

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



جامعة سعيدة د. مولاي الطاهر  
كلية التكنولوجيا  
قسم: الإعلام الآلي

## Mémoire de Master

Spécialité : **Réseaux Informatiques et Systèmes Répartis**

### Thème

**ANALYSE DES PROTOCOLES DE ROUTAGE  
DANS LES RESEAUX MANET**

Présenté par :

- BOUFALA Nada  
Oum Keltoum
- RADJA Maroua

Dirigé par :

Dr. BENYAHIA KADDA



Année universitaire 2022-2023



## **Résumé :**

Les MANET sont utilisés dans diverses applications .De nombreux protocoles de routage de différents types sont conseillés pour une utilisation avec des réseaux mobiles ad hoc afin d'obtenir des performances de routage optimales. Le problème de routage dans cette technologie est qu'elle pose une variété de défis, y compris une topologie variable, des contraintes de ressources et une connectivité peu fiable. Dans ce mémoire, nous présentons une analyse d'évaluation des performances des quatre protocoles de routage différents, tels que le protocole de routage à vecteur de distance à la demande ad hoc (AODV), le vecteur de distance séquencé de destination (DSDV) et le protocole de routage à état de lien. (OLSR). Dans cette étude, le simulateur NS2 est utilisé pour simuler ces protocoles de routage.

## **Abstract**

MANETs are used in various applications. Many different types of routing protocols are recommended for use with mobile ad hoc networks to achieve optimal routing performance. The problem with routing in this technology is that it poses a variety of challenges, including variable topology, resource constraints, and unreliable connectivity. In this dissertation, we present a performance evaluation analysis of four different routing protocols, such as ad hoc on-demand distance vector routing (AODV), sequenced destination distance vector (DSDV), and link-state routing protocol. (OLSR). In this study, the NS2 simulator is used to simulate these routing protocols

## ملخص

تُستخدم أنظمة MANET في تطبيقات مختلفة ، ويُنصح باستخدام العديد من بروتوكولات التوجيه من أنواع مختلفة مع شبكات مخصصة للهاتف المحمول لتحقيق أداء التوجيه الأمثل. تكمن مشكلة التوجيه في هذه التقنية في أنها تطرح مجموعة متنوعة من التحديات ، بما في ذلك الهيكل المتغير وقيود الموارد والاتصال غير الموثوق. في هذه الرسالة ، نقدم تحليل تقييم الأداء لأربعة بروتوكولات توجيه مختلفة ، مثل توجيه متجه مسافة حسب الطلب (AODV) ، ومتجه مسافة الوجهة المتسلسل (DSDV) ، وحالة الارتباط. بروتوكول التوجيه (OLSR). في هذه الدراسة ، يتم استخدام محاكي NS2 لمحاكاة بروتوكولات التوجيه هذه.

## *Remerciements :*

**Au terme de ce travail, nous exprimons nos vifs remerciements :**

**A notre encadreur, Monsieur BENYAHIA KADDA, Maitre de conférences à l'Université de Saida, pour sa compréhension et ses conseils durant toute la période de préparation de ce modeste travail.**

**Je remercie également les membres de jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de juger mon travail.**

**Nous aimerons aussi remercier nos enseignants qui ont contribué à notre formation, ainsi que nos amis de la promotion, pour leur soutien et leurs encouragements, ainsi que toute personne qui nous a aidés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.**

**Nada, Maroua**

## DÉDICACE :

A

*Nos parents*

*Pour les sacrifices déployés à nos égards ;*

*Pour leur Patience Leur amour et leur  
confiance en nous;*

*Ils ont tout fait pour notre bonheur et  
notre réussite.*

*Qu'ils trouvent dans ce modeste travail, le témoignage*

*de Notre Profonde affection*

*et de notre attachement Indéfectible.*

*Nulle dédicace ne puisse exprimer ce que nous leur  
devons;*

*Que dieu leur réserve la bonne santé et une longue vie.*

A

*Nos Frères et mes Sœurs , nos collègues et mes amis*

*pour leur aide et leur soutien moral*

*durant réaliser ce travail.*

**Nada, Maroua**

## *LISTE DES FIGURES*

N	Titre	Page
I.1	Mobile ad hoc ou MANET	16
I.2	Réseaux mobiles avec infrastructure.	17
I.3	Réseaux mobiles sans infrastructure	18
I.4	Réseau mobile Ad Hoc (MaNet)	19
I.5	Modélisation d'un réseau Ad Hoc	19
I.6	Architecture plate	21
I.7	Architecture hiérarchique	22
I.8	Changement de la topologie des réseaux ad-hoc	23
II.1	Les Protocole De Routage MANET	31
II.2	Les Protocole De Routage	32
II.3	CGSR: Example of routing from node 1 to node	36
II.4	Un réseau mobile ad hoc avec quatre nœuds	40
II.5	Une zone en ZRP	47
II.6	ZRP Architecture	48
III.1	Étapes du flux de simulation	52
III.2	Nombre des nœuds vs le débit	57
III.3	Nombre des nœuds vs le délai	58
III.4	Nombre des nœuds vs Surcharge du Routage	58
III.5	Nombre des nœuds vs PDR	59
III.6	Nombre des nœuds vs consommation d'énergie	60
III.7	Vitesse des nœuds vs le débit	62
III.8	Mobilité des nœuds vs délai	63
III.9	Mobilité des nœuds vs la Surcharge de routage	63
III.10	Mobilité des nœuds vs PDR	64
III.11	Vitesse des nœuds (pause time) vs consommation d'énergie	65

## *Liste des Tableaux*

<b>N</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>II.1</b>	Table de routage	<b>34</b>
<b>III.1</b>	Paramètres de simulation	<b>54</b>

