



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université AMO de Bouira

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées

Département d'Informatique

# Mémoire de Master

En Informatique :

*Spécialité : Génie des systèmes informatiques*

## Thème

---

Etude comparative entre les 2 protocoles de routage  
OLSR et AODV dans un réseau Ad hoc

---

Encadré par

— DEMMOUCHE Mouloud.

Réalisé par

— ARIB Nadia.

— YAHIAOUI Mounira.

2020/2021

# *Dédicaces*

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous qui me sont chers,

A la mémoire de ma mère

A mon cher père

A mon cher époux

A mes chers enfants

A mes chers frères, sœurs, neveux et nièces

Merci

*ARIB Nadia.*

# *Dédicaces*

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous qui me sont chers,

A mes chers parents

A mon cher époux

A mon petit enfant

A mes chers frères et sœurs

Merci

*YAHIAOUI Mounira*

# *Remerciements*

En terminant notre projet de fin d'étude de master, il nous est agréable d'adresser nos vifs remerciements à tous ceux qui nous aidés de près et de loin à élaborer cet ouvrage.

On tient à remercier sincèrement notre promoteur monsieur DEMMOUCHE Mouloud pour ces précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Nos remerciements s'étendent également à monsieur le chef du département informatique ainsi qu'à tous nos professeurs pour la richesse et la qualité de leurs enseignements et les grands efforts déployés pour assurer à leurs étudiants une formation de haut niveau.

On voudrait également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques.

A la fin nous tenant à remercier tous nos collègues d'études, particulièrement notre promotion.

# Table des matières

<b>Table des matières</b>	<b>i</b>
<b>Table des figures</b>	<b>iv</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>v</b>
<b>Liste des abréviations</b>	<b>vi</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>1 Généralité sur les réseaux sans fil et Ad hoc :</b>	<b>3</b>
1.1 Introduction : . . . . .	3
1.2 Les réseaux sans fil : . . . . .	3
1.3 Classification des réseaux sans fil : . . . . .	4
1.3.1 Selon la zone de couverture : . . . . .	4
1.3.2 En mode opératoire : . . . . .	5
1.4 Les réseaux mobiles ad hoc (Manet) : . . . . .	6
1.4.1 Définition . . . . .	6
1.4.2 Historique et évolution des réseaux ad hoc : . . . . .	7
1.4.3 Caractéristiques des réseaux Ad Hoc . . . . .	8
1.4.4 Applications des réseaux ad hoc : . . . . .	9
1.4.5 Mode de communication dans les réseaux ad hoc : . . . . .	10
1.5 Conclusion : . . . . .	11
<b>2 Etude détaillée des protocoles OLSR et AODV :</b>	<b>12</b>

2.1	Introduction . . . . .	12
2.2	Le routage : . . . . .	12
2.2.1	Définition : . . . . .	12
2.2.2	Définition de protocole de routage : . . . . .	13
2.2.3	Classification des protocoles de routage dans les réseaux ad hoc : . . .	14
2.2.4	Contraintes de routage dans les réseaux Ad hoc : . . . . .	17
2.3	Le protocole de routage AODV (Ad hoc On demand Distance Vector) : . . . . .	18
2.3.1	Présentation : . . . . .	18
2.3.2	Les messages de contrôle : . . . . .	18
2.3.3	Le principe de numéro de séquence : . . . . .	21
2.3.4	Fonctionnement du protocole : . . . . .	21
2.3.5	Avantages et inconvénients du protocole AODV : . . . . .	23
2.4	Le protocole de routage OLSR (Optimized Link State Routing ) : . . . . .	24
2.4.1	Présentation : . . . . .	24
2.4.2	Le format du paquet OLSR : . . . . .	25
2.4.3	Le principe de relais multipoint (MPR) : . . . . .	26
2.4.4	Fonctionnement du protocole : . . . . .	28
2.4.5	Les changements topologiques : . . . . .	29
2.4.6	Les messages MID (Multiple Interface Declaration) : . . . . .	29
2.4.7	Les messages HNA (Host and Network Association) : . . . . .	29
2.4.8	Avantages et inconvénients du protocole OLSR : . . . . .	30
2.5	Comparaison entre les deux protocoles AODV et OLSR : . . . . .	31
2.6	Conclusion : . . . . .	32
<b>3</b>	<b>Simulation et évaluation des performances</b>	<b>34</b>
3.1	Introduction : . . . . .	34
3.2	Les métriques de performances : . . . . .	34
3.2.1	Taux de livraison des paquets : . . . . .	34
3.2.2	Délai de bout en bout : . . . . .	35
3.2.3	Paquet perdu : . . . . .	35
3.2.4	Débit : . . . . .	36
3.3	Les outils utilisés pour la simulation : . . . . .	36

3.4	Les paramètres utilisés dans les différents scénarios : . . . . .	36
3.5	Interprétation et évaluation des résultats : . . . . .	37
3.5.1	Taux des paquets perdu et taux des paquets reçu : . . . . .	37
3.5.2	Comparaison entre AODV et OLSR en fonction du taux des paquets perdu : . . . . .	38
3.5.3	Comparaison entre AODV et OLSR en fonction du taux des paquets livrés : . . . . .	39
3.6	Conclusion : . . . . .	41
	<b>Conclusion générale</b>	<b>42</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>44</b>
	<b>Résumé</b>	<b>46</b>

# Table des figures

1.1	classification des réseaux sans fil selon la zone de couverture . . . . .	5
1.2	Exemples d'applications Réseaux ad hoc . . . . .	10
2.1	Le chemin utilisé dans le routage . . . . .	13
2.2	classification des protocoles de routage dans les réseaux ad hoc . . . . .	16
2.3	Format du message RREQ . . . . .	18
2.4	Format du message RREP . . . . .	19
2.5	Format du message RERR . . . . .	20
2.6	la requête RREQ [2] . . . . .	22
2.7	la requête RREP [2] . . . . .	22
2.8	la coupure d'un lien entre deux nœuds et l'envoi du RERR [7] . . . . .	23
2.9	Format du paquet OLSR [1] . . . . .	26
2.10	le principe des nœuds MPR [13] . . . . .	27
2.11	transmission par inondation et transmission par MPR [6] . . . . .	27
3.1	l'évaluation de taux des paquets perdu et taux des paquets reçu . . . . .	38
3.2	l'évaluation de taux des paquets perdu . . . . .	39
3.3	l'évaluation de taux des paquets livrés . . . . .	40

# Liste des tableaux

2.1	Les avantages et inconvénients d'AODV et OLSR . . . . .	31
2.2	Tableau comparatif entre AODV et OLSR. . . . .	32
3.1	Les paramètres de simulation . . . . .	37

# Liste des abréviations

AODV	Ad hoc On Demand Distance Vector
OLSR	Optimized Link State Routing Protocol
NS	Network Simulator
WPAN	Wireless Personal Area Networks
WLAN	Wireless Local Area Networks
WMAN	Wireless Metropolitan Area Networks
WWAN	Wireless Wide Area Networks
GSM	Global System for Mobile Communications
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
GPRS	General Packet Radio Service
EDGE	Enhanced Data GSM Environment
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
LTE	Long Term Evolution
AP	Access Point
BS	Base station
BSS	Basic Service Set
UM	Unité Mobile
DS	Distribution System
DSDV	Destination Sequenced Distance Vector
DSR	Dynamic Source Routing Protocol
MANET	Mobile Ad hoc Network
MID	Multiple Interface Declaration

HNA	Host and Network Association
MPR	Multi-Point Relays
RREQ	Route Request
RREP	Route Reply
RERR	Route ERRor
TC	Topology Control
LSR	Link State Routing
ZHLS	Zone based Hierarchical Link State
ZRP	Zone Route Protocol
WIFI	Wireless Fidelity
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
GLOMO	Global Mobile Information Systems
NTDR	Near-term Digital Radio
IETF	The Internet Engineering Task Force
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
VANET	Véhicule Ad hoc Networks
BLR	Boucle Local Radio

# Introduction générale

Ces dernières années, l'évolution et la forte croissance des technologies sans fil à bouleversé notre vie quotidienne sans en apercevoir, permettant de faciliter la communication entre les individus, et entre les individus et les objets et nous permet aussi d'atteindre un confort avéré. Un confort dans l'automatisation de nos foyers (smart home), un confort dans l'automatisation de moyens de transports (smart transportation et Vanets) et un confort dans les environnements de travail par des systèmes électronique et informatique connectés, contenant des ordinateurs, des tablettes, des smartphones, . . . etc.

La technologie de communication sans fil, donne naissance à plusieurs types de réseaux, parmi ces réseaux sans fil, les réseaux classés par zone de couverture selon le périmètre géographique (WPAN, WLAN, WMAN, WWAN), et les réseaux classés en mode de déploiement (les réseaux avec infrastructure, et les réseaux sans infrastructure (Ad Hoc)). Alors nous nous sommes intéressés par ce réseau ad hoc qui est constitué d'un ensemble d'unités mobiles communiquant via un médium radio et qui ne requiert ni infrastructure fixe ni administration centralisée.

Un réseau Ad Hoc est un ensemble de nœuds où l'acheminement de l'information d'une source vers une destination nécessite des protocoles de routage qui établissent des routes entre les nœuds du réseau.

Notre étude offre principalement une étude synthétique des travaux de recherche qui ont été faits et qui se font à l'heure actuelle sur les protocoles de routage dans les réseaux ad hoc, notre étude est basée sur les deux protocoles de routage AODV et OLSR, leurs fonctionnements et leur évaluation de performances afin de dégager la différence entre ces

derniers.

Ce mémoire est organisé de la manière suivante :

- Chapitre 1 : Ce premier chapitre aidera à mettre le projet dans son contexte général. En premier lieu, nous allons présenter les réseaux sans fil en générale et les réseaux mobile ad hoc. En deuxième lieu, nous allons définir les caractéristiques et les inconvénients des réseaux ad hoc ainsi que ces applications, et Nous finirons avec la présentation de la problématique et les objectifs.
  
- Chapitre 2 : Etude détaillée des protocoles AODV et OLSR. Dans ce chapitre on va étudier en détaille un protocole de type proactif qui est OLSR, et un protocole de type réactif qui est AODV et en concluront avec une comparaison entre ces deux protocoles.
  
- Chapitre 3 : Simulation des protocoles AODV et OLSR avec le simulateur NS (Network Simulaor) afin de dégager la difference de performances entre eux selon des critères de performance.

Nous clôturons le manuscrit par une conclusion générale et des perspectives.

# Chapitre 1

## Généralité sur les réseaux sans fil et Ad hoc :

### 1.1 Introduction :

Avec l'adoption des technologies de communication sans fil, les réseaux ont connu ces dernières années un essor spectaculaire et s'imposent aujourd'hui de façon indéniable. Parmi les technologies récentes de communication sans fil on trouve les réseaux ad hoc.

Dans ce chapitre nous nous intéressons aux concepts de base liés à la technologie de communication sans fil utilisée dans les réseaux mobiles, pour cela nous détaillons quelques principales notions nécessaires à la compréhension de ces systèmes, nous définissons les réseaux sans fil et leurs classifications principales, et nous introduisons les concepts des réseaux mobiles ad hoc et ces caractéristiques ainsi que ces applications.

### 1.2 Les réseaux sans fil :

Un réseau sans fil (Wireless Network en anglais) est un réseau qui interconnecte plusieurs terminaux (ordinateur, capteur, téléphone smart, etc.) sans utiliser de câbles, utilisant des ondes radio électriques (radio, infrarouge ou acoustique). L'infrarouge est une technologie simple utilisé pour des communications à petite portée en assurant un débit élevé par contre la technologie radio est basé sur des ondes électromagnétique.[1]

Ce genre de réseaux permet aux utilisateurs de rester connectés tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus ou moins étendu, c'est la raison pour laquelle on

entend parfois parler de "mobilité". Et pour remédier au problème de mobilité, des protocoles de communication spéciale sont nécessaire. [10]

## 1.3 Classification des réseaux sans fil :

### 1.3.1 Selon la zone de couverture :

Les réseaux sans fil sont classés en quatre types selon la zone de couverture qui peuvent couvrir.

