de topologie.
- **MID** : Permettre de publier la liste des interfaces de chaque nœud.

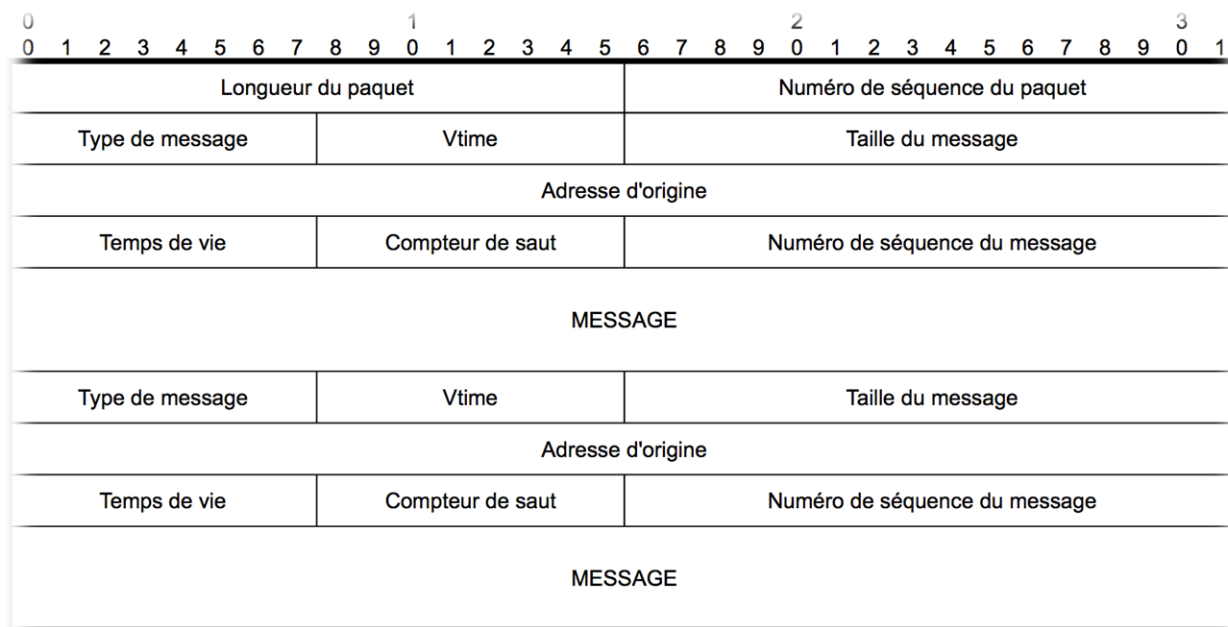
- **HNA** : Utilisés pour déclarer les sous-réseaux et hôtes (hors MANET) joignables par un nœud jouant le rôle de passerelle.

Le protocole OLSR effectue deux actions principales et complémentaires :

- ✓ **La détection de voisinage** : Grâce à l'envoi de messages HELLO pour la détermination des relais multipoints (MPRs).
- ✓ **La gestion de topologie** : Réalisée par l'intervention des messages TC, MID et HNA et aboutissant à une table de routage globale dans chaque MPR.

II.3. Le format du paquet OLSR

Le protocole OLSR définit un format général de paquet, voir figure 9. Ce format est unique pour tous les messages circulant sur le réseau. En plus, des messages d'échange de trafic de contrôle HELLO et TC (Topologie Control). Le protocole OLSR propose deux autres types différents de messages : MID (Multiple Interface Déclaration) et HNA (Host and Network Association) [12].



ETC ...

Figure 9: format de paquet OLSR

Les champs dans le paquet OLSR sont :

- **Packet Length** : la taille du paquet (en-tête en octets).
- **Packet Sequence Number** : est un nombre de séquence augmenté à chaque fois un nouveau message OLSR est transmis par cet hôte.
- **Message type** : un nombre entier identifiant le type de ce message (Hello_Message, TC_Message, MID_Message, HNA_Message).
- **Vtime** : ce champ indique combien de temps après la réception, un nœud considérera l'information contenue dans le message comme valide.
- **Message Size** : la taille de ce message, en incluant l'en-tête de message (en octets).
- **Originator Address** : l'adresse principale du créateur de ce message.
- **Time To Live** : ce champ désigne la durée de vie d'un paquet dans le réseau.
- **Hop Count** : ce champ représente le nombre de saut de chemin que le paquet a suivi.
- **Message Sequence Number** : un nombre augmenté chaque fois qu'un nouveau paquet OLSR est transmis par un hôte.

Le protocole OLSR prend en compte aussi toutes les interfaces reliées à un mobile. Ainsi, les nœuds profitent de toutes les routes disponibles indépendamment du type d'interface utilisée à chaque saut. Le nœud choisit une de ses adresses d'interface comme une adresse principale qu'il utilisera comme référence dans ses messages de contrôle. Chaque paquet peut contenir plusieurs messages identifiés par un type.

Ceci permet d'envoyer plusieurs informations à un nœud en une seule transmission. Selon la taille de MTU (Maximum Transfer Unit), un nœud peut ajouter de différents messages et les transmettre ensemble. Par conséquent, différents types de messages peuvent être émis ensemble mais traités et retransmis différemment dans chaque nœud. Quand ce dernier reçoit un paquet, il examine les entêtes des messages et détermine le type selon la valeur du champ **message type**.

Dans OLSR, un message de control individuel est uniquement identifié par une adresse initiale (Originator address) et son numéro de séquence MSN (Message Sequence Number). Le champ

Originator adresse indique la source d'un message, par contre le champ MSN nous permet d'éviter le traitement et Relay multiple de même message pour un nœud [13].

II.4. Fonctionnement du protocole

Dans cette section, nous détaillons le fonctionnement de protocole OLSR en présentant la détection de voisinage, la sélection des relais multipoint(MPR), la gestion de la topologie de réseau et nous finissons par les messages MID et HNA [13].

II.4.1. Détection de voisinage

Pour accomplir le choix des relais multipoint, chaque nœud doit déterminer ses voisins symétriques directs. Pour cela OLSR propose le mécanisme de détection de voisinage. Ce mécanisme est assuré par l'échange périodique des messages « HELLO pour avoir des informations sur les voisins directs ainsi que l'état des liens avec ces voisins [13].