# **Sommaire**

**Abstract**

**Remerciement**

**Dédicace**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**INTRODUCTION GENERALE 13**

## *Chapitre I : Réseaux Mobile Ad Hoc*

**I .Introduction 16**

**I.1 Réseau mobile Ad Hoc (MANET) 18**

**Définition 18**

**Présentation des Réseaux Mobiles ad-hoc 19**

**I.2 Évolution de MANET 20**

**I.3 Architecture des réseaux Ad Hoc : 21**

**I.4 Acheminement de l'information dans un réseau Ad-hoc 22**

**I. 5 Caractéristiques de MANET 23**

**I.6 Applications des réseaux ad hoc 25**

**I. 7 Avantages de MANET 27**

**I. 8 Inconvénients de MANETS 27**

**Conclusion 28**

## *Chapitre II :Les Protocoles De Routage*

**II. Introduction 31**

**II.1 Protocoles de routage MANET 32**

**II.1.1 Protocoles de routage proactifs 32**

**II.1.1.1 Le protocole (DSDV) Destination-Sequenced Distance-Vector 33**

**II.1.1.2 Le protocole OLSR (Optimized Link State Routing Protoc) 34**

II.1.1.2.1 Avantages et inconvénients de OLSR	35
II.1.1.3 Le protocole (CGSR) Cluster-head Gateway Switch Routing	35
II.1.2 Avantages du protocole de routage proactif	37
II.1.3 Inconvénients du protocole de routage proactif	37
II.1.1.2 Protocoles de routage Réactive	37
II.1.2.1 Protocole de vecteur de distance à la demande ad hoc (AODV)	38
II.1.2.1.1 Caractéristiques de l'AODV	40
II.1.2.1.2 Les Avantages De AODV	40
II.1.2.1.3 Les inconvénients De AODV	41
II.1.2.2 PROTOCOLE DE DYNAMIC SOURCE ROUTING PROTOCOL (DSR)	41
II.1.2.2.1 Avantages du DSR	43
II.1.2.2.2 Inconvénients DSR	43
II.1.2.3 Avantages du protocole de routage réactif	44
II.1.2.4 Inconvénients du protocole de routage réactif	44
II.1.3 PROTOCOLE DE ROUTAGE HYBRIDE	44
II.1.3.1 INTRODUCTION	44
II.1.3.2 Définition	45
II.1.3.2.1 Protocole de routage de zone	46
II.1.3.3 Avantages des protocoles de routage hybride	49
II.1.3.4 Inconvénients des protocoles de routage hybride	49
CONCLUSION	49
<i>Chapitre III :Simulation</i>	
III. Introduction	52
III.1 Evaluation des performances	52
III.2 Environnement de simulation	53
III.2.1 Le Simulateur Ns2	52
III.2.2 Démarches	54
III.3 Les mesures des performances de la simulation	55

<b>III.3.1 Débit " Throughput"</b>	<b>55</b>
<b>III.3.2 Taux de livraison des paquets (Packet Delivery Ratio)</b>	<b>55</b>
<b>III.3.3 Délai de bout en bout (End to end delay)</b>	<b>56</b>
<b>III.3.4 Surcharge du routage (RoutingOverhead)</b>	<b>56</b>
<b>III.3.5 Consommation d'énergie</b>	<b>56</b>
<b>III.4 Discussions et comparaisons des résultats de simulation</b>	<b>57</b>
<b>III.4.1 Le nombre des nœuds</b>	<b>57</b>
1- Le débit (Throughput)	57
2- Delay (End to end delay)	58
3- Surcharge du routage (RoutingOverhead)	58
4- Taux de livraison des paquets (Packet Delivery Ratio)	59
5-La consommation d'énergie	60
<b>III.4.2 La mobilité des nœuds</b>	<b>61</b>
1-Le débit (Throughput)	61
2-Delay (End to end delay)	62
3- Surcharge du routage (RoutingOverhead)	63
4- Taux de livraison des paquets (Packet Delivery Ratio)	63
5-La consommation d'énergie	64
<b>Conclusion</b>	<b>65</b>
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>66</b>
<b>Référence</b>	

---

# **INTRODUCTION GENERALE**

Les réseaux sans fil, également connus sous le nom de réseaux WiFi jouent un rôle essentiel dans notre société interconnectée. Ils permettent de connecter sans fil des appareils tels que des ordinateurs, des smartphones, des tablettes et d'autres dispositifs électroniques à Internet ou à d'autres réseaux locaux.

Les réseaux sans fil utilisent des ondes radio ou des signaux infrarouges pour transmettre des données entre les appareils. Ils offrent une plus grande flexibilité et une plus grande mobilité par rapport aux réseaux câblés traditionnels. Les utilisateurs peuvent se connecter aux réseaux sans fil à partir de n'importe quel endroit à portée du signal, sans être limités par des câbles physiques.

Les réseaux de communication évoluent à un rythme effréné avec une augmentation des infrastructures et des applications également. Un réseau mobile ad hoc est le dernier résultat de cette recherche. Le réseau mobile ad hoc, aussi appelé MANET, est un réseau sans aucune infrastructure disponible.

Les nœuds sont mobiles et peuvent se déplacer quand et où ils le souhaitent, car il n'y a pas de contrôle centralisé ou toute autre infrastructure est nécessaire dans n'importe quel MANET. Chaque nœud d'un MANET doit être capable de fonctionner comme un routeur pour relayer le trafic des autres nœuds.

Le réseau Mobile Ad Hoc (MANET) est un système sans infrastructure qui n'a pas de serveur central, ni de matériel spécialisé ni de routeurs fixes. Chaque appareil joue le rôle d'un routeur indépendant et génère des données indépendantes car il fonctionne dans un style pair à pair dispersé. MANET peut être exploité comme un réseau autonome ou connecté à Internet via un réseau cellulaire. Cela offre différentes possibilités d'utilisation de la technologie MANET. De plus, le routage dans les MANETs est un routage multi-sauts car il n'a pas besoin d'un routeur pour fonctionner. et chaque nœud joue le rôle de routeur et transmet les paquets pour la distribution d'informations entre les hôtes portables et cela minimise donc le nombre d'appareils utilisés car les nœuds eux-mêmes peuvent faire office de routeurs.

MANET est une technologie qui facilite la communication grâce à ses topologies dynamiques. Les nœuds de MANET sont libres de se déplacer de manière aléatoire n'importe où dans le réseau. En raison du mouvement arbitraire des nœuds, la topographie du réseau (qui est classiquement multi-sauts) change régulièrement et de manière aléatoire. Les nœuds sont également libres de se déplacer avec un élan et une vitesse différents sur un temps imprévisible. Il est donc impératif de savoir quels protocoles de routage peuvent être utilisés pour fournir les meilleures performances globales lors de la connexion de plusieurs nœuds dans MANET.

Dans le présent mémoire, les performances de trois protocoles de routage MANET différents, à savoir DSDV (Destination-Sequenced Distance-Vector), Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) et **Optimized Link State Routing Protocol (OSLR)** sont évalués à des fins de comparaison.