#### Les WPAN (Wireless Personal Area Networks) :

Un réseau personnel sans fil noté WPAN est limitée à quelques dizaines de mètres autour de l'utilisateur (bureaux, salles de conférence etc..). Plusieurs technologies sont utilisées pour le réaliser tels que le Bluetooth, l'infrarouge et Zigbee. [1]

#### Les WLAN (Wireless Local Area Networks) :

Un réseau local sans fil noté WLAN dont la portée va jusqu'à 500 m, pour les applications couvrant un campus, un bâtiment, un aéroport, un hôpital, etc. Ce réseau permet de connecter deux terminaux présents dans sa zone de couverture en utilisant diverses technologies à savoir le WiFi ou IEEE 802.11 et Hiperlan2. [10]

#### Les WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks) :

Un réseau métropolitain sans fil et connu aussi sous le nom de Boucle Local Radio (BLR) peut couvrir une plus grande zone de la taille d'une ville et une couverture de plusieurs kilomètres, initialement conçu pour interconnecter des zones géographiquement difficilement accessibles. Les WMAN sont basés sur la norme IEEE 802.16 dont Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) est la technologie sans fil la plus prometteuse. [10]

#### Les WWAN (Wireless Wide Area Networks) :

Le réseau étendu sans fil est la catégorie de réseaux cellulaires mobiles dont la zone de couverture est très large, à l'échelle mondiale. WWAN est le réseau utilisé sans rivale

dans le domaine de la téléphonie mobile, on peut citer le GSM(Global System for Mobile Communications), GPRS (General Packet Radio Service),l'UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), ainsi que la technologie LTE (Long Term Evolution). [10]

## Classification des réseaux sans fil

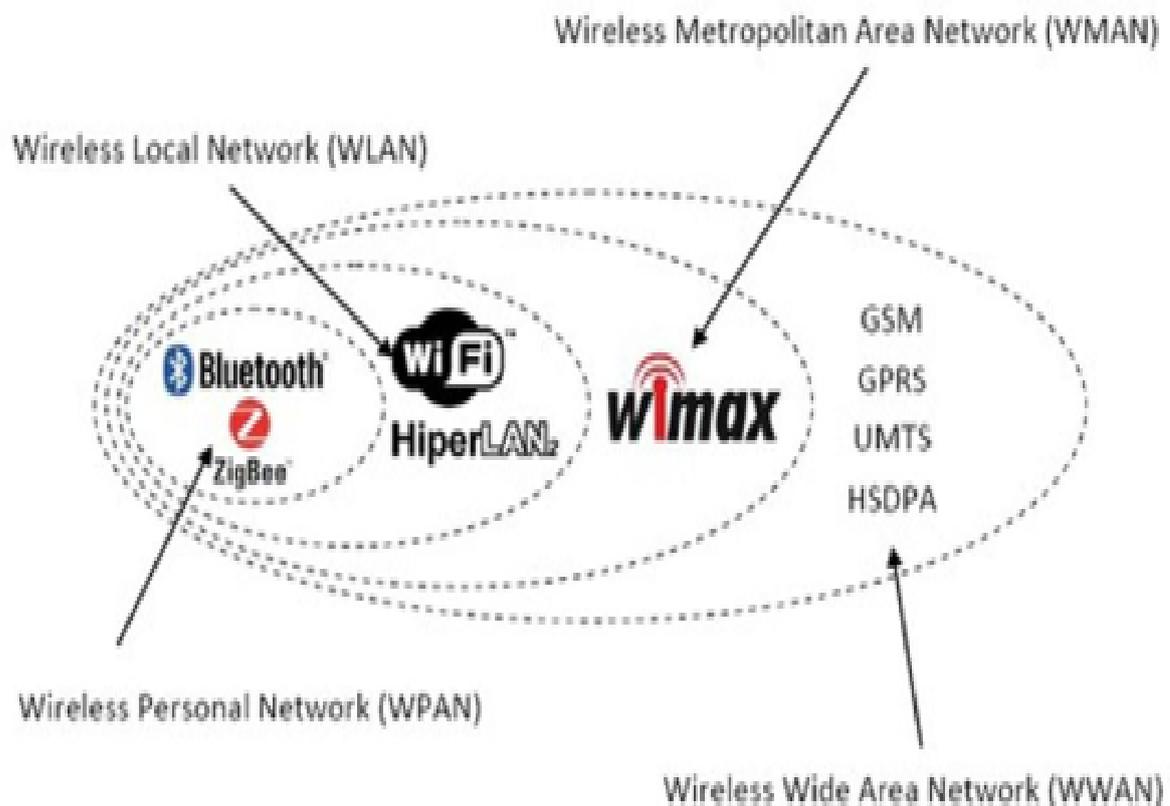


FIGURE 1.1 – classification des réseaux sans fil selon la zone de couverture

### 1.3.2 En mode opératoire :

Les réseaux sans fil sont classés en deux types selon l'infrastructure : les réseaux avec infrastructure et les réseaux sans infrastructure.

**Avec infrastructure (cellulaire) :**

Dans le mode avec infrastructure, toutes les communications entre les stations mobiles ou entre les stations et le réseau extérieur passent à travers un point d'accès (AP : Access Point) ou station de Base (BS : Base station), les stations de base peuvent être reliées généralement par une liaison filaire mais peut être aussi sans fil, ces dernières assure la connexion entre les nœuds qui se trouve dans leurs zones de couverture appelé BSS (Basic Service Set). Les points d'accès peuvent être reliés ensemble par un système de distribution (DS) pour permettre l'extension de la couverture du réseau. [10]

**Sans infrastructure (Ad Hoc) :**

Les réseaux sans infrastructure appelé aussi ad hoc, les nœuds sont mobiles et se communique directement sans faire appel à un point d'accès, dans ce type de réseau les nœuds s'organisent automatiquement et réagissent rapidement aux différents mouvements pouvant intervenir des nœuds mobiles. Chaque nœud dans le réseau ad hoc peut jouer le rôle d'un routeur afin d'acheminer les messages d'une source à une destination. [1]

## 1.4 Les réseaux mobiles ad hoc (Manet) :

### 1.4.1 Définition

Un réseau mobile ad hoc, appelé généralement Manet (Mobile ad hoc network) constitué d'un ensemble d'unités mobiles reliés entre eux par des connexions sans fil via un médium radio et qui ne requiert ni infrastructure fixe ni administration centralisée. Dans le réseau Manet chaque nœud peut jouer le rôle d'une station et le rôle d'un routeur, les nœuds dans ce type de réseau peuvent déplacer librement à tous moments ce qui rend la topologie du réseau dynamique, et les nœuds s'organisent automatiquement et réagissent rapidement aux différents mouvements comme le changement de topologie.

Dans un réseau Ad hoc, un terminal peut communiquer directement avec les terminaux à sa portée (ses voisins). Lorsque une machine veut communiquer avec une autre se trouvant hors de sa portée, chaque nœud actif du réseau sert de routeur pour ses voisins.

### 1.4.2 Historique et évolution des réseaux ad hoc :

Historiquement, le concept de réseaux ad hoc été développés initialement pour des besoins militaires comme un outils de communication, les premiers travaux ont commencé depuis les années 60 dans le cadre du projet DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). La DARPA continua à travailler sur cette problématique au cours des années 80 pour répondre aux besoins militaires en matière de réseaux mobiles sans fil. Le but était de développer des réseaux robustes avec une infrastructure qui continue de travailler en cas de pannes ou d'attaques. Dans de tell situation ce n'est pas possible de faire appel à un réseaux avec infrastructure puisque vu la nécessité d'installer des points d'accès au préalable chose qui est difficile dans des situations de danger (un champ de bataille, opération de sauvetage etc..) en plus de l'influence de la panne de ces points d'accès d'où vient l'idée de développer un autre type de réseaux qui repose sur un mode de fonctionnement plus robuste.

Dès 1990, les ordinateurs portables ont été équipés de cartes sans fil et de ports infrarouges qui permettaient la communication directe et sans intermédiaire entre les ordinateurs portables. Ainsi, la technologie de PRNet était devenue accessible au grand public avec de réelles applications civiles. L'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) adoptait alors le terme 'réseaux Ad-Hoc' pour le standard IEEE 802.11 des réseaux locaux sans fil. Avec l'importance que prenaient les réseaux sans-fil, en 1994, le DARPA sponsorisait les programmes GloMo (Global Mobile Information Systems) et NTDR (Near-term Digital Radio). Ces programmes avaient pour but le développement des réseaux Ad hoc sans fil qui offraient un environnement de communication multimédia n'importe quand et n'importe où.

(Leiner, Ruther et Sastry, 1996). Le NTDR est encore utilisé actuellement par l'armée américaine. Un certain nombre de standards ont suivi ce développement des réseaux Ad-Hoc. C'est ainsi que le groupe de travail MANET a été fondé au sein de l'IETF (The Internet Engineering Task Force). Ce groupe avait pour but d'essayer de standardiser les protocoles de routage dans les réseaux ad hoc. [1]

### 1.4.3 Caractéristiques des réseaux Ad Hoc

Les réseaux sans fil ad hoc se caractérisent par plusieurs caractéristiques parmi eux :[7]

#### **La transmission sans fil :**

Afin d'acheminer les données dans un réseau et les faire circuler entre les nœuds, un support physique appelé généralement le médium doit être utilisé sous une de ses formes, soit de nature filaire en utilisant des matières tel que le cuivre et plus récemment la fibre optique. Soit de nature sans fil comme le cas de réseau ad hoc tout en utilisant une de la technologie infrarouge ou bien radio cité précédemment.

#### **Absence d'infrastructure :**

Les réseaux ad hoc ce caractérise par l'absence d'une administration centralisé, tous les nœuds travaillent dans un environnement pair à pair totalement distribué, ce qui leur permet de se déplacer librement. Les nœuds agissent en tant que routeurs et sont responsable d'établir et de maintenir la connectivité du réseau d'une manière continue.

#### **Topologie dynamique :**

Une particularité très importante qui distingue les réseaux mobiles Ad hoc des réseaux filaires est la mobilité de ses nœuds, Les nœuds se déplace d'une façon libre et arbitraire ce qui provoque des changements fréquents dans la topologie du réseau à des instants imprévisible, d'une manière rapide et aléatoire. Ces modifications doivent être prises en compte par le protocole de routage.

#### **Contraintes d'énergie :**

Les hôtes mobiles sont alimentés par des sources d'énergie autonomes comme les batteries ou les autres sources consommables. Le paramètre d'énergie doit être pris en considération dans tout contrôle fait par le système.

#### **Bande passante limitée :**

Une des caractéristiques fondamentales des réseaux sans fil est le partage de médium de communication ce qui rend la bande passante réservée à un hôte mobile soit modeste.

**Sécurité physique limitée :**

Les réseaux mobiles Ad hoc sont considérés comme étant très fragiles en matière d'attaques en tout genre. Lorsqu'une station émet des données, toute unité équipée d'un dispositif d'écoute a la possibilité d'intercepter ces données. Les pirates informatiques peuvent donc intercepter les données d'une manière directe en utilisant des antennes pirates.

**1.4.4 Applications des réseaux ad hoc :**

D'une façon générale, les MANET sont utilisés dans toutes applications où le déploiement d'une infrastructure réseau filaire est trop contraignant. Les applications dédiées aux MANET couvrent un très large spectre. Une liste des applications est donnée ci-dessous : [12]

**Les environnements militaires :**

Le domaine militaire est parmi les premiers domaines qui ont utilisé les réseaux ad hoc ou les nœud mobiles peuvent être des soldats, des chars, des avions ou des hélicoptères. Ces nœuds peuvent être soit mobiles sur un champ de bataille, soit sous la forme des capteurs implémentés dans des zones dangereuses. Les applications militaires utilisé dans le but de surveiller le déplacement de l'ennemi dans un espace géographique donné, ou de récolter des données dans une zone dangereuse où l'envoi d'êtres humains serait risqué.

**L'usage personnel :**

Un réseau ad hoc peut être utilisé facilement avec de faible coût pour le partage d'informations entre applications personnels des équipements mobiles et des objets domestiques tels que smartphones, laptops, imprimantes, etc. Les MANET sont déployés aussi pour contribuer au confort domestique en transformant les logements personnels en environnements intelligents (domotique) qui s'adaptent automatiquement au comportement des utilisateurs et évitent le câblage à la maison.

**Les interventions d'urgence :**

Opérations de recherche, de secourisme et de sauvetage en urgence durant les catastrophes naturelles comme lors du tremblement de terre, de feux de forêts ou d'habitation,

d'inondation dans le but de remplacer rapidement l'infrastructure détruite. Le déploiement d'un réseau ad hoc est indispensable pour permettre aux unités de secours de communiquer.

### Applications commerciales :

Les applications commerciales utilisés pour un paiement électronique distant (taxi, boutiques) ou pour un accès Internet mobile, etc. les véhicules communicants Vanet (Véhicule Ad hoc Networks) présente un exemple de ce type.

### Réseaux de capteurs :

Les réseaux de capteur (Wireless Sensor Networks) sont exploités pour des applications environnementales (météo, activité terrestre, suivi animale, etc.). Leur usage permet l'analyse et la gestion de phénomènes complexes sur une longue période de temps et sur une large zone géographique tel que : la température, l'humidité, la pression, le bruit, etc.