Le paquet HELLO inclus la liste de voisinage du nœud avant sa diffusion. Avec cette stratégie le nœud récepteur peut détecter les voisins à un saut et à deux sauts [13].

A base de ses informations un nœud choisit ses MPR, après leur sélection, il les déclare dans une partie de message « HELLO ». Ceci permet à un nœud de savoir quels voisins l'ont choisi comme MPR, autrement dit de construire la liste (MPRset). À la réception de message « HELLO », chaque nœud mis à jour sa table de voisinage pour sauvegarder ses voisins à un saut et leurs types de lien à savoir (symétriques, asymétriques ou MPR) [13].

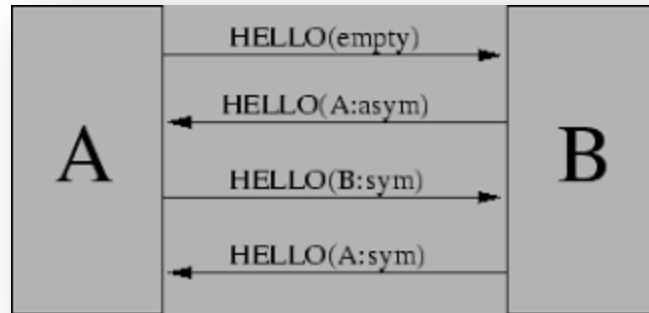


Figure 10: échange de message hello [13]

II.4.2. Messages HELLO

Le paquet HELLO contient les champs suivants [13] :

0										1										2										3	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
Reserved										Htime										Willigness											
Link Code					Reserved					Link Message Size																					
Neighbor Interface Address																															
Neighbor Interface Address																															
...																															
Link Code					Reserved					Link Message Size																					
Neighbor Interface Address																															
Neighbor Interface Address																															

Figure 11: datagramme hello [13]

- Reserved : ce champ doit contenir «0000000000000000 >>
- Htime : intervalle d'émission des messages HELLO
- Willigness : permet de forcer le passage d'un nœud en MPR

- Link Code : code identifiant le type de lien entre l'expéditeur et les interfaces listées («Neighbors Interface Address ») : symétrique, entendu (asymétrique), MPR (relais multipoint).
- L'état symétrique signifie que le lien a été vérifié dans les deux sens, et qu'il est donc possible d'envoyer des données en unicast sur ce lien. L'état entendu indique que le nœud reçoit les messages HELLO, venant de cette interface voisine, mais que le lien n'est pas encore valide dans l'autre sens.
- L'état MPR : indique que ce nœud a choisi ce voisin comme relais multipoint, et que le lien est symétrique.

II.4.3. Les relais multipoint (MPR)

Le concept de relais multipoint vise à réduire le nombre de paquets de contrôle circulants dans le réseau. Les voisins du second niveau d'un nœud, peuvent être couverts par un ou plusieurs nœuds du premier niveau. L'idée se résume alors à choisir le nombre de répéteurs nécessaire et minimale pour atteindre tous les nœuds du second niveau de ce nœud [13].

Cet ensemble forme un arbre couvrant le réseau et s'appelle l'ensemble des relais multipoint, voir figure 12 et 13. Ce mécanisme permet d'économiser la bande passante et réduire le nombre de messages reçus en plusieurs copies par un nœud [13].

Il est possible de démontrer que la connaissance de deux niveaux de voisinage permet de connaître tous les nœuds du réseau. Ainsi, pour diffuser un message dans tout le réseau, chaque nœud désigne ses voisins relais multipoint qui joueront le rôle de premiers répéteurs du nœud central. L'ensemble des relais multipoint doit être recalculé chaque fois que l'on détecte une modification dans le voisinage à deux sauts [13].

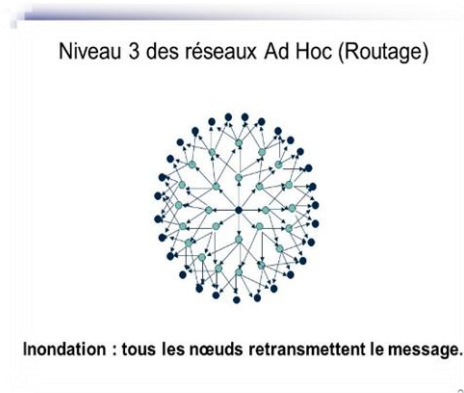


Figure 12: Inondation classique [13]

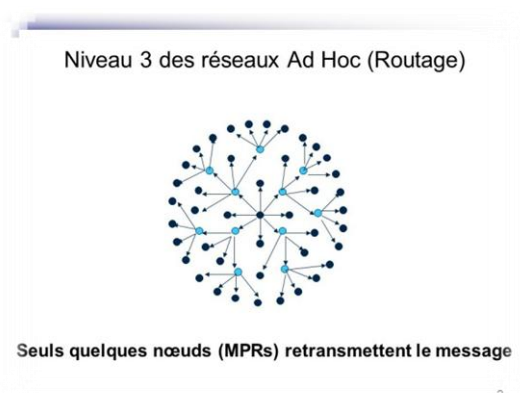


Figure 13: Inondation avec MPr [13]

II.5. Gestion de topologie

II.5.1. Messages TC

Chaque nœud dans le réseau maintient une base d'informations de la topologie du réseau. Ces informations sont collectées par l'analyse des messages de contrôle de topologie [14].

TC (Topology Control) reçu par ce nœud. Seul les MPRs envoient des messages TC. Ainsi le MPR transmet la liste de ses voisins qui l'on choisit comme MPR. Cela sert essentiellement à établir les tables de routage [14].