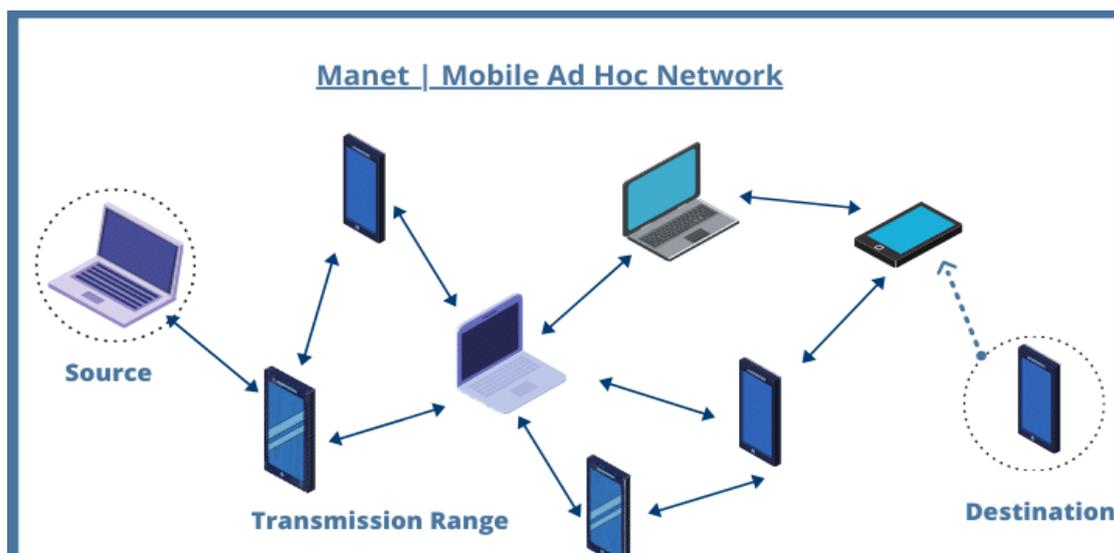
Le mémoire est scindé en trois chapitres. Nous abordons dans le premier chapitre les réseaux mobiles ad hoc en général, et les réseaux véhiculaires MANETs en particulier (architecture, mode de composants, types de communication caractéristiques, domaines d'application et normes). Dans le deuxième chapitre, nous exposerons en détail les différents protocoles de routage proactifs et réactifs. La phase de l'évaluation des performances des simulations tentées en ayant recours au simulateur réseau NS2 fait l'objet du troisième chapitre. Pour conclure, une conclusion Générale qui sera une récapitulation générale de notre recherche.



# RESEAUX MOBILE AD HOC

## **I. Introduction :**

Une connectivité transparente aux utilisateurs est fournie par les réseaux sans fil, quel que soit leur emplacement. Les réseaux sans fil sont de deux types, l'un basé sur une infrastructure fixe et l'autre sur des réseaux ad hoc sans aucun support d'infrastructure fixe. Les appareils mobiles des réseaux sans fil basés sur une infrastructure sont connectés à des routeurs et des passerelles fixes via un réseau de points d'accès/stations de base. L'appareil mobile à portée d'une station de base reste connecté au réseau et lorsqu'il est hors de portée, il est transféré à la station de base suivante. Un réseau cellulaire ou un réseau local WiFi (LAN) est l'exemple d'un réseau basé sur une infrastructure. Les réseaux ad hoc, en revanche, sont des réseaux peer-to-peer dans lesquels les nœuds communiquent entre eux sans aucun support d'infrastructure. Les réseaux mobiles ad hoc (MANET) sont des réseaux dans lesquels les appareils connectés ont la liberté de mouvement et sont libres de quitter ou de rejoindre le réseau à volonté. La topologie des MANETs change donc dynamiquement et impose des contraintes supplémentaires sur le routage. Le routage du trafic dans MANET est géré par les nœuds eux-mêmes. Les nœuds découvrent et maintiennent leurs propres routes ou maintiennent des tables de routage ayant des routes vers chaque nœud pour une communication au-delà de leur portée immédiate. Les appareils connectés dans les MANET sont généralement des appareils portables tels que des ordinateurs portables, des téléphones portables ou d'autres appareils mobiles. La figure 1.1 illustre un exemple de MANET dans lequel différents dispositifs sont mis en réseau pour former un MANET.



**Figure I.1 : Mobile ad hoc ou MANET [1]**

Les réseaux sans fil peuvent être divisés en deux larges catégories selon la façon dont le réseau est construit :

➤ **Avec infrastructure :**

Dans ce mode de fonctionnement, le réseau est composé de points d'accès appelés stations de bases . Muni d'une interface de communication sans fil pour la communication directe avec les sites ou les unités mobiles , une station de base couvre une zone géographique limitée dite portée (figure 1.2). Une unité mobile n'est rattachée, à un moment donné, qu'à une seule station de base lui offrant tous les services tant que l'UM est à l'intérieur de sa zone de couverture. Cette dernière faite office de pont entre réseau filaire et réseau sans fil, permettant de relier une UM à une unité connectée à un site fixe.

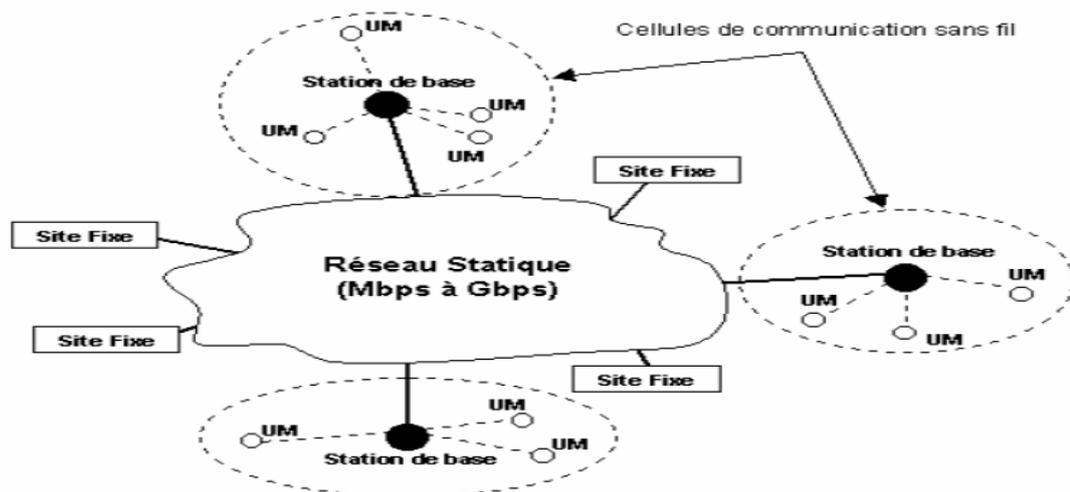
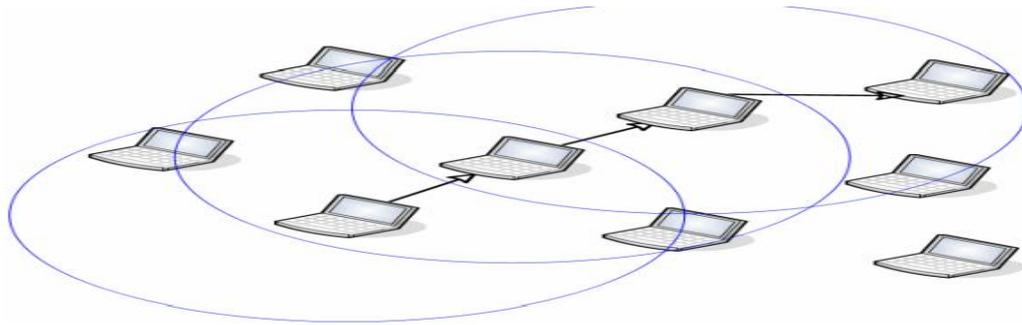


Figure I.2 : Réseaux mobiles avec infrastructure. [2]

➤ **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 (figure 2.3) et à participer au routage des données au profil des autres nœuds.