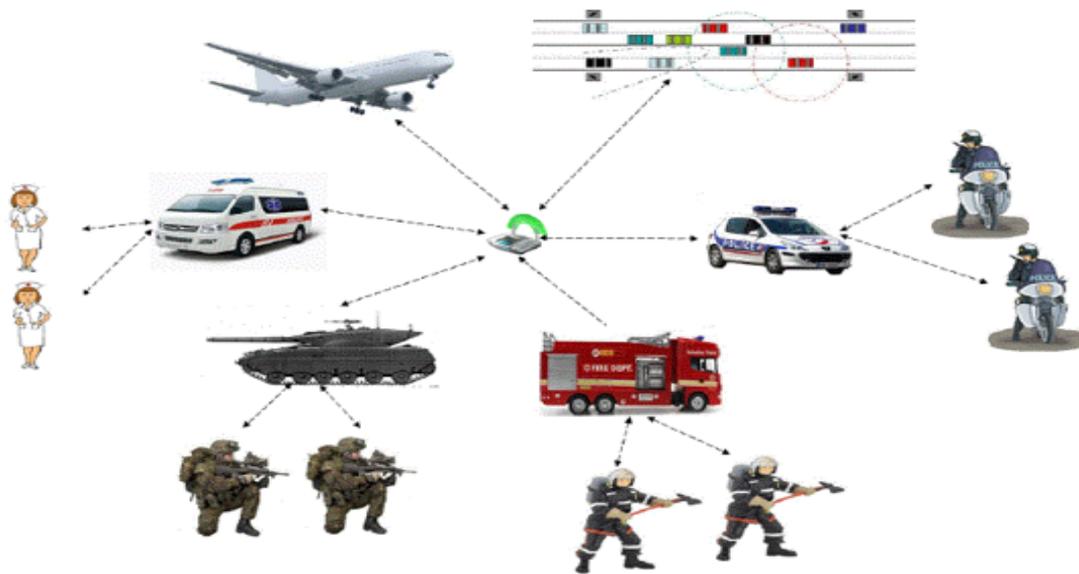


FIGURE 1.2 – Exemples d'applications Réseaux ad hoc

### 1.4.5 Mode de communication dans les réseaux ad hoc :

Avant de parler des protocoles de routage proprement dit, nous allons rappeler quels sont les principaux modes de communication dans les réseaux ad hoc suivant :

- Le mode unicast ou point à point : dans ce cas une source communique avec une seule destination.
- Le mode multicast ou multipoint : ou une station source peut communiquer avec plusieurs destinations à la fois.
- Le mode Broadcast : ou diffusion dans lequel un message est transmis à l'ensemble des nœuds du réseau. [7]

## 1.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les réseaux sans fil ainsi que les réseaux mobiles Ad Hoc, nous avons signalé également leurs caractéristiques, leurs applications ainsi que les modes de communication.

Dans le chapitre suivant nous présenterons le routage et la classification des protocoles de routage dans les réseaux mobile Ad Hoc, puis nous allons étudier en détailles protocoles de routage AODV et OLSR afin de dégager la différence théorique entre eux.

# Etude détaillée des protocoles OLSR et AODV :

## 2.1 Introduction

Le réseau Ad hoc est un réseau sans infrastructure fixe, où les nœuds s'organisent automatiquement et réagir rapidement aux différents mouvements.

Plusieurs protocoles de routage ont été conçu dans le but de trouver et de maintenir le chemin optimal pour une communication quelconque.

Dans ce chapitre on va étudier en détaille deux protocoles de routages de deux classes différente (le protocole AODV et OLSR), nous avons divisé ce chapitre en quatre parties : en premier lieu citer quelque définitions nécessaires pour comprendre le routage et les protocoles de routage, puis décortiquer le protocole réactif AODV, décortiquer le protocole proactif OLSR et en concluront par une comparaison théorique des deux protocoles.

## 2.2 Le routage :

### 2.2.1 Définition :

Le routage est la tâche principale assurée dans un réseau de communication, que ce soit de type filaire ou sans fil, infrastructure ou sans infrastructure.

Le routage est le mécanisme par lequel un chemin est déterminer pour acheminer des informations depuis un nœud émetteur vers un ou plusieurs nœuds destinataires.

Le routage consiste à assurer l'échange des messages à n'importe quel moment et établir des routes correctes et efficaces vers la bonne destination.

Dans le cas des réseaux Ad hoc, les nœuds doivent s'organiser automatiquement et réagir rapidement aux différents mouvements, et chaque nœud participe dans le routage.[1]

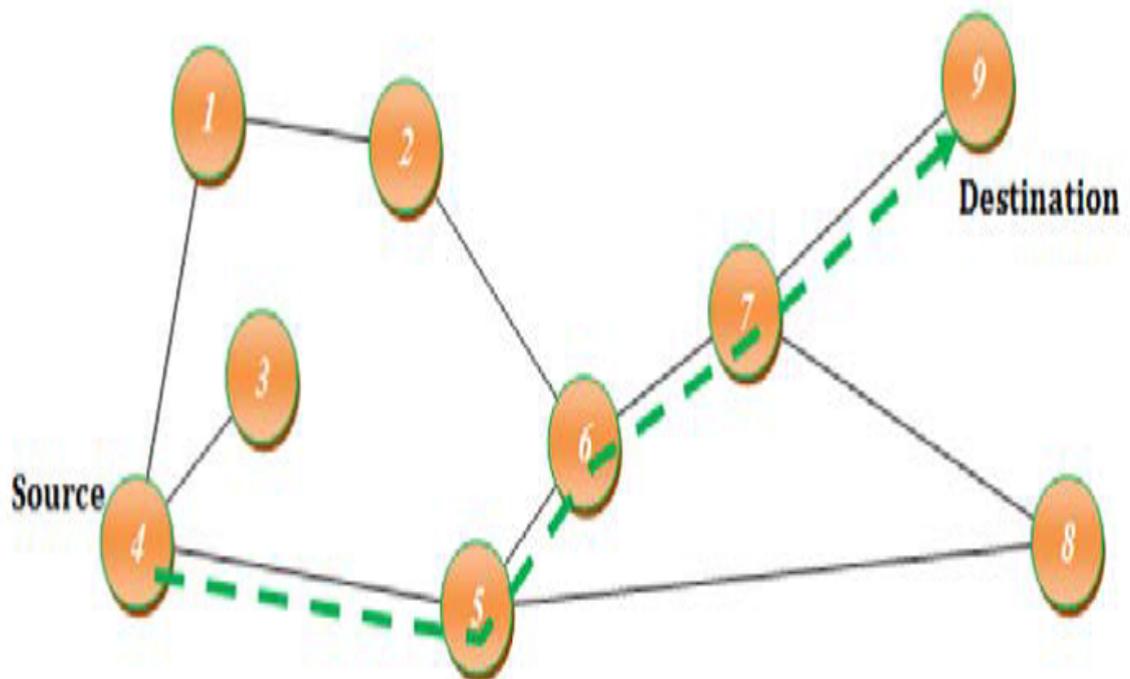


FIGURE 2.1 – Le chemin utilisé dans le routage

### 2.2.2 Définition de protocole de routage :

Un protocole de routage est une politique de sélection de route entre deux nœuds sur un réseau informatique pour se communiquer entre eux.

Un protocole de routage se fonctionne en trois étapes : la découverte des nœuds voisins ; le calcul de la métrique et le calcul des itinéraires optimaux. [2]

Pour que l'échange de l'information dans les réseaux soit facile et pour que les messages échangés sont compréhensible pour le calcul du chemin, les algorithmes de routages doit être couplés à un protocole de routage.

Les algorithmes de routage sont utilisés pour la constitution des tables de routages, et le calcul des chemins optimaux. [3]

L'objectif principale d'un protocole de routage est de trouver et de maintenir le chemin optimal qui est défini en plusieurs points : le chemin qui consomme le minimum de ressources (bande passante, mémoire, processeur, énergie), le chemin qui utilise le minimum de sauts, le chemin qui assure la meilleur qualité de service, le plus court et le plus sûr.[2]

### **2.2.3 Classification des protocoles de routage dans les réseaux ad hoc :**

Dans les réseaux Ad hoc, les protocoles de routage peuvent être séparés en trois catégories selon la manière de création et de maintenance de routes lors de l'acheminement des données :

#### **Protocoles proactifs :**

Les protocoles de routage proactifs, appelés aussi protocoles piloté par table, sont basé sur deux principales méthodes : la méthode état de lien « Link State » et la méthode du vecteur de distance « Distance Vector », ces deux méthodes essaient de maintenir les meilleurs chemins existants vers toutes les destinations possibles au niveau de chaque nœuds de réseau. [2]

Le principe de cette catégorie est que les routes sont préparées à l'avance et sauvegarder même si ne sont pas utilisé. [2] Les protocoles basés sur ce principe sont : DSDV, WRP, LSR, TBRPF, GSR, HSR, CGSR, DREAM, FSR et OLSR. [4]

L'avantage de ce type de routage est qu'il est adapté aux réseaux de taille moyenne et à forte mobilité, son inconvénient est limitation de la capacité d'échange. [4]

**Protocoles réactifs :**

Les protocoles de routage réactifs, appelés aussi protocoles de routage à la demande, ont été conçus pour minimiser la charge de contrôle des protocoles de routage proactifs et aussi pour éviter les inondations qui consomment beaucoup de ressources. [7]

Le principe de cette catégorie est de lancer le processus de découverte et maintenance de routes uniquement au besoin lorsqu'un nœud demande de relayer ses données vers une destination quelconque. [4]

Les protocoles basés sur ce principe sont : CBRP, DSR, TORA, ABR, LAR, RDMAR, EARP, CEDAR et AODV. [4]

L'avantage de ce type de routage est qu'il permet une meilleure adaptabilité aux grands réseaux, et son inconvénient est qu'il possède un temps de réponse élevé que les protocoles proactifs. [4]

**Protocoles hybride :**

Les protocoles de routage hybrides combinent les fonctionnalités des protocoles de routage réactifs et proactifs, dans ce type de routage le réseau est décomposé en un ensemble de zones.

Son principe est l'utilisation du routage proactif à l'intérieur des zones alors des petites distances et le routage réactif entre les zones alors les longues distances. [7]

Le routage hybride est bien adapté aux réseaux à grande échelle, puisqu'il cumule les avantages des deux techniques (réactif et proactif) et limite leurs inconvénients.

Les protocoles basés sur ce principe sont ZRP et CBRP, ZHLS. [1]

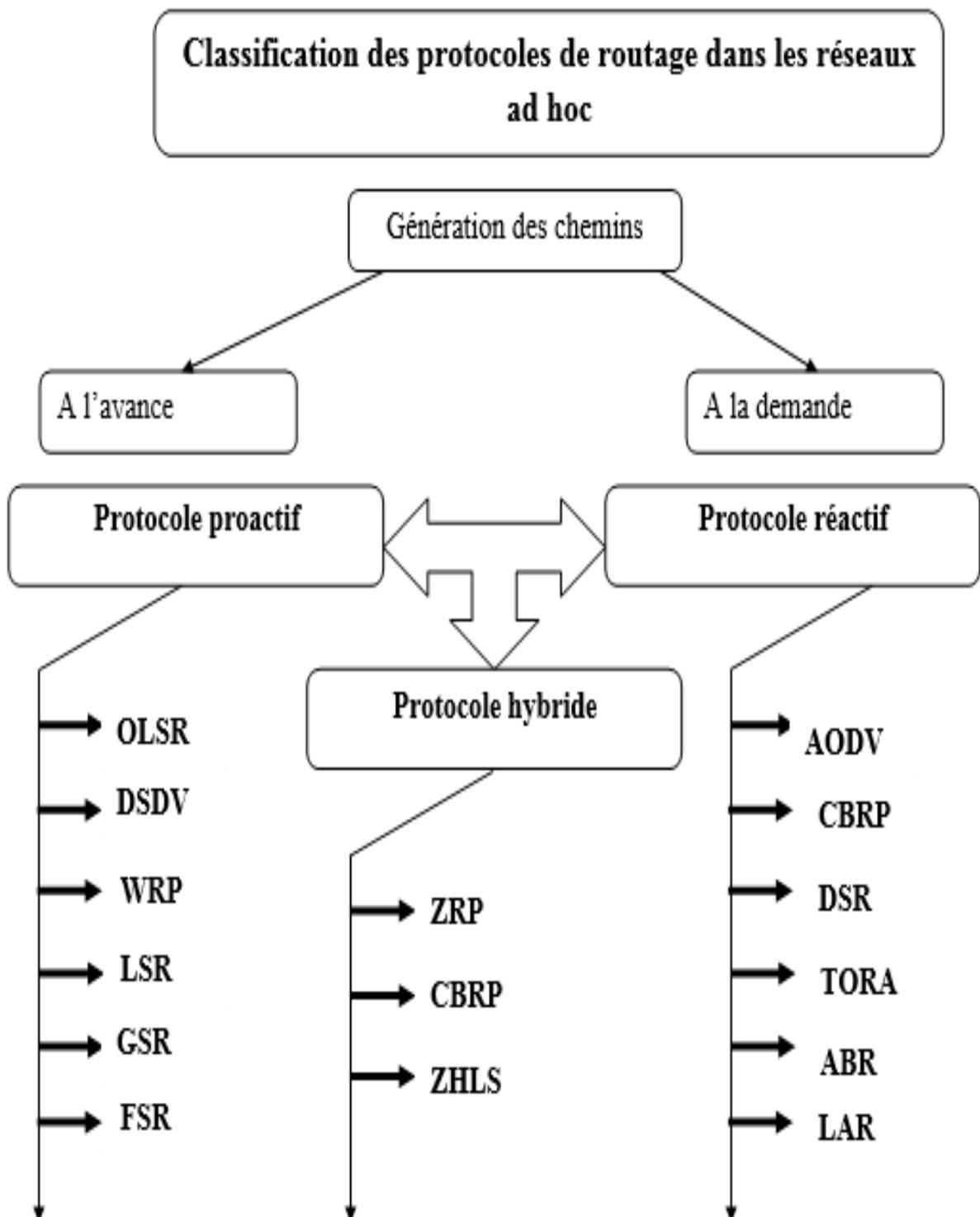


FIGURE 2.2 – classification des protocoles de routage dans les réseaux ad hoc

### 2.2.4 Contraintes de routage dans les réseaux Ad hoc :

Pour assurer la connectivité du réseau, malgré l'absence d'infrastructure fixe et la mobilité des stations, chaque nœud doit participer au routage et la retransmission des paquets d'un nœud dans le cas où le nœud de destination n'est pas dans sa portée de communication, donc chaque nœud joue le rôle de station et de routeur.