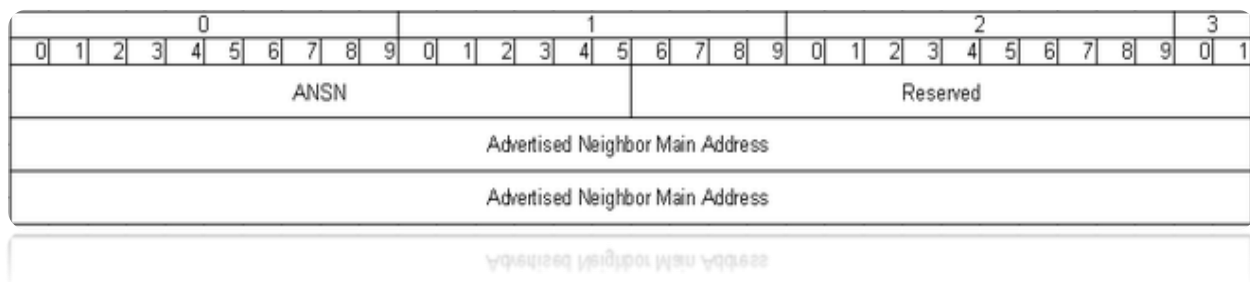


Figure 14 : Le format de message TC[14]

Le paquet TC contient les champs suivants [14] :

- **ANSN** (Advertised Neighbor Sequence Number) : Entier incrémenté à chaque changement de topologie. Il permet de connaître l'information la plus récente.
- **Reserved** : Ce champ doit contenir « 0000000000000000 >>
- **Advertised Neighbor Main Address** : Adresse IP des nœuds à un saut (qui sont annoncés par les paquets Hello).

II.6. Le choix d'OLSR

Après une étude des différents protocoles de routage de mobilité existants dans le réseau ad hoc voir chapitre 01, nous avons choisi l'OLSR. Les raisons principales de notre choix de ce protocole sont multiples:

- La distribution périodique des messages de contrôle pour calculer les paramètres de qualité de service ajoutés régulièrement qui ne sont pas tolérés dans les protocoles réactifs.
- L'OLSR est l'un des protocoles standards implémentés par le simulateur **NS-3** que nous avons choisi (**NS-3** qui implémente les protocoles standards OLSR, AODV, DSR).
- Les résultats de simulation entre les trois protocoles Standards (OLSR, DSR, AODV) que nous avons faits étaient variables. En comparant les 3 protocoles OLSR, DSR et AODV, nous avons bien remarqué que le protocole OLSR donne les meilleurs résultats en comparant les nombres des paquets reçus par rapport aux nombres des nœuds. La figure 15 montre que le protocole OLSR réalise une amélioration de 16 % des paquets reçus par rapport au protocole AODV, et 32 % des paquets reçus par rapport au protocole DSR.

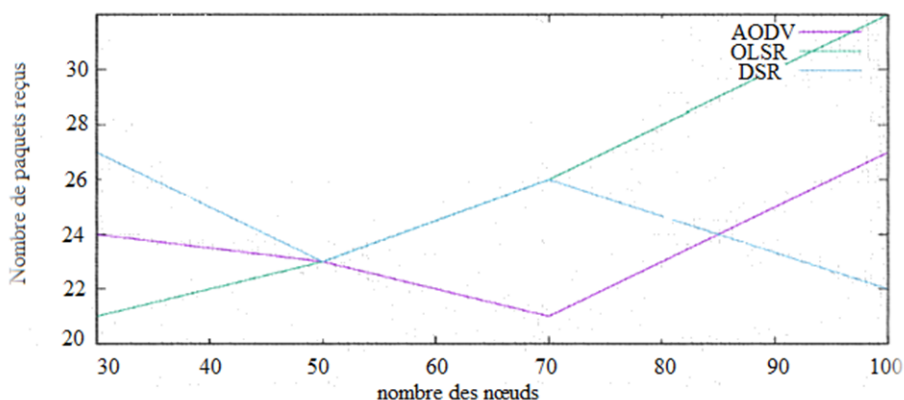


Figure 15 : Nombre de paquets reçus par rapport au nombre des nœuds

II.7. Les métriques de QoS pour un environnement ad hoc

La QoS se manifeste par un ensemble de paramètres qui sont soit qualitatives (qualité de la voix, de l'image, etc.) soit quantitatives (mesurés : délai, débit, gigue, etc.)

Les métriques les plus importants pour les réseaux ad hoc sont :

- **Délai** : Ce paramètre représente le délai de bout en bout nécessaire pour transmettre un paquet de données depuis la source vers la destination. C'est une métrique additive.
- **Bande passante (débit)** : Ce paramètre définit la quantité maximale de données qu'un lien peut transmettre pendant un intervalle de temps donné. Le réseau doit répondre à cette contrainte dans la transmission de la vidéo.
- **Perte de paquet** : Ce paramètre indique le taux de suspension de la transmission des paquets erronés. Ce paramètre est utile pour les applications Web, transfert de fichier, chat messagerie électronique.
- **Variance de délai (gigue)** : Ce paramètre décrit la variation de délai de transmission entre les différents paquets. Il est classé parmi les métriques additives. Le réseau doit respecter ce paramètre lors de la transmission de la voix, la vidéo conférence etc.

II.8. OLSR développé (OLSR-Dev)

Nous expliquons dans cette section notre proposition (OLSR-Dev) qui consiste à améliorer le protocole OLSR.

Le protocole OLSR-Dev est un algorithme intégré à l'OLSR classique, définit et interprété par une métrique plus adoptée que le nombre des sauts. L'OLSR-Dev vise à atteindre des meilleures performances que l'OLSR classique (OLSR-Class) pour choisir des nœuds MPR (relais multipoint) et rendre une topologie stable et durable. Cette métrique sera réalisée par l'ajout d'un paramètre de la qualité de service. On prend comme exemple la stabilité des nœuds à la table de routage, c'est-à-dire, on ajoute à la liste des voisins une nouvelle information représentées un paramètre de la qualité de service. Nous avons choisi la distance qui dépend du critère de la position de nœud dans le but de garantir la transmission et le bon acheminement des données.

Le calcul de la table de routage est basé sur les informations contenues dans les deux tables, des voisins et de topologie de réseaux. Ainsi, si l'une de ces tables est modifiée, la table de routage doit être recalculée afin de faire la mise à jour selon les informations des routes disponibles. Donc, nous avons implémenté la QoS à un protocole de routage. Le protocole découlant de cette intégration est appelé OLSR-Dev.

II.9. Stabilisation des nœuds

Dans le réseau ad hoc, il n'y a pas vraiment des nœuds stables parce que tous les nœuds peuvent se déplacer tout moment au hasard [15]. La notion de stabilité que nous présentons est basée sur les statistiques collectées par un nœud sur son voisin pour estimer la durabilité de connexion.