**Figure I. 3 : Réseaux mobiles sans infrastructure.[3]**

## **I.1 Réseau mobile Ad Hoc (MaNet)**

Un réseau mobile ad hoc (MANET), parfois appelé réseau maillé mobile, est un réseau à configuration automatique d'appareils mobiles connectés par des liaisons sans fil. Les réseaux Ad hoc sont un bon paradigme de mise en réseau sans fil pour les hôtes mobiles. Contrairement aux réseaux sans fil mobiles traditionnels, les réseaux ad hoc ne reposent sur aucune infrastructure fixe. Au lieu de cela, les hôtes comptent les uns sur les autres pour maintenir le réseau connecté. Il représente des systèmes distribués complexes qui comprennent des nœuds mobiles sans fil qui peuvent s'auto-organiser librement et dynamiquement en topologies de réseau "ad-hoc" arbitraires et temporaires, permettant aux personnes et aux appareils de s'interconnecter de manière transparente dans des zones sans infrastructure de communication préexistante [4].

### **Définition 1**

Un MANET, qui signifie réseau ad hoc mobile, est défini comme un ensemble de nœuds mobiles sans fil à faible puissance formant un réseau sans fil temporaire sans l'aide d'une infrastructure établie ou d'une administration centralisée.

Le réseau mobile ad hoc (MANET) est un réseau auto-configurable en continu, sans infrastructure, d'appareils mobiles connectés sans fil. Ad hoc est latin et signifie "pour cela" (c'est-à-dire à cette fin) [4].

### **Définition 2**

Les réseaux mobiles ad hoc sont des réseaux sans infrastructure puisqu'ils n'exigent aucune infrastructure fixe telle qu'une station de base pour leur fonctionnement. Les itinéraires dans un réseau ad hoc peuvent inclure des sauts multiples pour atteindre une cible demandée, et par conséquent, il est approprié d'appeler de tels réseaux « les réseaux ad hoc sans fil de multi-Sauts ».

La figure 1.4, montre un exemple de réseau mobile ad hoc et sa topologie de communication.[4].

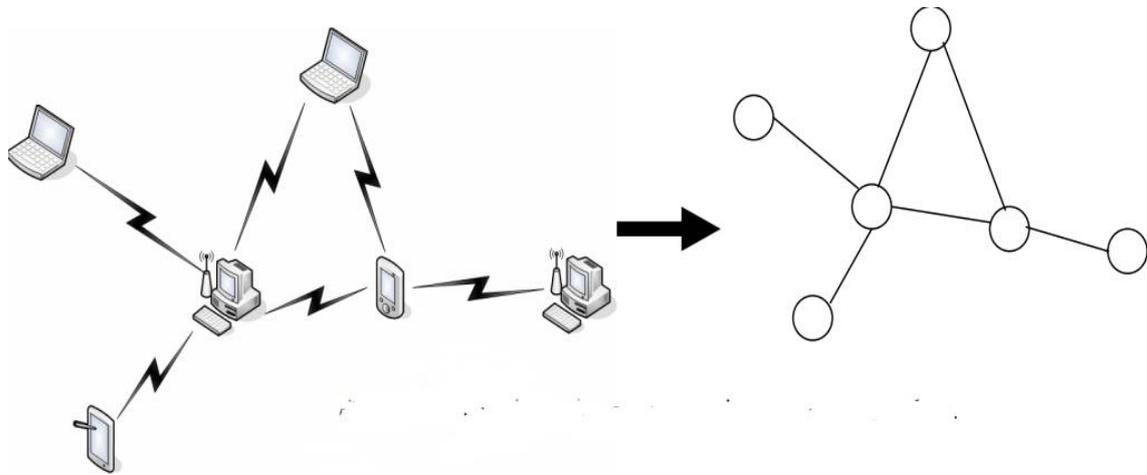


Figure I. 4 : Réseau mobile Ad Hoc (MaNet)[5]

## I.1.2 Présentation des Réseaux Mobiles ad-hoc

Un réseau ad hoc peut être modélisé par un graphe  $G_t = (V_t, E_t)$  où  $V_t$  représente l'ensemble des nœuds (i.e. les unités ou les hôtes mobiles) du réseau et  $E_t$  modélise l'ensemble des connexions qui existent entre ces nœuds (voir la figure I.5). Si  $e = (u,v)$  appartient à  $E_t$ , cela veut dire que les nœuds  $u$  et  $v$  sont en mesure de se communiquer directement à l'instant  $t$

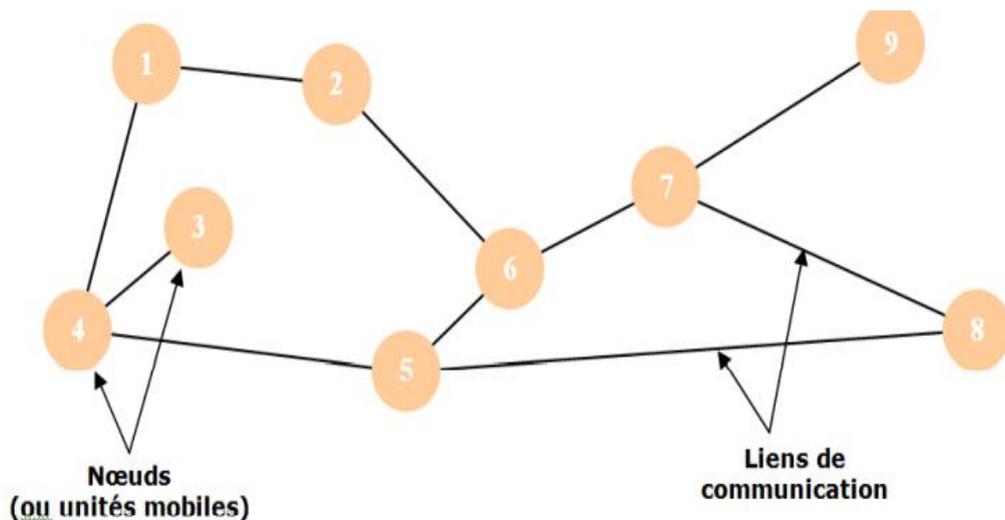


Figure I. 5 : modélisation d'un réseau Ad Hoc [6]