Le problème majeur de routage qui se pose dans un réseau ad hoc est l'adaptation de la méthode d'acheminement utilisée avec le grand nombre d'unités existant dans un environnement caractérisé par des ressources limitées.[7]

Pour qu'un protocole de routage assure un routage optimal, il est important de prendre en considération les problèmes de routage et minimiser leurs risques à savoir :

- **La bande passante limitée** : à cause de la technologie radio utilisée pour établir les liens sans fil. Cette contrainte exige la minimisation de trafic de signalisation overhead nécessaire pour l'établissement et la maintenance de route.
- **La nature des liens** : un lien peut être unidirectionnel ou bidirectionnel à cause de la différence de portée entre les différents nœuds.
- **La topologie dynamique du réseau** : à cause de la mobilité des nœuds qui peut rendre les routes invalides lors de la transmission des données. Cette contrainte exige la minimisation des échecs de transmission par un mécanisme de maintenance des routes.
- **Les ressources matérielles limitées des nœuds du réseau** : des modestes capacités de calcul et de sauvegarde. Cette contrainte exige que les algorithmes de calcul et la mise à jour des routes soient optimaux en termes de calcul et de capacité mémoire.
- **L'absence d'infrastructure centralisée** : Cette contrainte impose que chaque nœud peut jouer le rôle d'un routeur et fait appeler à des mécanismes de routage distribué.[1]

## 2.3 Le protocole de routage AODV (Ad hoc On demand Distance Vector) :

### 2.3.1 Présentation :

Un des protocoles les plus connus dans la catégorie des protocoles réactifs est le protocole AODV qui est basé sur le principe des vecteurs de distances, capable à la fois de routage unicast et multicast.[4]

AODV est un descendant du protocole proactif DSDV et représente essentiellement une amélioration à ce dernier, il détient son routage sauts par sauts, ses numéros de séquences ainsi que la diffusion des mise à jours des tables de routage.[4]

AODV emprunte des fonctionnalités de découverte et de maintenance de route du protocole réactif DSR.[3]

### 2.3.2 Les messages de contrôle :

Le protocole AODV fonctionne à partir trois types de messages de contrôles suivants :

- RREQ (Route Request) : message de demande de route.
- RREP (Route Reply) : message de réponse à un RREQ.
- RERR (Route Error) : message d'erreur de route. [5]

#### Message de demande de route RREQ :

Il est sous la forme suivante : Un message RREQ contient les champs suivants :

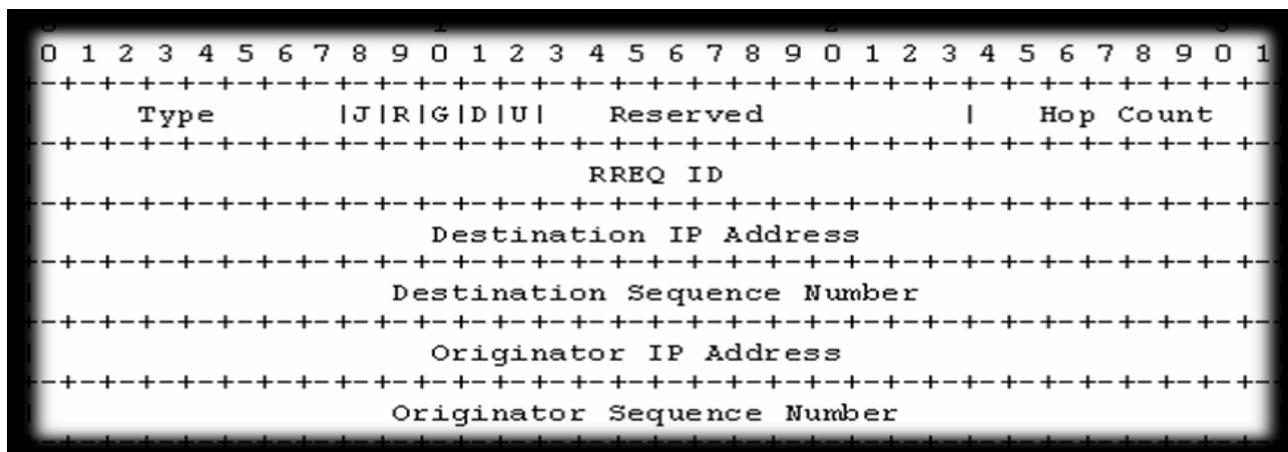


FIGURE 2.3 – Format du message RREQ

- **J (Join flag) et R (Repair flag)** : sont réservés pour le multicast.
- **G (Gratuitous RREP flag)** : indique que RREP devrait être unicast au nœud spécifique dans le domaine d'IP adresse de destination.
- **D (Destination only flag)** : ce drapeau indique si c'est la destination qui doit répondre à la requête ou non. U (Unknownsequencenumber) : Numéro de séquence de la destination est inconnu.
- **Reserved** : envoyé en tant que 0 ignoré à la réception.
- **Hop count** : le nombre de saut de source vers la destination.
- **RREQ ID** : il identifie la requête parmi les requêtes envoyées par la même source.
- **Destination IP Address** : L'adresse IP de la destination pour laquelle une route est désiré.
- **Destination Sequence Number** : Le dernier numéro de séquence reçu.
- **Originator IP Address** : L'adresse IP de la source de la requête.
- **Originator Sequence Number** : le numéro de séquence courant de la source contenue dans la table de routage de ce nœud s.[14]

### Message de réponse RREP :

Il est sous la forme suivante : Un message RREP contient les champs suivants :

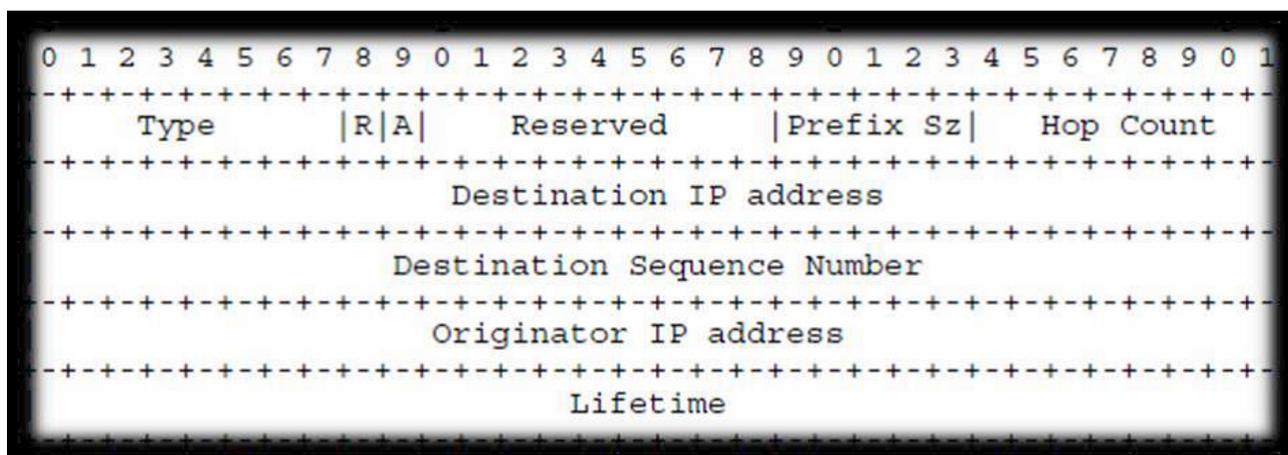


FIGURE 2.4 – Format du message RREP

- **R (Repair flag)** : réservé pour le multicast.
- **A (Acknowledgmentrequired)** : indique si la source doit envoyer un acquittement pour les messages RREP.
- **Reserved** : envoyé en tant que 0 ignoré à la réception du message.

- **Prefix Size** : S'il est non nul la taille de préfixe de 5 bits indique que le prochain saut peut être utilisé pour tous les nœuds.
- **Hop count** : le nombre de saut entre la source et la destination.
- **Lifetime** : le temps en millisecondes pour lequel les nœuds reçoivent le RREP et on considère que la route est valide.[14]

### Message d'erreur de route RERR :

Un message d'erreur de route est sous la forme suivante :

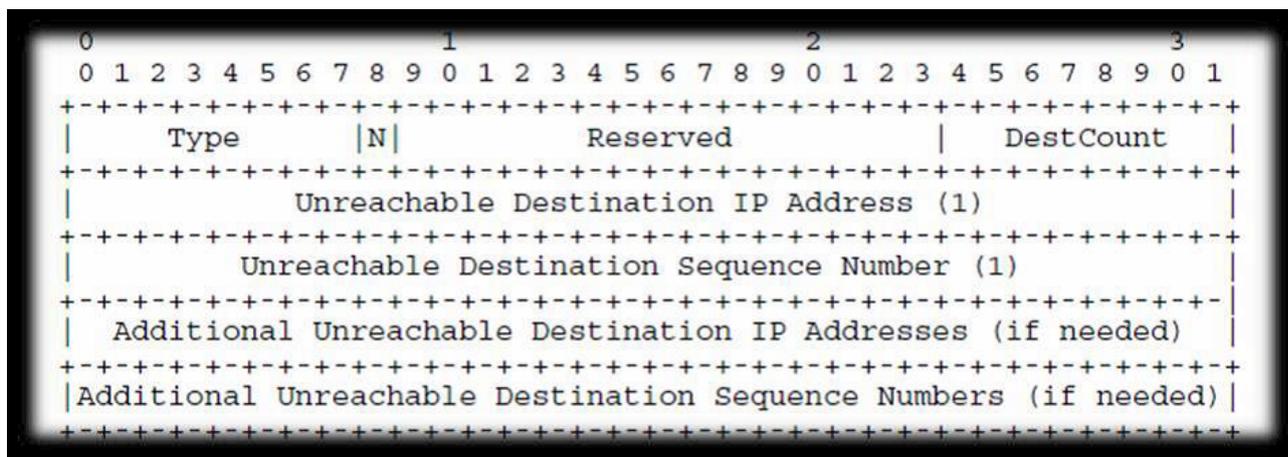


FIGURE 2.5 – Format du message RERR

Un message RERR contient les champs suivants :

- **N (No delete flag)** : il est défini lorsqu'un nœud est capable de réparer un lien.
- **DestCount** : Le nombre de destinations inaccessibles inclus dans le message doit être supérieur ou égal à un.
- **Unreachable Destination IP Address** : L'adresse IP de destinations inaccessibles pour la raison d'une rupture de lien.
- **Unreachable Destination Sequence Number** : Le nombre de séquence de la liste des destinations inaccessibles.

Le message RERR est envoyé en cas où les destinations deviennent inaccessibles à cause d'une rupture de lien entre les nœuds des voisins.[14]

En plus de ces messages de contrôle, l'AODV utilise des paquets de contrôle HELLO qui permettent la connectivité des routes.

### 2.3.3 Le principe de numéro de séquence :

A cause de la mobilité des nœuds dans le réseau ad hoc, les routes changent fréquemment ce qui fait que les routes maintenues par certains nœuds, deviennent invalides. [7]

L'AODV utilise les principes de numéro de séquence afin d'éviter le problème des boucles infinie et des transmissions inutiles de messages sur le réseau, en plus il permet de maintenir la consistance des informations de routage. [6]

Les numéros de séquence permettent d'utiliser les routes les plus nouvelles ou autrement dit les plus fraîches (fresh routes), un nœud les mis à jour chaque fois qu'une nouvelle information provenant d'un message RREQ, RREP ou RERR, il incrémente son propre numéro de séquence dans les cas suivants :[6]

- Le nœud est lui-même le nœud destinataire et offre une nouvelle route pour l'atteindre.
- Le nœud reçoit un message qui contient des nouvelles informations sur le numéro de séquence d'un nœud destination.
- Le chemin vers une destination n'est plus valide.

### 2.3.4 Fonctionnement du protocole :

Le fonctionnement du protocole AODV est basé sur deux phases, la première est la découverte de route et la deuxième est la maintenance de route par la manière suivante :

#### Découverte de route :

Quand un nœud source S veut atteindre la destination D pour laquelle il ne possède pas de route, AODV diffuse dans le réseau une requête de demande de route RREQ qui contient le numéro de séquence de la destination D et le numéro de séquence de la source S.