II.9.1. La fonction utilisée pour calculer la distance

Dans l'environnement ad hoc, on utilise une fonction mathématique pour calculer la distance entre deux nœuds à travers ces positions dans les réseaux ad hoc. Les deux nœuds(N1) et (N2) ayons les positions en ordre (x_1, y_1) ; (x_2, y_2) . La distance entre(N1) et (N2) est définie comme suit :

$$\text{Dist}_{N1_N2} = [(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2]^{1/2} = \text{SND}_{N1_N2}$$

Figure 16: l'équation pour calculer la distance entre les nœud

- La stabilité des nœuds se représente par une valeur inférieure à un seuil.

La figure 17 montre les distances entre les nœuds, par exemple : la distance entre A et B c'est 110.

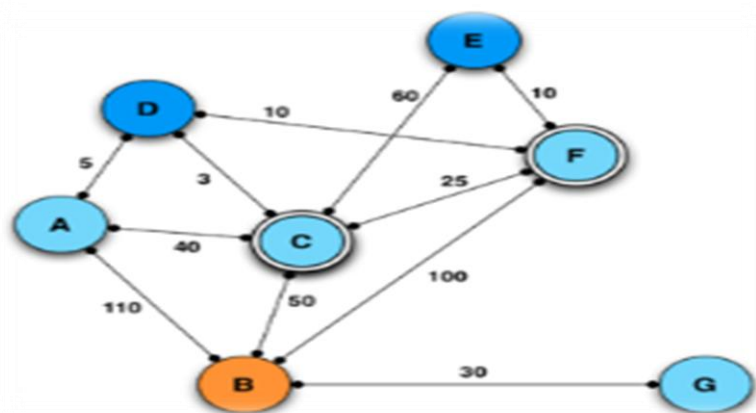


Figure 17: Exemple de la stabilité des nœuds

II.10. La distance dans le protocole de routage OLSR

L'OLSR est basé sur deux principes, le mécanisme de MPR et TC (topologie contrôle), pour collecter les informations dans le réseau. Dans notre proposition, nous modifions et intégrons une nouvelle métrique basée sur la distance dans les deux paquets d'OLSR qui sont : les paquets des MPRs et TCs. Cette solution permet de créer une topologie de réseau stable par rapport à l'OLSR-Class.

II.10.1. Calcule et sélection des MPR :

Le mécanisme pour calculer les MPR mentionnés dans l'OLSR classique est basé sur le degré d'accessibilité, alors cette mécanisme dégrade la retransmission dans les réseaux, en utilisant un protocole proactif. Notre proposition est toujours basée sur ce principe, en plus, il sélectionne

l'ensemble des nœuds MPRs les plus stables. En effet, cette stabilité conduit à une réduction significative du temps de calcul MPR, la déconnexion fréquente des chemins et le nombre de recalcul des tables de routage. Par conséquent, nous présentons le nouveau format d'HELLO message présenté dans la figure 19. Alors chaque nœud enverra à la liste des voisins une valeur de stabilité (SND) représenté par la distance, dans laquelle, il se fait la sélection MPR.

La nouvelle forme de paquet hello : nous avons modifié le paquet par l'ajout des nouveaux paramètres : SDN (sender) et SDN (receiver).

0								1								2								3																												
0	1			2				4				6	7	8				0			2	3				5	6				8	9				1	2				4	5				7	8				0	1
Reserved																Htime								Willingness																												
Link Code								Reserved								Link message size																																				
Neighbor interface address																																																				
SDN																																																				
Neighbor interface address																																																				
SDN																																																				
.....																																																				
.....																																																				

Figure 18: Nouveau format de paquet hello

Pour la sélection de MPR toujours dans le même de seuil de nœuds. D'une autre façon, un nœud sera sélectionné comme un MPR, si le lien à ce nœud est symétrique et rassemble le maximum des membres des voisinages ayant une distance inférieure ou égale à un seuil (Le choix de la sélection du seuil sera expliquer dans le chapitre suivant).

II.10.2. La distance dans la topologie TC

Dans le protocole OLSR et après la réception de message TC (topologie contrôle) chaque nœud MPR doit faire sa mise à jour à la topologie des tables de routage pour enregistrer l'état globale de réseau, pour cela, nous ajoutons la valeur de la stabilité (la distance) avec chaque lien pour avoir le nouveau format de message TC, montré dans le tableau suivant.

0					1					2					3					
0	2	4	5	7	9	0	2	3	5	6	8	9	1	2	4	5	7	8	0	1
ANSN										Reserved										
Advertised Neighbor Main Address																				
SDN																				
Advertised Neighbor Main Address																				
SDN																				
.....																				
.....																				

Figure 19: Nouveau format de message TC

II.11. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons appliqué une technique différente pour améliorer la stabilité des nœuds dans le protocole de routage OLSR (OLSR-Class). Nous avons amélioré la qualité des services découlant d'un nouveau protocole plus avancé que le protocole standard, dans le cadre de garantir la continuité de la communication.

D'abord, nous avons défini les QoS. Puis, nous avons choisi l'OLSR comme protocole de routage et démontré notre choix de sélection de ce protocole. Nous avons également proposé une nouvelle méthode appliquée à l'OLSR-Class pour obtenir l'OLSR développé (OLSR-Dev) qui améliore la stabilité du réseau, et expliqué les détails de l'adaptation de cette métrique dans ce protocole.

Dans le chapitre 3, nous allons tester l'efficacité de notre proposition sous le simulateur NS-3 et analyser les résultats en comparant le nombre de paquets reçus par rapport au nombre de nœuds dans les deux protocoles : OLSR-Class et OLSR-Dev. Pour bien tester les deux protocoles, nous allons utiliser le modèle de mobilité Random Box Position Allocator (RBPA).

Chapitre III

Implémentation et réalisation

III. Implémentation et réalisation :

III.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons expliquer l'environnement de travail, mentionner les outils utilisés et décrire le travail effectué sous forme de graphiques et de tableaux pour valider et interpréter les résultats de notre protocole amélioré (OLSR-Dev).

III.2. Définition la simulation

C'est une technologie de modélisation de système par simulateur pour prédire le comportement du réseau dans le monde réel. Le comportement est défini par les différentes interactions entre les différentes entités du réseau (envoi, réception des messages. Etc).

III.3. Objectif de la simulation

En utilisant le simulateur, nous pouvons voir et analyser les résultats du nouveau protocole (OLSR-Dev) et le protocole OLSR standard (OLSR-Class) et cela par rapport au nombre de paquets reçus et perdus. Cela nous permet d'évaluer notre proposition et bien améliorer le protocole OLSR.