## I.2 Évolution de MANET

Le concept de réseau mobile ad hoc n'est pas nouveau et ses origines remontent au projet DARPA Packet Radio Network en 1972. Les avantages tels que la flexibilité, la mobilité, la résilience et l'indépendance de l'infrastructure fixe ont suscité un intérêt immédiat parmi les militaires, la police et les agences de secours dans l'utilisation de ces réseaux dans des environnements désorganisés ou hostiles. Actuellement, la recherche sur les réseaux mobiles ad hoc est un domaine très dynamique et actif. Les efforts de la communauté de recherche, ainsi que les technologies radio actuelles et futures de MANET ouvriront certainement la voie à des MANETS commercialement viables et à leurs applications nouvelles et passionnantes. Certaines de ces solutions à vocation commerciale ont déjà commencé à apparaître. Pendant longtemps, la recherche sur les réseaux ad hoc est restée du domaine militaire, et ce n'est qu'au milieu des années 1990, avec l'avènement des technologies radio commerciales, que la communauté des chercheurs sans fil a pris conscience du grand potentiel et des avantages des réseaux ad hoc mobiles. Réseaux hors domaine militaire, ce qui s'est traduit par la création du groupe de travail Mobile Ad Hoc Networking au sein de l'IETF (Naval Research Laboratory).

Contrairement à l'infrastructure des réseaux sans fil, où chaque utilisateur communique directement avec un point d'accès ou une station de base, les réseaux mobiles ad hoc ne reposent pas sur une infrastructure fixe pour leur fonctionnement. Le réseau est une association transitoire autonome des nœuds mobiles qui communiquent entre eux via des liaisons sans fil. Les nœuds qui se trouvent dans la plage d'envoi les uns des autres peuvent communiquer directement et sont responsables de la découverte dynamique les uns des autres.

Les nœuds intermédiaires agissent comme des routeurs qui relaient les paquets générés par d'autres nœuds, afin de permettre la communication entre les nœuds qui ne sont pas directement dans la portée d'envoi les uns des autres, vers leur destination. Ces nœuds sont souvent contraints en termes d'énergie, c'est-à-dire que les appareils alimentés par batterie sont utilisés avec une grande diversité dans leurs capacités. De plus, les appareils ne sont pas limités à rester à un endroit mais sont libres de rejoindre ou de quitter le réseau et ils peuvent se déplacer de manière aléatoire, ce qui peut entraîner des changements de topologie rapides et imprévisibles. Dans cet environnement multi-sauts distribué, dynamique et à contraintes énergétiques, les nœuds doivent s'organiser de manière dynamique afin de fournir les fonctionnalités réseau nécessaires en l'absence d'infrastructure fixe ou d'administration centrale.[7]

## L'histoire de MANET

- En 1970, Norman Abramson et ses collègues chercheurs de l'Université d'Hawaï ont inventé ALOHA net.
- En 1972, le DARPA Packet Radio Network (PRNet) a été discuté.
- En 1980, Survivable Radio Networks (SURAN) a été créé.
- Au cours des années 1980, l'émergence de l'Internet Emerging Task Force (IETF), appelé le groupe de réseautage mobile ad hoc.  
En 1994, émergence de Bluetooth par Ericsson. .[7]

## I.3 Architecture des réseaux Ad Hoc

L'architecture des réseaux Ad Hoc peut être soit hiérarchique soit plate.

### a) Architecture plate :

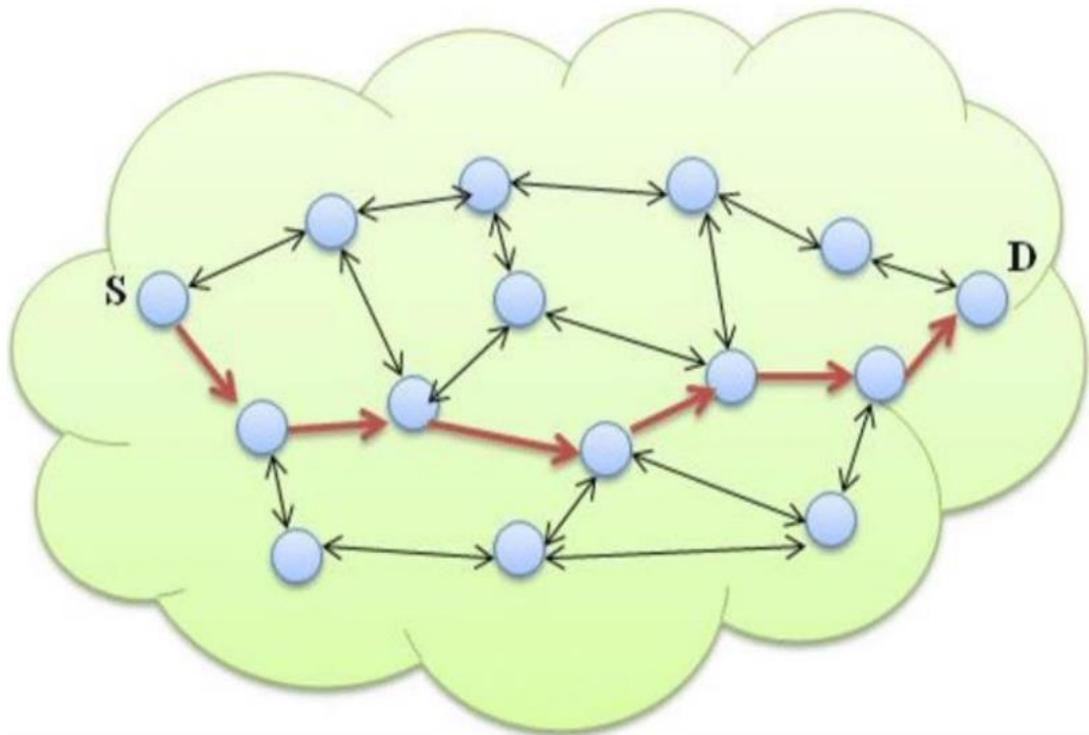


Figure 1.6 : Architecture plate [8]

## b) Architecture hiérarchique

Ici les nœuds ne participent pas tous au routage des paquets. Dans des groupes en clusters, un maître est élu. Ce dernier appelé aussi cluster-Head se charge essentiellement de routage [9].