Le RREQ sera propagé jusqu'à ce que le paquet atteigne un nœud qui possède une route vers cette destination, il renvoi une réponse par la requête RREP qui contient le nombre de sauts et le numéro de séquence pour D. Et si le RREQ ne reçoit pas de réponse pendant une période de temps appelé RREP-WAIT-TIME, il diffuse encore une fois la

requête RREQ un certain nombre de fois appelé RREQ-RETRIES, et si ne reçoit pas de réponse une erreur est signalé.[7]

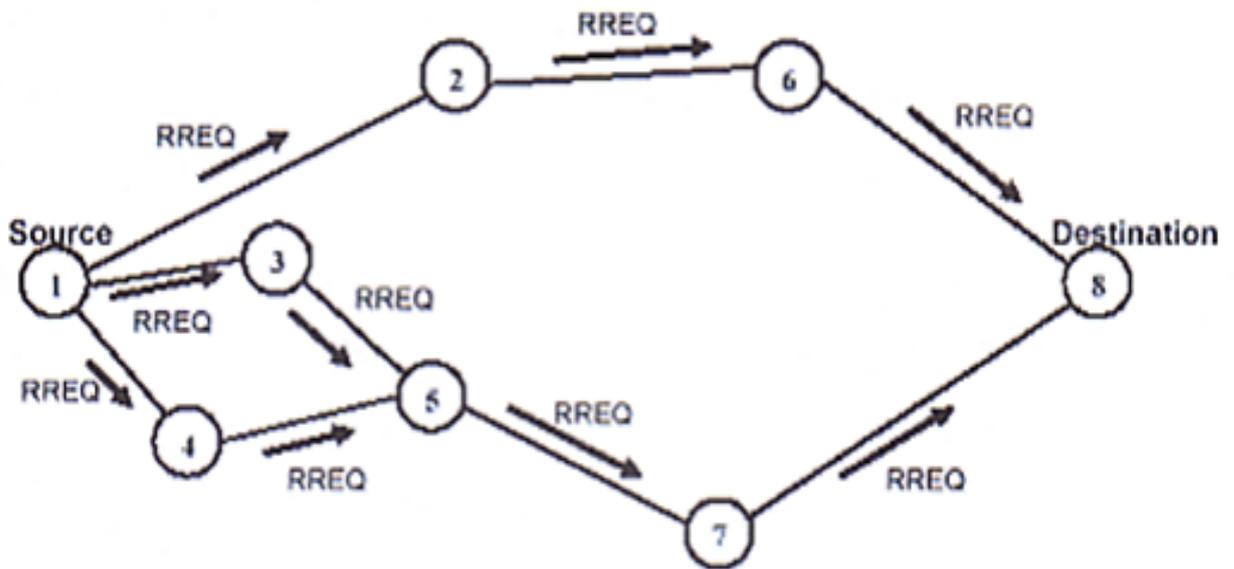


FIGURE 2.6 – la requête RREQ [2]

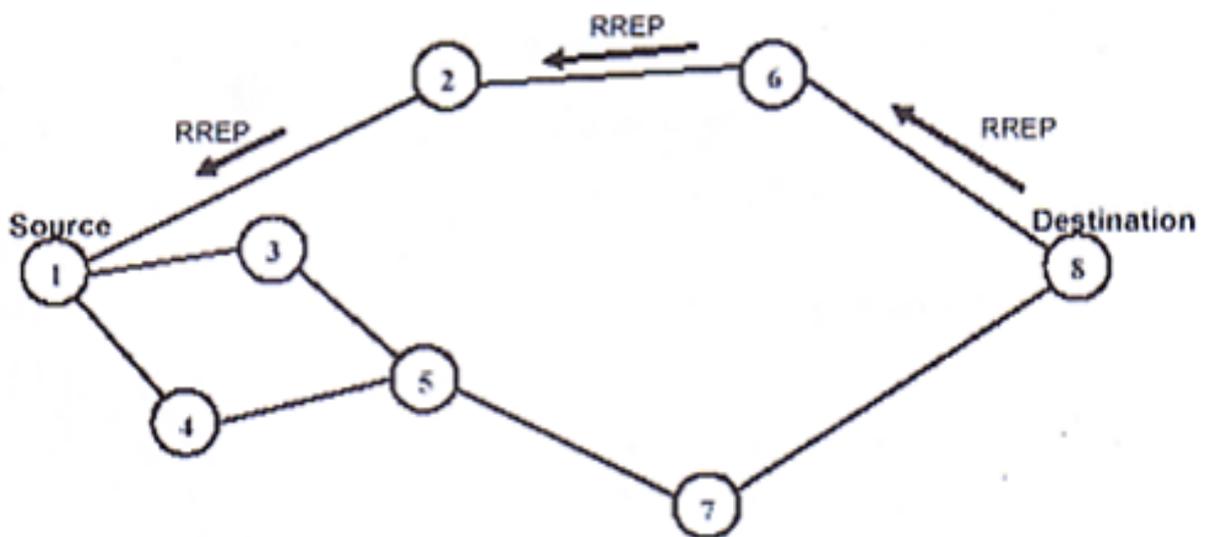


FIGURE 2.7 – la requête RREP [2]

### Maintenance de route :

AODV maintient les routes aussi longtemps tant que sont active, on dit qu'une route est active si des paquets de données transitent périodiquement de la source à la destination selon ce chemin.[6]

Chaque nœud dans AODV met à jour la liste de ces voisins périodiquement, un nœud transmet un message HELLO, si un nœud ne reçoit pas d'un voisin pendant un lap de temps trois message HELLO consécutifs le lien avec ce dernier est considéré invalide. Alors les nœuds utilisant ce lien invalide sont prévenus par un message d'erreur RERR. [6]

La figure ci-dessus présente la coupure d'un lien entre deux nœuds et l'envoi du RERR dans AODV. [7]

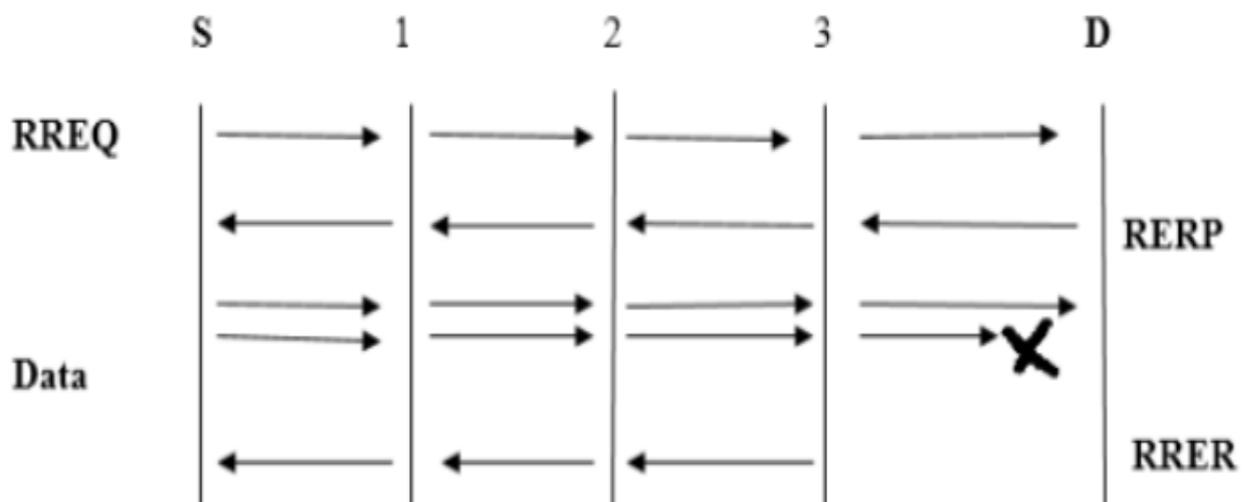


FIGURE 2.8 – la coupure d'un lien entre deux nœuds et l'envoi du RERR [7]

### 2.3.5 Avantages et inconvénients du protocole AODV :

- Le protocole de routage AODV est le protocole le plus populaire des protocoles réactif.
- Utilisation de numéro de séquence pour éviter les boucles infini et pour la mise à jour des tables de routage.

- Existence de l'adresse IP du nœud origine dans chaque nœud permet de garder trace à celui-ci.
- L'inconvénient d'AODV est qu'il n'existe pas de format générique des messages, chaque message à son propre format : RREQ, RREP, RERR.
- AODV n'assure pas la maintenance des nœuds lorsqu'un nœud tombe en panne ou change de position.

## 2.4 Le protocole de routage OLSR (Optimized Link State Routing ) :

### 2.4.1 Présentation :

Le protocole Optimised Link State Routing (OLSR) a été standardisé en 2003 [RFC 3626] est un protocole proactif à état de lien (Link state), il apporte une adaptation et une optimisation sur ce principe (Link State) pour atteindre de meilleurs performances dans un contexte Ad Hoc.[6]

Dans le routage à état de lien, chaque nœud vérifie l'état des liens avec ces voisins et calcule le coût de ces liens ainsi qu'il diffuse un paquet qui contient ces informations (état et coût des liens) à tout le réseau. Cela permet à chaque nœud d'avoir une vision générale sur la topologie du réseau. [3]

Par contre l'amélioration apportés a ce routage par le protocole OLSR est que les nœuds ne vont déclarer qu'une sous partie de leurs voisinage par l'utilisation de relais multipoints MPR (Multipoint Relay) et il permet aussi de réduire la taille et le nombre des paquets échangés. [6]

En plus des messages d'échange de trafic de contrôle Hello et TC, le protocole OLSR propose deux autres types différents de messages : MID (Multiple Interface Declaration) et HNA (Host and Network Association) qui permet l'interopérabilité de l'OLSR avec d'autres domaines de routage (non OLSR) ou la redondance de la topologie du réseau. [1]

### 2.4.2 Le format du paquet OLSR :

Le protocole OLSR définit un format général du paquet illustré dans la figure, ce format est unique pour tout les messages circulant sur le réseau.

Chaque paquet contient un ou plusieurs messages identifiés par un type (Message Type) qui permet d'envoyer plusieurs informations à un nœud dans une seule transmission.

Un nœud peut émis de différents types de messages et les transmettre ensemble selon la taille de MTU (Maximum Transfer Unit), mais aussi ces messages peuvent être traités et retransmis différemment dans chaque nœud.

Quand un nœud reçoit un paquet, il examine les entêtes des messages et en détermine le type selon la valeur du champ (Message Type), il défini la source (l'adresse initiale) par le champ (Originator Adress), et le numéro de séquence de message par le champ (Message Sequence Number MSN) qui nous permet d'éviter le traitement et relayage multiple de même message pour un nœud. [6]

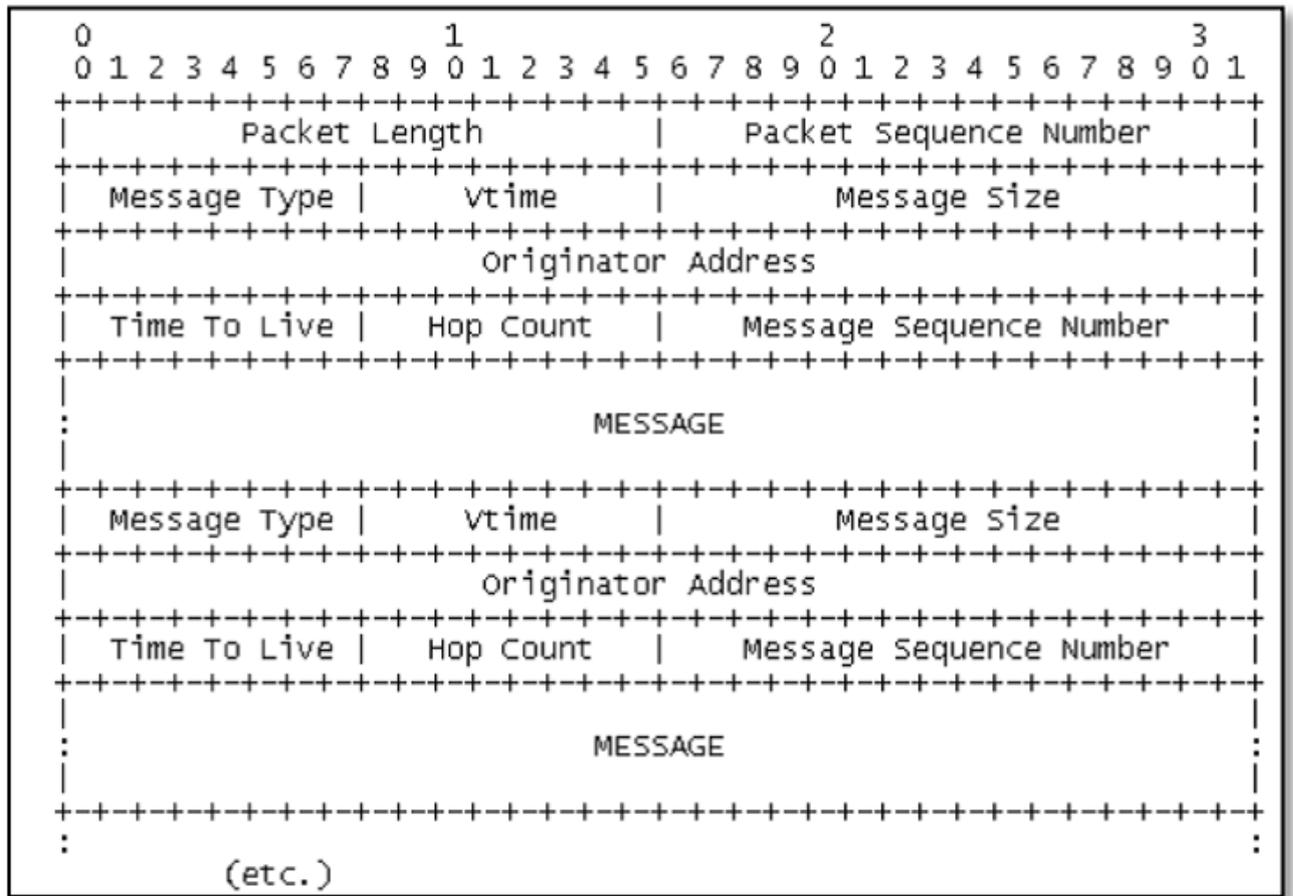


FIGURE 2.9 – Format du paquet OLSR [1]

### 2.4.3 Le principe de relais multipoint (MPR) :

Le principe de relais multipoint permet la réduction des messages de contrôle inutiles lors de l'inondation dans le réseau, la diffusion par relais multipoint se diffère de la diffusion par inondation comme suit :

Chaque nœud N choisit un petit ensemble de nœuds parmi ces voisins direct distants d'un saut de tel sorte à atteindre tous le voisinage à deux sauts (voisins des voisins), ce petit ensemble de nœuds choisit s'appel MPR (N).