III.4. Outils de simulation

Nous avons choisi la version simulateur NS-3 comme plate-forme d'implémentation. Sous le système d'exploitation Ubuntu, Leader en matière d'évolutivité, car nous pouvons facilement ajouter les nouveaux protocoles, et/ou améliorer les protocoles déjà existants, quel que soit le niveau de la couche : réseau, MAC et application.

III.5. Présentation de ns3

NS3 est un simulateur open-source conçu spécifiquement pour la recherche dans les réseaux de communication informatiques, considéré comme le plus populaire et le plus répandu des simulateurs

de réseaux. NS3 représente la 3 eme version de NS (Network simulator). Il permet à l'utilisateur de définir un réseau et de simuler des communications entre les nœuds de ce réseau. La démarche de développement qu'il utilise se compose d'un langage principal : C++ [16].

III.6. Présentation du c++ :

Il est apparu au début des années 1990, le langage C++ est actuellement l'un des langages les plus utilisés dans le monde entier pour des applications scientifiques et développement de logiciels. En tant que successeur du langage C, C++ est génial efficace. Mais il possède également des fonctionnalités puissantes, telles que des concepts « Classe », qui permet de l'application des techniques de la programmation orientées objet [17].

Il existe deux types de fichiers sources :

- Ceux qui contiennent réellement des instructions ; leurs noms sont EX .cpp
- Ceux qui ne contiennent que des déclarations ; leurs noms sont EX.h

III.7. Préparation de l'environnement

- 1- Installation du système d'exploitation Ubuntu 20.04.
- 2- Téléchargez NS-3.29 sur le site officiel <https://www.nsnam.org/releases/>.
- 3- Installez ce dernier en définissant (ci-dessous) les commandes sur le site Officiel <https://www.nsnam.org/wiki/Installation>.
- 4- Installation d'Ubuntu par ensemble des commandes suivantes :

```
$]sudo apt update
```

```
$]sudo apt-get install build-essential autoconfautomakelibxmu-dev python-pygoocanvas  
python-pygraphvizcvs mercurial bzrgitcmake p7zip-full python-matplotlib python-tk  
python-dev python-kiwi python-gnome2 python-gnome2-desktop-dev python-rsvg qt4-  
dev-tools qt4-qmake qt4-qmake qt4default gnuplot-x11 wireshark
```

La commande ligne pour installer NS3 est :

```
sudo apt-get install gcc g++ python python-dev mercurial bzip2 gdb valgrind gsl-bin libgsl0-dev  
libgsl0ldbl flex bison tcpdump sqlite sqlite3 libsqlite3-dev libxml2 libxml2-dev libgtk2.0-0  
libgtk2.0-dev uncrustify doxygen graphviz imagemagick texlive texlive-latex-extra texlive-
```



```
generic-extra texlive-generic-recommended texinfo dia texlive texlive-latex-extra texlive-extra-
utils texlive-generic-recommended texi2html python-pygraphviz python-kiwi python-pygoocanvas
libgoocanvas-dev python-pygccxml
$]tar jxvf ns-allinone-3.27.tar.bz2
$]cd ns-allinone-3.27/
$]./build.py --enable-examples --enable-tests
```

III.8. Paramètre de simulation :

Le fichier manet-Routing-Protocol dans NS-3 permet aux développeurs de modifier les paramètres de simulation requis. Les paramètres que nous choisissons sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Paramètres	Valeurs
Protocole	OLSR
Nombres des nœuds	50
Modèle de mobilité	Random Box Position Allocator (RBPA)
Temps de simulation	200s
Vitesse de nœud	20mb/s
Phys+liaison	802.11b
Puissance d'émission (dbm)	7.7 dbm
Pair (source/sink)	10
Trafic des données	Paquet UDP
Taille du paquet	64 oct