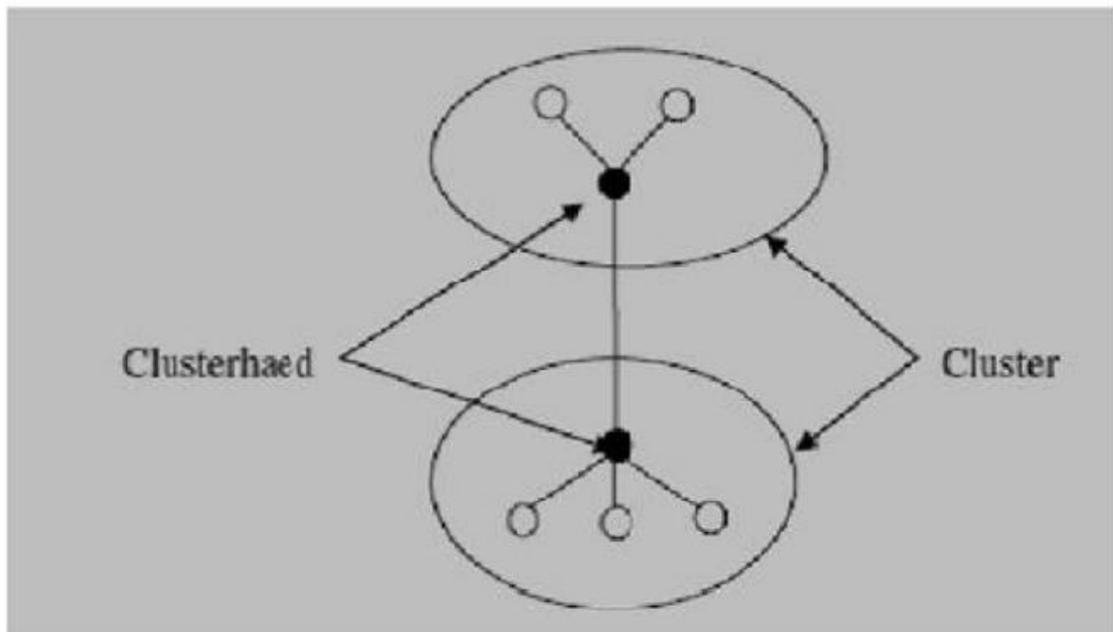


Figure 1.7 : Architecture hiérarchique [9].

## 1.4 Acheminement de l'information dans un réseau Ad-hoc

Un réseau ad hoc s'évertue à acheminer l'information vers une destination, son support de transmission est sans fil : hertzien, infrarouge etc.

Deux types d'acheminements de l'information sont possibles : l'envoi direct et le routage [10].

### a. L'envoi direct

L'émetteur doit pouvoir envoyer ses données directement d'un nœud à un autre, quel 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

sorte que chaque nœud est enlié étroit avec n'importe quel autre, et aucun intermédiaire ne peut s'interposer dans cette relation directe.

### b. L'envoi par routage

Un envoi par routage se déroule entre les nœuds relativement éloignés, dans ce cas, un hôte mobile intermédiaire est nécessaire pour pouvoir communiquer. Les nœuds jouent à la fois le rôle d'un client et d'un serveur, relayant les paquets vers leur destination Fina [10].

## I.5 Caractéristiques de MANET

Les MANETs assument un comportement de confiance parmi les nœuds et sont caractérisés par le manque d'infrastructure centralisée, topologie dynamique, architecture ouverte, courte portée, bande passante limitée, puissance de traitement, mémoire pour le stockage et la puissance de batterie. Les caractéristiques des MANET ont les répercussions suivantes sur les opérations des MANET :[11]

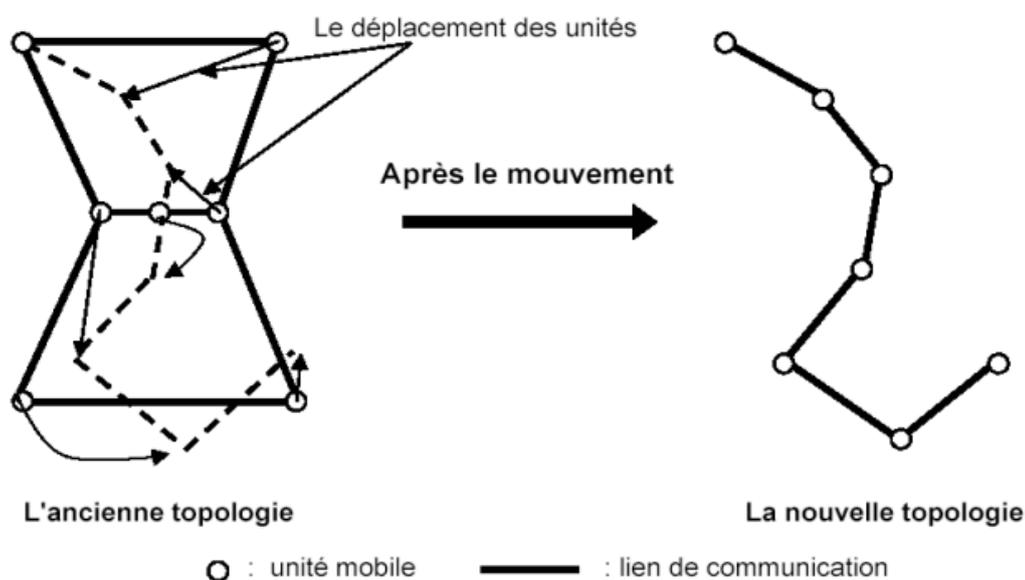


Figure I. 8 : Changement de la topologie des réseaux ad-hoc[12]

### ▪ Manque d'infrastructure centralisée

Le manque d'infrastructure centralisée implique que les noeuds ont une charge supplémentaire d'exécuter les fonctions des routeurs pour découvrir et maintenir les routes vers d'autres noeuds du réseau. L'absence de contrôle centralisé rend également plus difficile la mise en œuvre de mesures de sécurité [13].

- **Courte portée de transmission**

Les appareils mobiles du MANET ont une faible puissance de transmission et des portées plus courtes. Les noeuds sont donc tenus de transmettre les données à la destination, ce qui impose une demande supplémentaire sur leur traitement, leur mémoire et leur consommation d'énergie.

- **Topologie dynamique**

La topologie dynamique impose des contraintes excessives sur la maintenance des itinéraires découverts, le débit et la redécouverte des itinéraires en cas de panne des itinéraires. Il provoque également une latence élevée et une perte de paquets.

- **Bande passante limitée**

Par rapport au réseau sans fil de l'infrastructure, les appareils mobiles ont une bande passante faible qui se traduit par un faible débit. Les protocoles de routage doivent donc veiller à ce que les messages de contrôle ne mettent pas trop de pression sur la charge de communication du réseau.

- **Faible puissance de batterie**

Les appareils mobiles ont une puissance de batterie limitée qui limite la durée de vie du réseau. Un noeud qui est vidé de sa puissance en raison de la transmission fréquente des messages peut présenter un comportement égoïste et déposer les paquets. [13]

- **Ressources limitées des noeuds**

Les ressources limitées de faible puissance de calcul, moins de stockage et de mémoire, affectent l'évolutivité du réseau 3 et le fonctionnement des MANETs. Les protocoles de routage doivent donc être efficaces et légers.