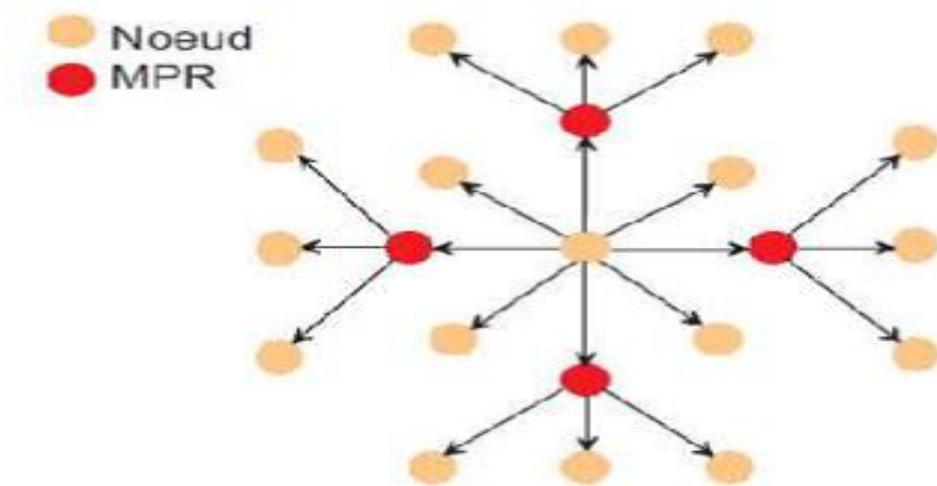


FIGURE 2.10 – le principe des nœuds MPR [13]

Les autres nœuds voisins direct (distant d'un saut) qui n'ont pas été choisis comme MPR ne retransmettront pas les messages reçus, ce qui nous permet un gain en nombre de message transmis.

L'exemple suivant nous démontre ce gain : le nombre de messages dans l'inondation classique est de 54 message, alors que dans le cas des relais multipoint est de 34 messages.

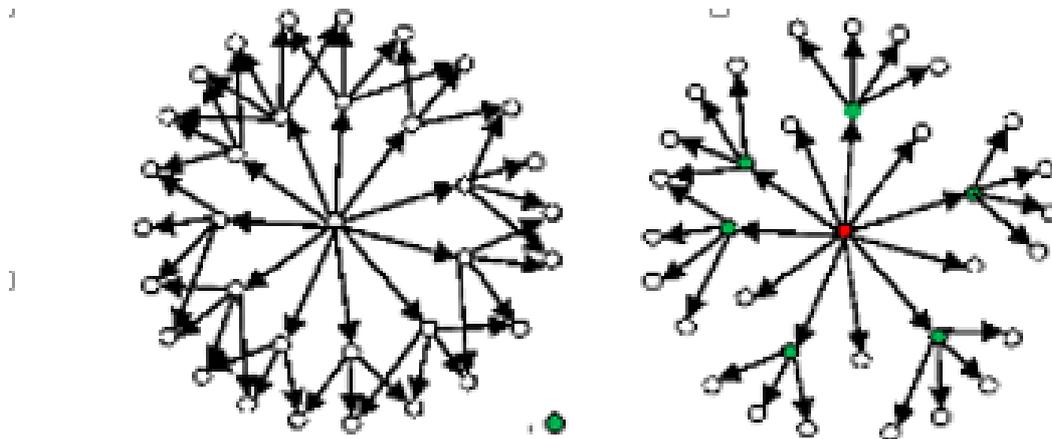


FIGURE 2.11 – transmission par inondation et transmission par MPR [6]

### 2.4.4 Fonctionnement du protocole :

Le fonctionnement du protocole OLSR est basé sur plusieurs étapes : d'abord la détection de voisinage, puis gestion de topologie et enfin le calcul de la route détaillé comme suit :

#### Détection de voisinage :

Le protocole OLSR propose le mécanisme de détection de voisinage par la transmission périodique des messages dits Hello contenant des informations sur le voisinage ainsi que l'état des liens avec chaque nœud, ce message Hello est destiné à l'ensemble de ses voisins directs (à un saut) alors chaque nœud publie la liste de ses voisins, de cette manière, un nœud peut acquérir des informations sur le voisinage à deux sauts. Donc à base de ces informations il choisit ses MPR, après la sélection des MPR, il les déclare dans une partie de message Hello. Ceci permet à un nœud de constituer sa table des voisins ainsi que la liste des voisins qui l'ont choisit comme MPR appelés MPR selector-set. [5]

#### Gestion de topologie :

Parmi les caractéristiques des réseaux ad hoc sa topologie dynamique, les nœuds peuvent se déplacer, connecter et déconnecter à n'importe quel moment, alors il est indispensable de vérifier à chaque fois la topologie du réseau. [6]

Les nœuds MPR assurent le contrôle de la topologie par diffusion périodique des paquets de contrôle spécifique appelés TC (Topology control). Le message TC contient l'adresse de générateur du message, l'adresse du nœud destinataire, le numéro de séquence et la durée de vie du message, il envoie dans ce message MPR selector-set (l'ensemble des nœuds qui l'ont choisit comme MPR) pour aider les autres nœuds de construire leurs table topologique, puis la table de routage. [6]

#### Le calcul de la route :

Le protocole OLSR est conçu pour trouver des routes optimales (nombre de sauts minimal) entre les nœuds du réseau et pour calculer ces routes, il est indispensable d'avoir la table topologique du réseau qui contient (l'adresse de générateur du message, l'adresse du nœud destinataire, le numéro de séquence et la durée de vie du message) et la table de

voisinage qui contient (la liste des voisins et leurs types de liens (symétrique, asymétrique ou MPR)).

Une fois les routes sont trouvées, le nœud construit sa table de routage qui contient : l'adresse de premier saut à suivre, adresse du nœud destinataire, le nombre de sauts qui sépare les deux nœuds. [6]

### 2.4.5 Les changements topologiques :

Avec la topologie dynamique des réseaux ad hoc, chaque changement de topologie provoque automatiquement un changement dans la table de topologie et la table de voisinage se qui déclenche le calcul des routes vers toutes les destinations afin de mettre à jour les tables de routage. [5]

### 2.4.6 Les messages MID (Multiple Interface Declaration) :

Les messages MID sont émis que par un nœud qui a des interfaces OLSR multiple dans le but d'annoncer des informations sur la configuration de ces interfaces au réseau. Un message MID contient des adresses : l'adresse de l'interface est `Lif_addr` et l'adresse principale du nœud émetteur qui est `L_main_addr`. La diffusion des messages MID se fait par les relais multipoints (MPR) afin de minimiser le nombre de messages circulant sur le réseau. [6]

### 2.4.7 Les messages HNA (Host and Network Association) :

Les messages HNA sont émis que par un nœud qui à des interfaces non-MANET multiple dans le but d'assurer une communication entre un réseau OLSR et un réseau non OLSR. Le nœud passerelle émet des messages HNA contenant une liste d'adresses des réseaux associés et de leurs masques réseau (netmasks), donc les nœuds se trouvant dans les réseaux MANET vont construire des tuples pour tous les nœuds passerelles où chaque tuple contient :

- `A_geteway_addr` : adresse principale du nœud passerelle.
- `A_network_addr` : adresse de sous réseau.
- `A_netmask` : adresse de masque réseau.

- A\_time : la durée de tuple. [6]

### 2.4.8 Avantages et inconvénients du protocole OLSR :

- Amélioration de LSR via introduction de MPR. [2]
- La disponibilité des routes lors d'une demande de transmission.
- L'optimisation du processus d'inondation en minimisant le nombre de messages de contrôle transmis sur le réseau par l'utilisation de relais multipoints MPR.
- OLSR gère convenablement la topologie du réseau par la diffusion périodique des messages spécifique TC.
- OLSR permet la communication entre un réseau MANET et un réseau filaire par les messages HNA.
- Problème de sécurité, OLSR est vulnérable à certaines attaques (à cause de l'utilisation des nœuds MPR qui rend le protocole moins sécurisé et aussi la possibilité d'existence des nœuds malveillants dans le réseau. [6])

Le tableau 2-1 suivant rassemble les avantages et les inconvénients des deux protocoles étudiés dans ce chapitre.

Protocoles	Avantages	Inconvénients
AODV	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trafic de contrôle faible</li> <li>- Consommation d'énergie réduite</li> <li>- Adapté aux grands réseaux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temps de réaction élevée</li> <li>- Non adapté aux réseaux à forte mobilité</li> </ul>
OLSR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adapté aux réseaux à forte mobilité</li> <li>- Adapté aux réseaux de taille moyenne</li> <li>- Les routes sont disponible à l'avance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacité d'échange du réseau limitée</li> <li>- Consommation d'énergie plus importante</li> <li>- Vulnérable aux attaques</li> </ul>

TABLE 2.1 – Les avantages et inconvénients d'AODV et OLSR

## 2.5 Comparaison entre les deux protocoles AODV et OLSR :

En parlant d'une comparaison entre les deux protocoles AODV et OLSR, d'abord ils sont de deux types différents, alors ils héritent les caractéristiques de leurs classes et en plus des spécificités de chaque protocole.

De manière générale, ces protocoles présentent des performances différentes selon les caractéristiques du réseau.

Dans le cas d'un réseau très mobile, OLSR est mieux adapté qu'AODV car il gère convenablement la topologie du réseau par la diffusion des messages spécifique TC. En effet la force de OLSR se résume dans la mise à jour continue des tables de routage, à chaque changement de topologie qui provoque automatiquement un changement dans la table de topologie et la table de voisinage ce qui déclenche le calcul des routes vers toutes les destinations.

Le protocole OLSR assure une optimisation du processus d'inondation en minimisant le nombre de messages de contrôle transmis sur le réseau par l'utilisation de relais multipoints MPR. Par contrôle le protocole AODV diffuse un nombre important de message Hello par l'inondation broadcast lors de demande de route RREQ ce qui encombre le réseau. Lors de communication courtes, OLSR à un énorme avantage sur AODV car les routes sont disponibles immédiatement.

Le protocole Les critères	AODV	OLSR
Type	Réactif	Proactif
Trafic de contrôle	Faible	Important
Adaptation	Grand réseaux	Réseaux de taille moyenne
Réseau à forte mobilité	Non adapté	Adapté
Temps de réaction	Elevée	Pas de temps de réaction
Surcharge réseau	Modéré	Minimale
Les routes	Constituer à la demande	Préparer à l'avance
L'enregistrement des routes	Les routes n'ont utilisés sont supprimés	Les routes sont sauvegardées même si ne sont pas utilisé
Nombre de messages diffusé	Important pour tous le réseau	Minimisé par inondation avec MPR
La communication avec d'autres réseaux non adhoc	Non	Oui avec les messages HNA

TABLE 2.2 – Tableau comparatif entre AODV et OLSR.

Le tableau 2-2 présente une comparaison entre les deux protocoles de routage AODV et OLSR selon des critères de comparaison.

## 2.6 Conclusion :

Après avoir abordé dans ce chapitre le fonctionnement et le comportement de chacun des protocoles de routage AODV et OLSR dans les réseaux ad hoc, on a finalisé le chapitre avec une comparaison théorique des deux protocoles, dans le chapitre suivant on va continuer notre comparaison par l'intermédiaire du simulateur de réseau NS et on va faire

une évaluation de performance de chaque protocole afin de dégager la différence pratique selon des critères de performances, ainsi on va comprendre dans quelle utilisation l'un était préférable à l'autre.

# Simulation et évaluation des performances

## 3.1 Introduction :

Dans ce chapitre on compare les performances des protocoles AODV et OLSR et valider l'étude théorique faite dans le chapitre précédent par simulation à l'aide de NS-3.