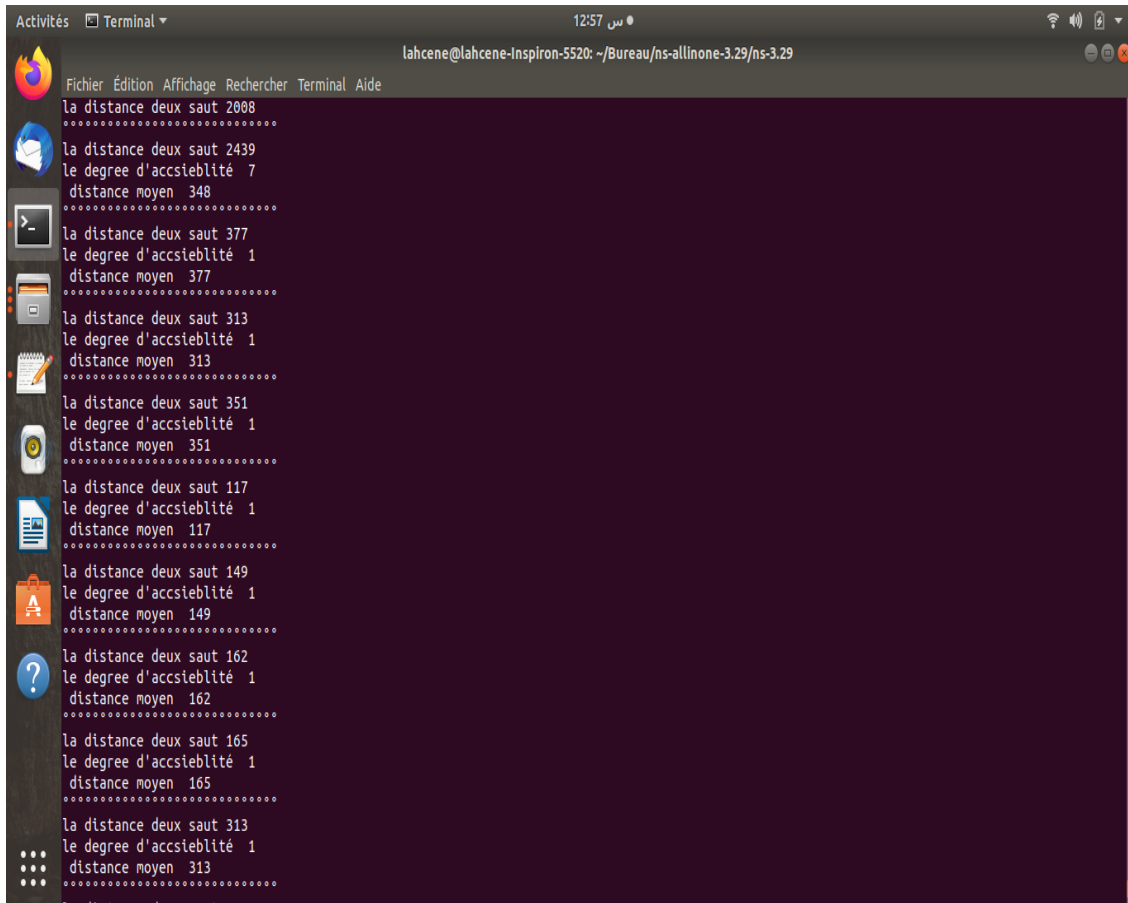
Tableau 1 : Paramètres de simulation

III.9. Implémentation de métrique de distance

Après avoir extraire les positions du nœud émetteur et du nœud récepteur (x, y) (x1, y1), le processus hello calculera la distance, comme la figure 21 montre. Puis, chaque nœud envoie la valeur de la distance à chaque voisin.

```
Activités Terminal 12:43
lahcene@lahcene-Inspiron-5520: ~/Bureau/ns-allinone-3.29/ns-3.29
Fichier Édition Affichage Rechercher Terminal Aide
distance un saut :581.919
.....
Position of node N° 42 recevier_hello x = 69.2168 , y= 630.149
From node who has the Position X= 67, Y= 32
the distance between nodes =598.154
distance un saut :598.154
.....
Position of node N° 20 recevier_hello x = 104.244 , y= 626.156
From node who has the Position X= 67, Y= 32
the distance between nodes =595.322
distance un saut :595.322
.....
Position of node N° 25 recevier_hello x = 144.085 , y= 599.396
From node who has the Position X= 67, Y= 32
the distance between nodes =572.608
distance un saut :572.608
.....
Position of node N° 39 recevier_hello x = 156.82 , y= 503.163
From node who has the Position X= 67, Y= 32
the distance between nodes =479.648
distance un saut :479.648
.....
Position of node N° 34 recevier_hello x = 109.408 , y= 663.111
From node who has the Position X= 67, Y= 32
the distance between nodes =632.534
distance un saut :632.534
.....
Position of node N° 38 recevier_hello x = 20.3034 , y= 421.931
From node who has the Position X= 67, Y= 32
the distance between nodes =392.717
distance un saut :392.717
.....
Position of node N° 15 recevier_hello x = 193.302 , y= 605.179
From node who has the Position X= 67, Y= 32
the distance between nodes =586.93
distance un saut :586.93
^CInterrupted
lahcene@lahcene-Inspiron-5520:~/Bureau/ns-allinone-3.29/ns-3.29$
```

Figure 20: Résultat de calcul de la distance.



```
lahcene@lahcene-Inspiron-5520: ~/Bureau/ns-allinone-3.29/ns-3.29
la distance deux saut 2008
.....
la distance deux saut 2439
le degre d'accseblité 7
distance moyen 348
.....
la distance deux saut 377
le degre d'accseblité 1
distance moyen 377
.....
la distance deux saut 313
le degre d'accseblité 1
distance moyen 313
.....
la distance deux saut 351
le degre d'accseblité 1
distance moyen 351
.....
la distance deux saut 117
le degre d'accseblité 1
distance moyen 117
.....
la distance deux saut 149
le degre d'accseblité 1
distance moyen 149
.....
la distance deux saut 162
le degre d'accseblité 1
distance moyen 162
.....
la distance deux saut 165
le degre d'accseblité 1
distance moyen 165
.....
la distance deux saut 313
le degre d'accseblité 1
distance moyen 313
.....
```