- **Sécurité du réseau**

L'architecture ouverte, dans laquelle les noeuds sont libres de rejoindre ou de quitter et le support sans fil permet aux noeuds malveillants d'être partie du réseau, compromettre la sécurité du réseau. L'absence de contrôle centralisé des admissions, l'absence d'authentification des noeuds légitimes et l'absence de dispositifs de sécurité dans les protocoles de routage rendent les MANETs vulnérables à diverses attaques [13].

## **I.6 Applications des réseaux ad hoc**

Le réseau Ad hoc n'a besoin d'aucune installation fixe, ceci lui permettant d'être rapide et facile à déployer. En effet, la robustesse, le coût réduit qui rend ce réseau très utilisé dans plusieurs domaines [13]

### **✓ Services Militaires**

Les réseaux sans fil ad hoc peuvent être utiles pour établir une communication entre un groupe de soldats pour des opérations tactiques. La capacité de mettre en place rapidement un réseau parmi les unités militaires dans une région hostile sans aucune infrastructure de soutien peut fournir un avantage tactique considérable sur le champ de bataille pour les forces amies. Par exemple, chaque soldat peut transporter un appareil mobile qui représente l'un des nœuds mobiles dans un réseau ad hoc reliant tous les soldats, chars et autres véhicules. La prise en charge des applications militaires nécessite des mécanismes d'auto-organisation qui fournissent une communication robuste et fiable dans des situations de combat dynamiques. Une autre application dans ce domaine est la coordination de véhicules militaires se déplaçant à grande vitesse tels que des flottes d'avions ou de navires de guerre. De telles applications nécessitent une communication rapide et fiable. Par exemple, le chef d'un groupe de soldats peut vouloir donner un ordre à tous les soldats ou à un groupe de soldats impliqués dans l'opération. À cet égard, le protocole de routage de ces applications doit être capable de fournir une communication multidiffusion rapide, sécurisée et fiable avec prise en charge du trafic en temps réel. Comme les applications militaires nécessitent une communication très sécurisée, les nœuds montés sur véhicule doivent être très sophistiqués et puissants. L'utilisation de plusieurs émetteurs-récepteurs haute puissance, chacun ayant la capacité de sauter entre différentes fréquences, améliore la communication. [13]

### **✓ Services d'urgence**

Les réseaux ad hoc sont très utiles dans les opérations d'urgence telles que la recherche et le sauvetage, le contrôle des foules et les opérations de reprise après sinistre. Dans les environnements où les installations de communication basées sur l'infrastructure conventionnelle sont détruites en raison de catastrophes naturelles telles que les tremblements de terre. Le déploiement immédiat de réseaux sans fil ad hoc serait une bonne solution pour coordonner les activités de sauvetage. Comme les réseaux ad hoc nécessitent une configuration réseau initiale minimale pour leur fonctionnement, très peu Chapitre I Les réseaux mobiles ad-hoc ou pas de retard est nécessaire pour rendre le réseau pleinement opérationnel. Les équipes d'intervention d'urgence peuvent mettre en place

rapidement des réseaux Ad hoc pour remplacer les infrastructures détruites, permettant aux équipes de mieux coordonner leurs efforts. En situation d'urgence, les réseaux câblés pourraient être détruits et il y aura un besoin de réseau sans fil, qui pourrait être déployé rapidement pour la coordination des secours. [14]

### ✓ **Applications de collaborations**

Un autre domaine dans lequel les réseaux sans fil ad hoc trouvent des applications est l'informatique collaborative. Pour certains environnements d'entreprise, le besoin d'informatique collaborative peut être plus important à l'extérieur qu'à l'intérieur des environnements de bureau, comme lors d'une réunion d'affaires à l'extérieur du bureau pour informer les clients d'une mission donnée. Dans de tels cas, un réseau ad hoc peut être utilisé pour coopérer et échanger des informations sur un projet donné. L'exigence d'une infrastructure de communication temporaire pour une communication rapide avec une configuration minimale entre un groupe de personnes lors d'une conférence ou d'un rassemblement nécessite la formation d'un réseau sans fil ad hoc. Par exemple, imaginez un groupe de chercheurs qui souhaitent partager leurs résultats de recherche ou leur matériel lors d'une conférence, ou un enseignant distribuant des notes à la classe à la volée. Dans de tels cas, la formation d'un réseau sans fil ad hoc avec le support nécessaire pour un routage multidiffusion fiable peut servir l'objectif. Les applications de partage de fichiers distribuées utilisées dans de telles situations ne nécessitent pas un haut niveau de sécurité comme dans un environnement militaire, mais la fiabilité du transfert de données est d'une grande importance. [14]

### ✓ **Réseaux domestique et éducation**

L'application la plus simple et la plus directe des réseaux Ad hoc à la maison et au bureau est la mise en réseau d'ordinateurs portables, de PDA et d'autres appareils compatibles WLAN en l'absence d'une station de base sans fil. Une autre application domestique qui relève de la classe des réseaux personnels (PAN) est le remplacement des câbles via des liaisons sans fil, comme dans Bluetooth. Tous les périphériques peuvent se connecter à un ordinateur via des liaisons Bluetooth sans fil, ce qui élimine le besoin de filaire Connexions. Ils peuvent également permettre le streaming vidéo et audio entre les nœuds sans fil en l'absence de toute station de base. [14]

## I. 7 Avantages de MANET

**Sans routeur :** le principal avantage de l'utilisation d'un réseau ad hoc est la connexion à Internet sans avoir besoin d'un routeur sans fil. Cela rend le réseau ad hoc plus abordable que le réseau traditionnel car nous n'avons pas le coût supplémentaire d'un routeur. [14]

**Vitesse :** La création d'un réseau ad hoc à partir de la phase initiale nécessite quelques changements de paramètres et aucun matériel ou logiciel supplémentaire. Pour connecter plusieurs ordinateurs rapidement et facilement, le réseau ad hoc est une solution idéale.

**Tolérance aux pannes :** MANET prend en charge les échecs de connexion car les protocoles de routage et de transmission sont conçus pour gérer ces situations.

**Installation rapide :** Le niveau de flexibilité pour la configuration de MANET est élevé. L'installation d'un MANET est simple et rapide et élimine le besoin de tirer les câbles à travers les murs et les plafonds. De plus, ils ne nécessitent aucune installation ou infrastructure préalable et, par conséquent, ils peuvent être installés en très peu de temps.

**Connectivité :** L'utilisation de points centralisés ou de passerelles n'est pas nécessaire pour la communication au sein du MANET, en raison de la collaboration entre les nœuds dans la tâche de livraison des paquets.