Ces deux protocoles qui sont les plus avancés sur la voie d'une normalisation, et les plus populaires dans les travaux de recherche, ce qui nous mène à poser la question du choix optimal d'un protocole de routage. Plusieurs articles traitent cette problématique sous différents scénarios, multiple environnement et divers paramètres de simulation.

## 3.2 Les métriques de performances :

Les métriques de mesure de performance sont utilisées pour tester un protocole et mesurer ces performances en fonction de temps de simulation dans le but de le comparer avec d'autre protocole.

### 3.2.1 Taux de livraison des paquets :

Ce paramètre représente le pourcentage de paquets bien livrés à leurs destinations par rapport aux paquets transmis dans le réseau. Le taux de livraison des paquets dit en anglais Packet Delivery Ration (PDR) est calculé à partir du nombre de paquets reçu par le destinataire divisé par le nombre de paquets émis par tous les nœuds émetteurs fois cent.

Cela est traduit mathématiquement par l'équation suivante : [10]

$$PDR = 100 * \frac{(\text{nombre paquets reçu})}{(\text{nombre paquets envoyer})}$$

Le taux de livraison des paquets est un facteur très important pour évaluer les performances d'un protocole de routage dans tous les types de réseaux. [8]

Un taux de livraison des paquets élevé est souhaitable.

### 3.2.2 Délai de bout en bout :

Ce paramètre représente le temps mis par le paquet de données du nœud source au nœud de destination. Le délai de bout en bout comprend tous les retards possibles dans le réseau comme le temps de la découverte des chemins et les retards des retransmissions. Cela est traduit mathématiquement par l'équation suivante : [9]

$$\text{délai} = \frac{\sum(\text{temps reception} - \text{temps envoie})}{\sum(\text{nombre de paquets reçu})}$$

Un délai réduit est souhaitable.

### 3.2.3 Paquet perdu :

Ce paramètre représente le nombre de paquets perdus lors de la transmission des paquets de la source à la destination, les paquets perdus sont dus aux collisions durant les transmissions.

Cela est traduit mathématiquement par l'équation suivante : [8]

$$D = \frac{(\text{nombre paquets envoyes} - \text{nombre paquets recus})}{(\text{nombre de paquets envoyes})}$$

Et pour avoir le pourcentage de paquets perdu on calcul  $D*100$  présentés par la formule suivante :  $u = \frac{D}{(\text{nombre paquets envoyés})} * 100$

$$\text{Taux paquets perdu} = \frac{(\text{nombre paquets envoyes} - \text{nombre paquets recus})}{(\text{nombre de paquets envoyes})} * 100$$

Un taux de paquets perdu faible est souhaitable.

### 3.2.4 Débit :

Ce paramètre représente le ratio de la quantité totale de données (nombre total des paquets reçus) qui atteint un récepteur d'un expéditeur au temps qu'il faut pour que le récepteur reçoive le dernier paquet soit appelé débit. [13]

Il est mesuré par bits / sec ou paquets par unité de temps TIL (TimeIntervalLength), TIL est la longueur de l'intervalle de temps.

Cela est traduit mathématiquement par l'équation suivante : [8]

$$Debit_{moyen} = \sum_{(k=1)}^n \frac{taile\ du\ paquet\ reçu}{temps\ reception - temps\ emission}$$

Un réseau à haut débit est souhaitable.

## 3.3 Les outils utilisés pour la simulation :

### Simulateur réseau NS3 :

NS3 (Network simulator 3) est un logiciel libre de simulation à événements discrets très utilisé dans la recherche académique et dans l'industrie. La version 3.24.1 est entièrement écrite en C++ avec des bindings en Python ce qui permet d'écrire des scripts dans les deux langages de programmation C++ et Python. NS3 est une extension de NS2, il peut être utilisé sur les plates formes Linux/Unix, OS X(Mac) et Windows (via Cygwin ou une machine virtuelle). [9] En effet ce simulateur offre de meilleures performances en termes de rapidité de calcul et en temps de réponse. De plus, il garantit un passage à l'échelle jusqu'à 2000 nœuds. [8] Nous avons choisi de faire notre simulation avec le simulateur de réseau NS 3, les raisons de ce choix sont justifiées par la robustesse de ce simulateur.

Le simulateur installé : NS-3.24.1

Système d'exploitation : Ubuntu 64-bits version Ubuntu 16.04 LTS

Machine virtuelle : VMware® Workstation 15 Player, version 15.5.1 build-150 18445.

## 3.4 Les paramètres utilisés dans les différents scénarios :

Paramètres	Valeur
Protocoles	AODV et OLSR
Temps de simulation	120 s
Nombre de nœuds	50 nœuds
Wifi mode ad hoc	2 Mb/s
Vitesse de nœud	20 m/s
Temps de pause du nœud	0
Couche Mac	802.11B
Couche transport	UDP
Allocation de position	300x1500 m
Modèle de mobilité	Aléatoire typique
Puissance de transmission	7.5 dBm
Le critère simulé	Taux de paquet reçu, Taux de paquet perdu

TABLE 3.1 – Les paramètres de simulation

### 3.5 Interprétation et évaluation des résultats :

Les protocoles que nous avons simulés sont OLSR et AODV. Pour évaluer ces derniers, on revient sur les métriques de performances citées précédemment.

Notre choix est basé sur les deux métriques de performance taux de paquets perdus et taux de paquets livrés. Enfin, on interprète les graphes tracés à partir des résultats collectés lors de la simulation. Une fois que la simulation d'un scénario est achevée, les résultats sont affichés à l'écran.

#### 3.5.1 Taux des paquets perdu et taux des paquets reçu :

La figure montre l'évolution de taux des paquets perdus et le taux des paquets livrés en fonction du temps de la simulation du protocole AODV :

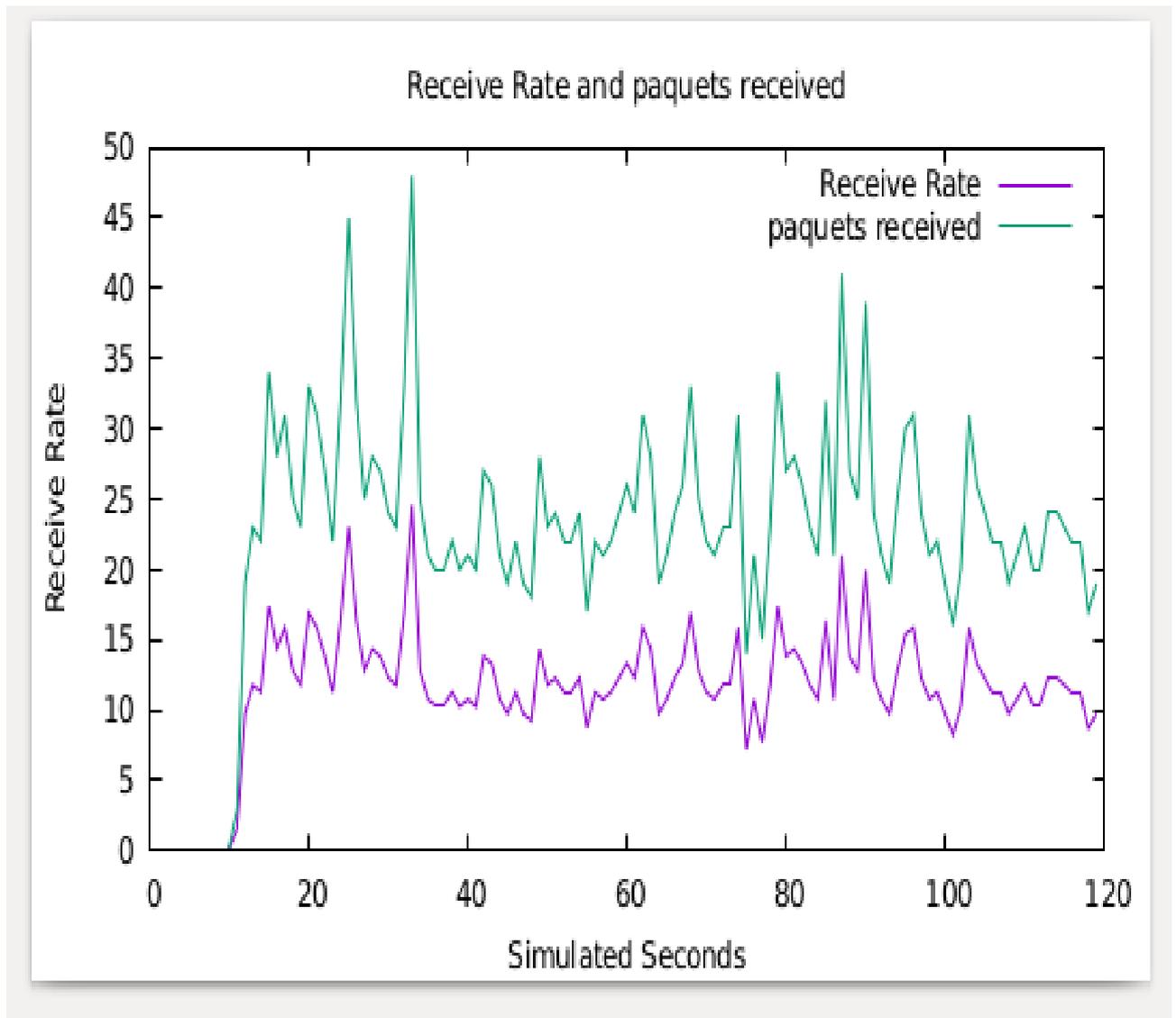


FIGURE 3.1 – l'évaluation de taux des paquets perdu et taux des paquets reçu

La figure montre que le taux des paquets livrés est très élevé par rapport au taux des paquets perdu.

### 3.5.2 Comparaison entre AODV et OLSR en fonction du taux des paquets perdu :

La figure montre l'évolution de taux des paquets perdus en fonction du temps de la simulation des protocole AODV et OLSR :

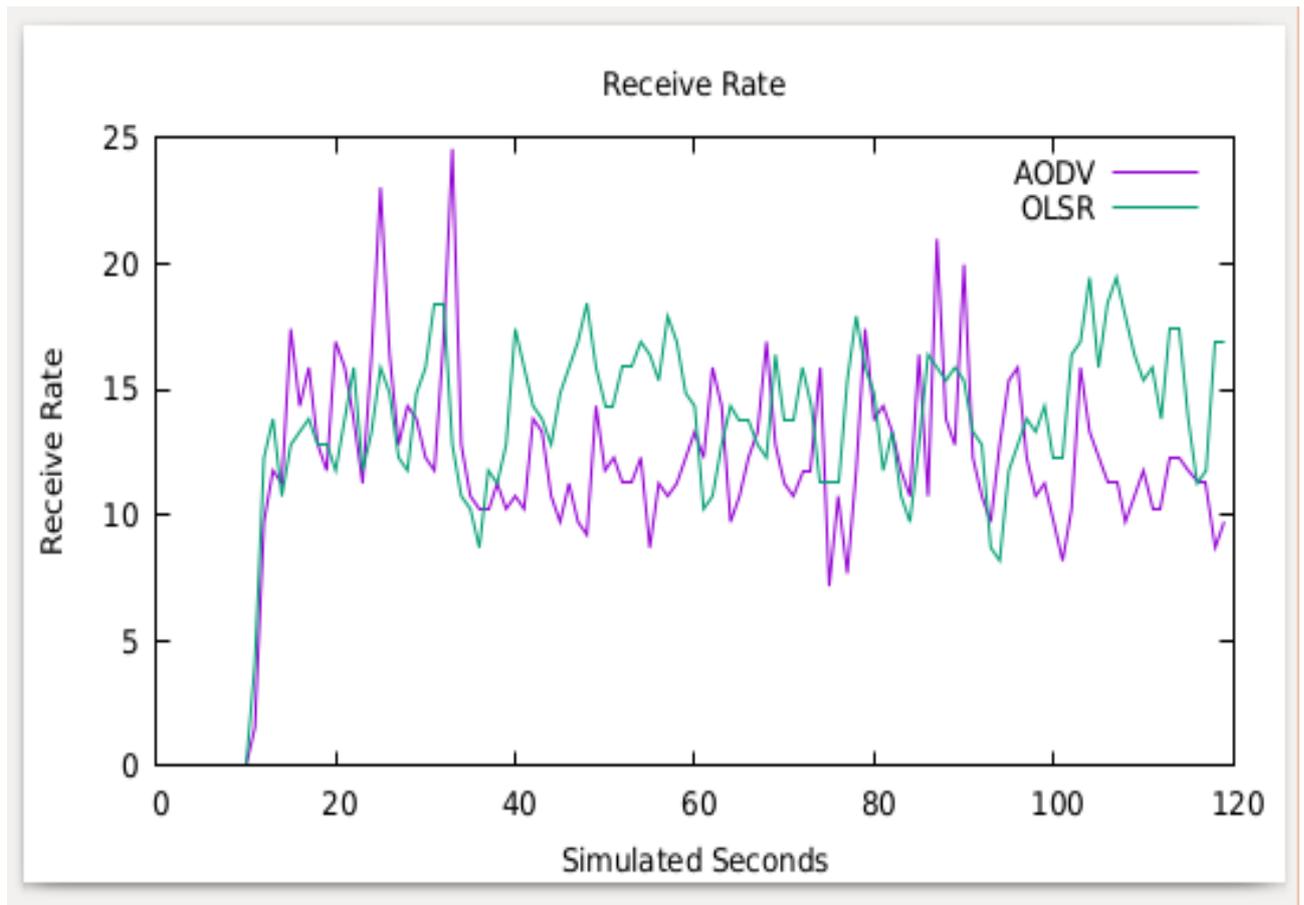


FIGURE 3.2 – l'évaluation de taux des paquets perdu

A partir de la figure, nous remarquons que les pertes de paquets avec le protocole AODV sont plus élevées que celles du protocole OLSR.