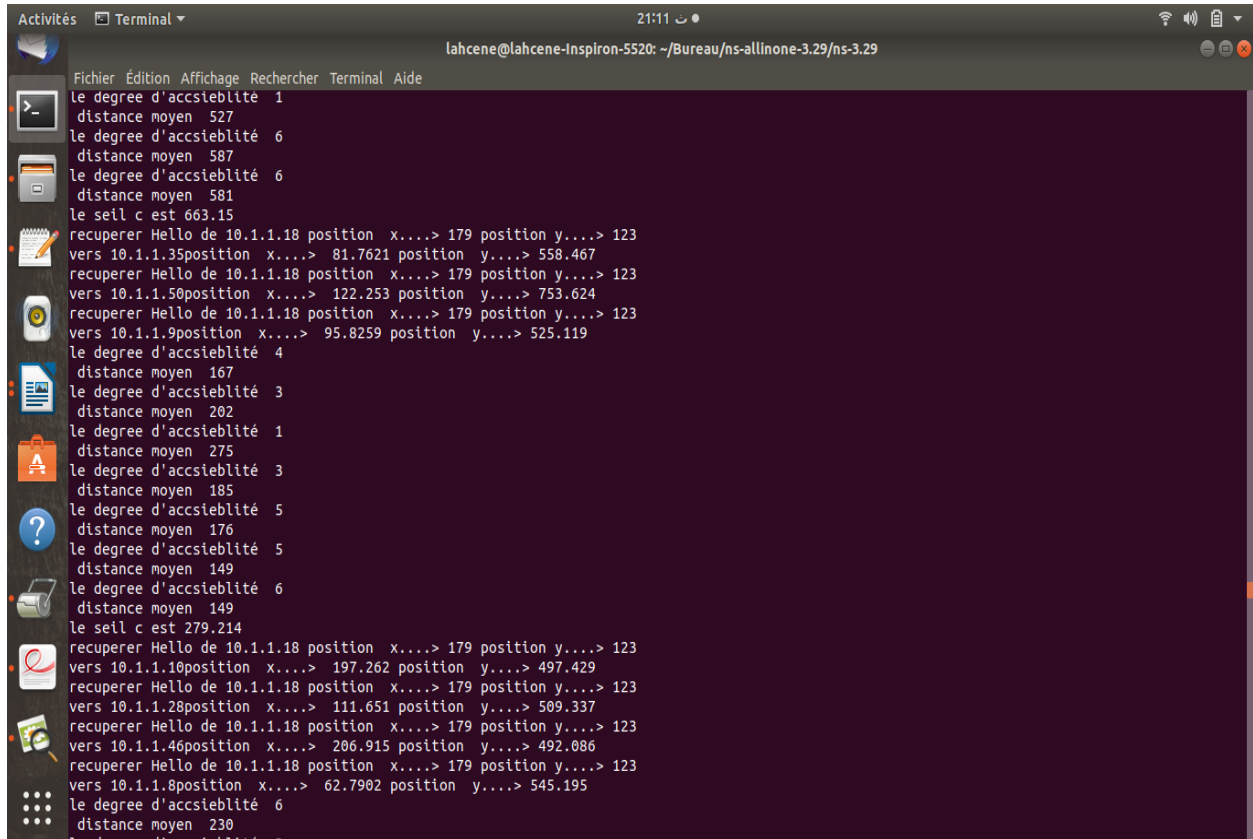
Figure 21: Distance à deux sauts

Ensuite, enregistre le résultat de la distance dans le tuple voisin avec un saut et deux sauts, afin de calculer la distance entre les voisins un saut et deux sauts pour le calcul de seuil et la sélection des MPR.

III.9.1. Calcul de seuil

Le seuil est calculé par des opérations suivantes :

La moyenne des distances entre les deux sauts voisins



```
lahcene@lahcene-Inspiron-5520: ~/Bureau/ns-allinone-3.29/ns-3.29
Fichier Édition Affichage Rechercher Terminal Aide
>
le degré d'accessibilité 1
distance moyen 527
le degré d'accessibilité 6
distance moyen 587
le degré d'accessibilité 6
distance moyen 581
le seuil c est 663.15
recuperer Hello de 10.1.1.18 position x...> 179 position y...> 123
vers 10.1.1.35position x...> 81.7621 position y...> 558.467
recuperer Hello de 10.1.1.18 position x...> 179 position y...> 123
vers 10.1.1.50position x...> 122.253 position y...> 753.624
recuperer Hello de 10.1.1.18 position x...> 179 position y...> 123
vers 10.1.1.9position x...> 95.8259 position y...> 525.119
le degré d'accessibilité 4
distance moyen 167
le degré d'accessibilité 3
distance moyen 202
le degré d'accessibilité 1
distance moyen 275
le degré d'accessibilité 3
distance moyen 185
le degré d'accessibilité 5
distance moyen 176
le degré d'accessibilité 5
distance moyen 149
le degré d'accessibilité 6
distance moyen 149
le seuil c est 279.214
recuperer Hello de 10.1.1.18 position x...> 179 position y...> 123
vers 10.1.1.10position x...> 197.262 position y...> 497.429
recuperer Hello de 10.1.1.18 position x...> 179 position y...> 123
vers 10.1.1.28position x...> 111.651 position y...> 509.337
recuperer Hello de 10.1.1.18 position x...> 179 position y...> 123
vers 10.1.1.46position x...> 206.915 position y...> 492.086
recuperer Hello de 10.1.1.18 position x...> 179 position y...> 123
vers 10.1.1.8position x...> 62.7902 position y...> 545.195
le degré d'accessibilité 6
distance moyen 230
```

Figure 22 : Calcule de seuil

III.9.2. La sélection de MPR et TC

Après le calcul du seuil, nous choisissons les nœuds MPRs. Un nœud est considéré comme un MPR, si ce nœud a le plus grand nombre des voisins et la plus petite distance inférieure ou égale au seuil.

Pour implémenter ça, nous avons ajouté la distance de chaque lien dans le message TC. Afin de valider l'efficacité de notre proposition. La figure 24 montre le nombre de paquets reçus par rapport au nombre des nœuds dans les deux protocoles OLSR-Class et OLSR-Dev. Nous pouvons bien remarqué qu'OLSR-Dev à une amélioration de 45 % des paquets reçus par rapport à l'OLSR-Class quand le nombre de nœuds atteint à 100 nœuds et 51 % quand le nombre des nœuds atteint 200 nœuds.

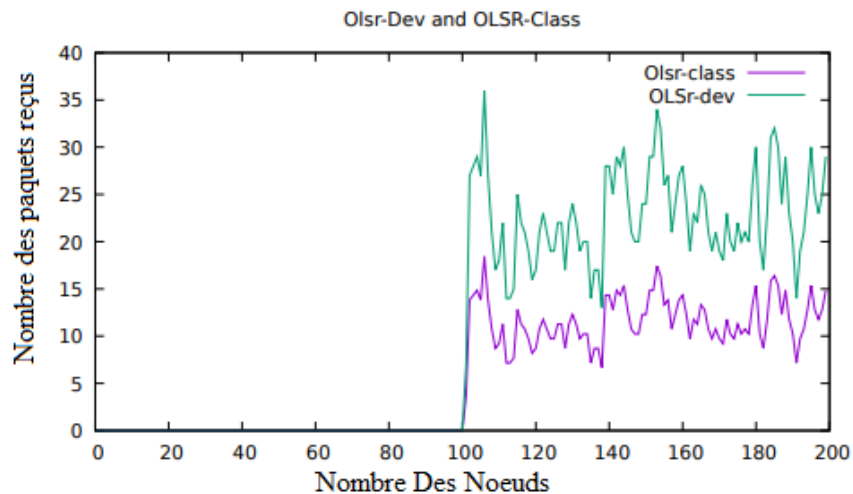


Figure 23: Le nombre de paquets reçus par rapport au nombre de nœuds

III.10. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le simulateur NS-3 et le langage C++implémenté par le simulateur. Ensuite, nous avons proposé un nouveau mécanisme de sélection des nœuds MPR. Le mécanisme se base sur le calcul de la distance entre les nœuds. Enfin, nous avons confirmé la validité de notre proposition par la comparaison entre le protocole OLSR classique (OLSR-Class) et OLSR développé (OLSR-Dev) en termes des paquets reçus.

Conclusion générale

Le réseau Ad Hoc est un réseau sans fil qui peut ne s'organiser aucune infrastructure, définie par un ensemble de nœuds mobiles, ces nœuds sont mobiles et ayant une communication par transmission sans fil déployée dans une zone géographiquement grande pour collecter et transmettre des informations autonome. La recherche sur les réseaux Ad Hoc nous permet de comprendre notre environnement de travail dans ce domaine, respectez ses aspects (caractéristiques, topologie, applications, etc.).