AODV perd plus en plus de paquets avec le temps de simulation à cause des chemins qui ne restent plus valides en raison de la mobilité des nœuds.

### 3.5.3 Comparaison entre AODV et OLSR en fonction du taux des paquets livrés :

La figure montre l'évolution de taux des paquets livrés en fonction du temps de la simulation des protocoles AODV et OLSR.

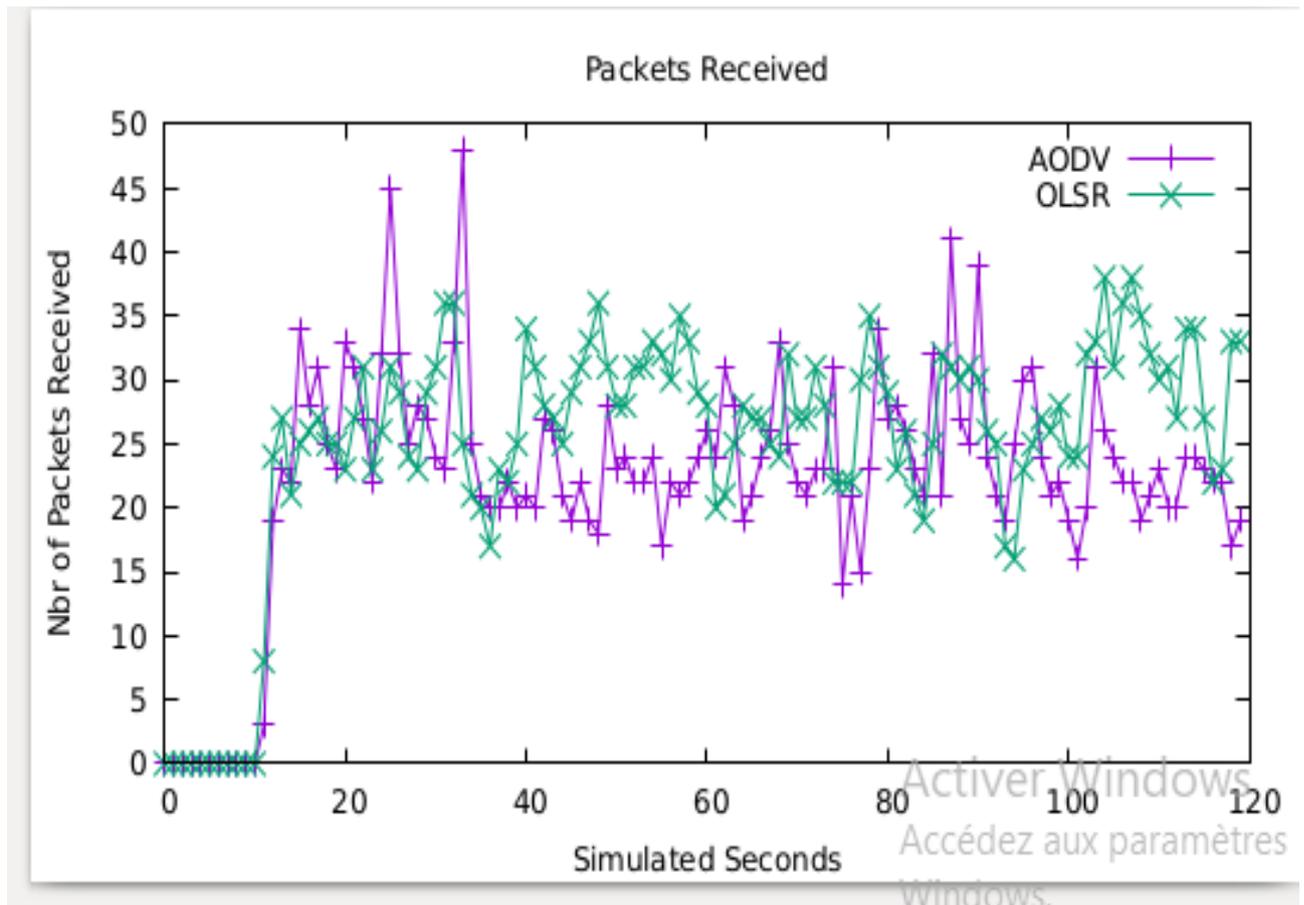


FIGURE 3.3 – l'évaluation de taux des paquets livrés

Le rôle primordial de chaque protocole de routage est la livraison de paquets de données envoyés, qui peut être exprimée à l'aide de la métrique taux de paquets livrés.

A partir de la figure, nous remarquons que le taux des paquets livrés avec le protocole AODV est élevées que celles du protocole OLSR.

On a retenu comme résultat :

Le protocole OLSR est plus performant en point de vu de taux des paquets perdus qu'AODV.

Le protocole AODV est plus performant en point de vu de taux des paquets livrés qu'OLSR.

### **3.6 Conclusion :**

Les résultats montrent qu'il n'y a pas un protocole qui est favori pour tous les critères d'évaluation. En effet, chaque protocole a des comportements déferents suivant les métriques de performances considérées telles que le taux de paquets livrés, le délai de bout en bout, le volume de trafic de contrôle, la longueur de route, le débit et le taux de perte de paquets.

# Conclusion générale

Le problème du routage dans les réseaux sans fil en mode ad hoc est le défi le plus difficile à réaliser, car il s'agit de trouver une route optimale multi sauts qui relie deux nœuds quelconques du réseau.

Une diversité dans les approches de routage existé dans ce type de réseau l'approche état de lien (Link State) et l'approche vecteur de distance (Distance Vector) nous mène à poser la question du choix optimal d'un protocole de routage. Plusieurs articles traitent cette problématique sous différents scénarios (le débit, le taux des paquets perdu, le taux de paquets reçu et le délai etc.), multiples environnements (statique, très mobile ou très dense etc.) et divers paramètres de simulation (temps de simulation, vitesse de nœuds, le nombre de nœuds etc.). Plusieurs facteurs peuvent changer en fonction du but d'exploitation de la technologie ad hoc, comme la mobilité, le nombre de nœuds et la quantité de trafic à acheminer. Ainsi, une comparaison qualitative peut aider à filtrer les comportements des protocoles.

Un protocole de routage destiné pour les réseaux Ad hoc doit prendre en compte certain caractéristiques de ces derniers, à savoir : la topologie dynamique, la contrainte d'énergie, l'absence d'infrastructure, la bande passante limitée ainsi que la sécurité limitée.

Parmi les protocoles de routage multi sauts, les plus populaires dans les travaux de recherche sont essentiellement les protocoles proactifs OLSR et DSDV, et les protocoles réactifs AODV et DSR.

Notre intérêt est basé sur un protocole proactif qui est OLSR et un protocole réactif qui est AODV dans le but de faire une évaluation de performances de chaque protocole afin de dégager la différence entre eux et découvrir qui est le meilleur.

La comparaison est effectuée selon deux critères de performance choisis à savoir le taux de paquets perdus et le taux des paquets livrés.

Notre démarche est basée sur trois chapitres, dans le premier chapitre nous avons présenté les réseaux sans fil et leurs classifications puis nous avons détaillé un type de ces réseaux qui est le réseau ad hoc en présentant les caractéristiques, les applications et les modes de communications de ce dernier. Dans le deuxième chapitre nous avons défini le routage et les protocoles de routage, notre intérêt est basé sur l'étude des protocoles AODV et OLSR, leurs fonctionnements, leurs avantages ainsi que leurs inconvénients dans le but de les comparer et dégager la différence entre eux, et dans le troisième chapitre nous avons présenté les métriques de performance et les paramètres de simulation dans le but de simuler les protocoles présentés avec le simulateur NS 3 afin de dégager les différences entre eux. En terminant notre travail avec une conclusion générale et des perspectives.

Nos perspectives sont d'améliorer notre simulation en considérant les autres métriques non présentées comme le délai de bout en bout et le débit ainsi de pouvoir comparer trois protocoles de routage de chaque classe réactive, proactif et hybride.

# Bibliographie

[1] BELKHIRA Sid Ahmed Hichame. Optimisation de la QoS dans les Reseaux Adhoc Mobiles. *Thèse de Doctorat en Sciences, Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès*, 2019/2020.

[2] BEHAR Ouicha, BELLAHRECHE Manel. L'étude de l'effet de type de routage sur les performances de handover dans les wifi Mesh. *Master en Télécommunications, Université Aboubakr Belkaïd Tlemcen*, 2019/2020.

[3] Cheniguel Lokmane, Drouiche Amina. Algorithmes Bio-inspirés pour L'optimisation du Routage dans les Réseaux Ad Hoc. *Mémoire de Master, Université A/Mira de Béjaïa*, 2019/2020.

[4] Bouchebbah Razika, Djermani Hanane. Adaptation du simulateur multi-agents NetLogo pour modéliser et simuler le routage dans un réseau mobile Ad hoc . *Mémoire de Master, Université A/Mira de Béjaïa*, 2019/2020.

[5] ZERDI Fatma Zohra, KHOUALDIA Billel. Simulation des protocoles des routages AODV et OLSR dans les réseaux ad-hoc via Opnet , *Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar Annaba*, 2019/2020.

[6] Fatima Ameza, Les technologie sans fil : le routage dans les réseaux ad hoc (OLSR et AODV , *Mémoire de licence, Université de Béjaïa*, 2006/2007.

[7] BESSAIH Aldja, BOUCHAKEL Siham. Routage et simulation dans les réseaux mobiles ad hoc. *Mémoire de Master, Université A/Mira de Béjaïa*, 2016/2017.

[8] MESSAOUDI Yamina, Simulation et évaluation des performances des protocoles de routage AODV, OLSR et GPCR pour les réseaux VANETs sous NS-3 et SUMO , *Mémoire de Master professionnel, Université A/Mira de Béjaïa*, 2016/2017.

[9] MEKKI Samira, BRAHMI Seloua. Évaluation des protocoles de routage dans les

réseaux de capteurs sans fil (RCSF) , *Mémoire de Master, Université De Akli Mohand Oulhadj Bouira*, 2017/2018.

[10] Kamel SADDIKI, Denial of services attack in wireless networks . *Thèse de Doctorat, Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès*, 2018/2019.

[11] ABDERRAHIM Radjae, ABDELLI Amel. Simulation d'un réseau MANET avec OPNET . *Mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen*, 2014/2015.

[12] Sabrine NAIMI, Gestion de la mobilité dans les réseaux Ad Hoc par anticipation des métriques de routage . *Thèse de doctorat, Université Paris-Sud*, 2014/2015.

[13] HAMEL Rebhalmachi, KHALFI Asma. QoS, routage dans les réseaux ad hoc . *Mémoire de Master, Université Akli Mohand Oulhadj Bouira*, 2016/2017.

[14] KECHKAR Housseem Eddine, DJEDDI Mohamed Diaa Eddine. QoS, Routage et prédiction des ruptures de liens dans les réseaux Ad hoc. *Mémoire de Master, Université De Akli Mohand Oulhadj Bouira*, 2016/2017.

[15] Sana JGUIRIM ,Analyse et simulation du routage dans un réseau ad hoc . *mémoire de la maîtrise, université de Québec Montréal*, 2018.

## Résumé

Le réseau Ad hoc est un réseau sans fil et sans infrastructure, où les nœuds s'organisent automatiquement et réagissent rapidement aux différents mouvements et chaque nœud participe dans le routage.

Le but recherché à travers notre travail est d'étudier les protocoles de routage OLSR et AODV et faire une évaluation de performances de chaque protocole afin de dégager la différence entre ces deux derniers après simulation avec le simulateur NS3 (Network Simulator).

Les résultats montrent qu'il n'y a pas un protocole qui est favori pour tous les critères d'évaluation.

En effet, chaque protocole a des comportements différents suivant les métriques de performances considérées telles que la perte des paquets, le débit et le temps de retard.

**Mots clés** : Réseau Ad hoc, OLSR, AODV, Network Simulator . . .

## Abstract

The Ad hoc network is a wireless network without infrastructure, where the nodes organize themselves automatically and react quickly to different movements and each node participates in the routing.

The goal sought through our work is to study the OLSR and AODV routing protocols and to evaluate the performance of each protocol in order to identify the difference between the latter two after simulation with the NS simulator (Network Simulator).

---

The results show that there is no protocol that is preferred for all evaluation criteria. Indeed, each protocol has different behaviors according to the considered performance metrics such as packet loss, bit rate and delay time.

**Key words :** Ad hoc network, OLSR, AODV, Network Simulator ...