Dans le réseau Ad Hoc, la communication entre les nœuds est basée sur la capacité de collecter des données et de les acheminer vers sa destination. Mais garantir l'accès à l'information dépend de la stabilité du routage et le routage de l'information correcte signifie une bonne qualité du service.

Pour le bon déroulement de nos travaux et dans le cadre de garantir une bonne qualité de services de réseau Ad Hoc, nous proposons une proposition pour garantir la stabilité de la liaison en incluant des paramètres de la distance dans le protocole réactif.

Le but de ce travail est de proposer un OLSR développée (OLSR-Dev) pour atteindre des meilleures performances que l'OLSR classique (OLSR-Class). Les résultats de la simulation expliquent l'efficacité d'OLSR-Dev proposé. Le simulateur utilisé pour valider le travail est le simulateur NS-3. Les résultats montrent que l'OLSR-Dev a une amélioration de 51% par rapport à l'OLSR-Class.

Bibliographies:

- [1] Aissaoui Bouthaina, Hemaizia Zineb, « Un protocole de routage optimisé dans les réseaux Ad Hoc », Université de Oran, 2011/2012
- [2] Gherabi Fairouz , « le multicast dans les réseaux Ad Hoc » Université Ferhat Abbas —setif- mémoire magistretre 2008».
- [3] la page web «Les Réseaux Mobiles Ad Hoc et les Protocoles de Routage» [<http://docs.google.com/Chapitre2> Mémoire La communication dans les réseaux mobiles Ad Hoc 25/03/2011».
- [4] B.Soualmi, N.Ammer Boudjllel « mise on cuvre un algorithme de routage basé sur les colonies de fourmis pour les réseaux de capteur sans fil mémoire d'ingénieur d'etat », Centre universitaire de Bourdj Bou Arreridj 2009
- [5] A. Moussaoui , «Routage QoS et Prédiction de Rupture de Route dans les Réseaux Ad Hoc , Mémoire de Magistère En Informatique» , Université Abderahmane Mira de Béjaia 2006
- [6] P. Jacquet, A. Laouiti, P. Minet, and L. Viennot, « Performance of multipoint relaying in ad hoc mobile routing protocols ». in Networking 2002, Pise, Italie, 2002.
- [7] K. Al Agha, G. Pujolle, G. Vivier, «Réseaux de mobiles & Réseaux sans fil', Livre, pp 342-343, septembre 2001»
- [8] BACCOUR SELLAMI Nouha «Conception d'une nouvelle starategie de routage dynamique pour les réseaux mobile Ad Hoc», Rapport de stage Université de Sfax 2008
- [9] BACCOUR SELLAMI Nouha « Conception d'une nouvelle starategie de routage dynamique pour les réseaux mobile Ad Hoc », Université de Sfax juin 2006 - I 'École Nationale d'Ingénieurs de Sfax-
- [10] AMEZA Fatima, ASSAM Nassima , ATMANI Mouloud «Le routage dans les réseaux ad hoc (OLSR et AODV)

»

[11] IEEE 802.11 WG: IEEE Std 802.11-1999, Part 11, Wireless LAN MAC and physical layer specifications. Reference number ISO/IEC 8802-11:1999 (E), (1999).

[12] M. Hülsmann, K. Windt, Eds.; « Understanding Autonomous Cooperation and Control in Logistics - The Impact on Management, Information and Communication and Material Flow", Springer, ISBN: 978-3-540-47449-4, 2007».

[13] Ben Mazouz N« Qualité de service dans les protocoles de rouatge Adhoc » ,Centre universitaire de Bordj Bou Arreridj 2009-2010

[14] Philippe Jacquet Thomas Clausen. RFC 3626 «Optimized Link State Routing Prot (OLSR), (draft IETF) 2003.

[15] Sabrina Naimi , «Gestion de la mobilité dans les réseaux Ad Hoc par anticipation des métriques de routage».

[16] What is ns-3, « <https://www.nsnam.org/about/what-is-ns-3/>»

[17]cours«C++:LESBASES»sur,<http://math.univlyon1.fr/~omarguin/programmation/C++Polycop1.pdf>».

Résumé

Optimized link state routing protocol (OLSR) offre des routes optimales en termes de nombre de sauts dans les réseaux mobiles. Le problème qui se pose au niveau de l'OLSR classique (OLSR-Class) c'est qu'il ne vérifie pas toujours les conditions de stabilité du réseau. Pour faire face à ce problème nous proposons un OLSR développé (OLSR-Dev) pour obtenir un réseau bien stable avec des communications efficaces. Le simulateur utilisé pour valider le travail est le simulateur NS-3. Les résultats montrent que l'OLSR-Dev a une amélioration de 51% par rapport à l'OLSR-Class en termes de paquets reçus. Pour bien tester les deux protocoles, nous utilise le modèle de mobilité Random Box Position Allocator (RBPA).

Mots clé : Routage, qualité de service, Protocole proactif, protocole réactif, Mobilité.

Abstract

Optimized link state routing protocol (OLSR) provides optimal routes in terms of the number of hops in mobile networks. The problem with the classic OLSR (OLSR-Class) is that it does not always check the stability conditions of the network. To deal with this problem we propose a developed OLSR (OLSR-Dev) to obtain a very stable network with efficient communications. We use NS-3 to validate the proposed solution and the results show that the OLSR-Dev has a 51% improvement over the OLSR-Class in terms of delivered packets. In addition, we use the Random Box Position Allocator (RBPA) to test both protocols under mobile scenario.

Keywords: Routing, quality of service, Proactive protocols, Reactive protocols, Mobility.

المخلص

يوفر بروتوكول توجيه حالة الارتباط المحسن (OLSR) المسارات المثلى من حيث عدد القفزات في شبكات محمولة. تكمن مشكلة OLSR الكلاسيكية (OLSR-Class) في أنها لا تتحقق دائماً من ظروف استقرار الشبكة. للتعامل مع هذه المشكلة نقترح OLSR مطور (OLSR-Dev) للحصول على شبكة مستقرة للغاية مع اتصالات فعالة. المحاكى المستخدم للتحقق من صحة العمل هو محاكاة NS-3. تظهر النتائج أن OLSR-Dev لديه تحسن بنسبة 51% بالمقارنة مع OLSR من حيث الحزم المسلمة. لاختبار كلا البروتوكولين جيداً تحت سيناريو متحرك، استخدمنا نموذج التنقل Random Box Position Allocator (RBPA).