**Coût :** MANET pourrait être plus économique dans certains cas car il n'y a pas de coût d'infrastructure fixe et il réduit la consommation d'énergie aux nœuds mobiles. [14]

## I. 8 Inconvénients de MANETS

**Liaisons asymétriques :** La plupart des réseaux câblés reposent sur des liaisons symétriques, qui sont toujours fixes. Mais ce n'est pas le cas avec les réseaux Ad-hoc car les nœuds sont mobiles et peuvent constamment changer de position au sein du réseau. Considérons par exemple un MANET où le nœud B envoie un signal au nœud A mais cela ne dit rien sur la qualité de la connexion dans le sens inverse.

**Surdébit de routage :** dans les MANET, les nœuds changent souvent d'emplacement au sein du réseau. Ainsi, certaines routes obsolètes sont générées dans la table de routage, ce qui entraîne une surcharge de routage inutile [15].

**Interférence :** C'est l'un des problèmes majeurs des réseaux MANET. Une transmission peut interférer avec une autre et un nœud peut entendre les transmissions d'autres nœuds et peut corrompre la transmission totale.

**Connexion redondante :** la connexion dans les réseaux MANET doit être redondante pour récupérer les échecs de connexion. Une connexion avec une redondance élevée devrait être robuste malgré de nombreuses défaillances de nœuds. L'algorithme de routage peut gérer une redondance élevée, mais la mise à jour de la table de routage prend beaucoup de temps.

**Topologie dynamique :** les nœuds peuvent rejoindre ou quitter le réseau à tout moment ou les caractéristiques du support peuvent changer. Dans les réseaux MANET, les tables de routage doivent en quelque sorte refléter ces changements de topologie et les algorithmes de routage doivent être adaptés. Par exemple, dans un réseau fixe, la mise à jour de la table de routage a lieu toutes les 30 secondes. Cette fréquence de mise à jour peut être très faible pour les MANET[15].

## **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons donné une vue générale sur les MANET, leurs caractéristiques, leurs utilisations et cité leurs domaines d'application. Il s'agit d'une solution rentable car il ne nécessite aucune infrastructure fixe. Il est également facile à configurer et à déployer. De plus, il permet un déploiement rapide dans les zones où il n'y a pas d'infrastructure ou lorsque l'infrastructure existante est inadéquate.



---

# LES PROTOCOLES DE ROUTAGE

## II. Introduction

Les hôtes et les routeurs sont utilisés pour former les réseaux sans fil, tout comme les réseaux câblés. Dans le cas des réseaux sans fil, les hôtes agiront en tant que source/destination tandis que les paquets seront transmis par les routeurs du réseau. Le mode de communication entre les composants présents dans le réseau est la principale différence entre les réseaux sans fil et câblés. Les données seront transférées via des câbles physiques dans le cas de réseaux câblés. Les composants du réseau dans le réseau sans fil peuvent communiquer via des fils ou sans fil. Les routeurs et les hôtes des réseaux sans fil auront la liberté de se déplacer car ils n'ont pas nécessairement besoin d'utiliser des câbles physiques. Ceci est considéré comme l'un des avantages de l'utilisation des réseaux sans fil.

Les canaux sans fil sont utilisés dans les réseaux sans fil pour que les composants du réseau communiquent entre eux. Les réseaux sans fil utilisent des gammes de spectre de fréquences radio. La force du signal diminue lorsque la vitesse des signaux augmente dans un support sans fil. La réception du signal devient presque nulle après que le signal a parcouru une certaine distance. Cette portée jusqu'à l'endroit où le signal perd la réception est considérée comme la portée radio de ce signal particulier. En termes simples, on peut dire que les récepteurs peuvent recevoir des signaux puissants s'ils sont présents dans la portée radio de ce signal. [16]

Le routage devient difficile du fait de la mobilité des nœuds et de l'instabilité du lien. Ainsi, les routeurs utilisent les protocoles de routage pour décider du chemin du paquet du nœud source à la destination, de nombreux scientifiques ont mis au point divers protocoles pour ce réseau ad hoc. [17] Ces protocoles proposés sont divisés en classes, à savoir les protocoles de routage proactifs, réactifs et hybrides, comme illustré à la figure 1.

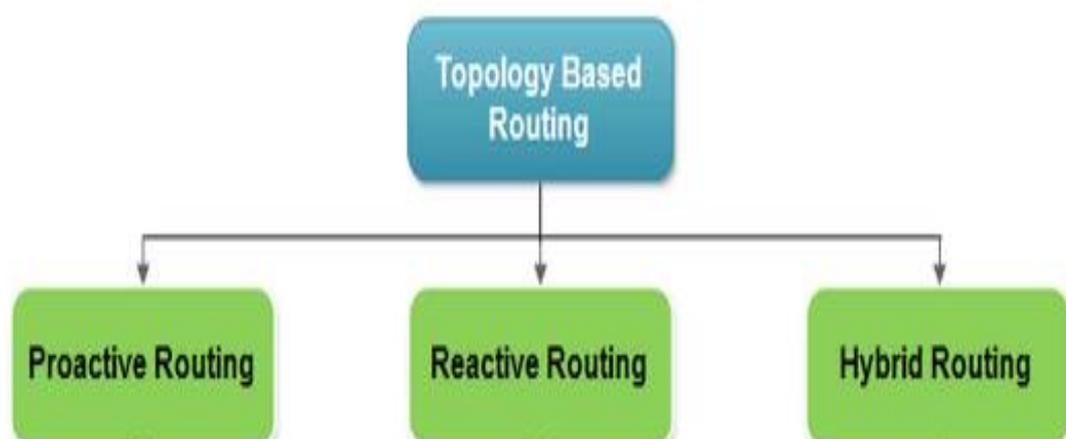


Figure II.1 : Les Protocole De Routage MANET [18]

## II.1 Protocoles de routage MANET

Le routage consiste à sélectionner le meilleur chemin pour envoyer des informations d'une source à une destination dans un réseau ou un interréseau. Dans une route, généralement au moins un nœud de routage intermédiaire se produit dans le réseau. Le concept de routage implique essentiellement deux activités : premièrement, déterminer les chemins de routage optimaux et deuxièmement, transférer ou transmettre les paquets via un ou plusieurs nœuds de routage ou routeurs sur le réseau ou Internet. Dans les réseaux mobiles ad hoc où il n'y a pas de support d'infrastructure comme dans le cas des réseaux sans fil cellulaires ou des réseaux Wi-Fi, et un nœud de destination peut être hors de portée du nœud source transmettant un paquet, une procédure de routage via d'autres nœuds est toujours nécessaire de trouver un chemin afin de transmettre les paquets de manière appropriée entre la source et la destination.

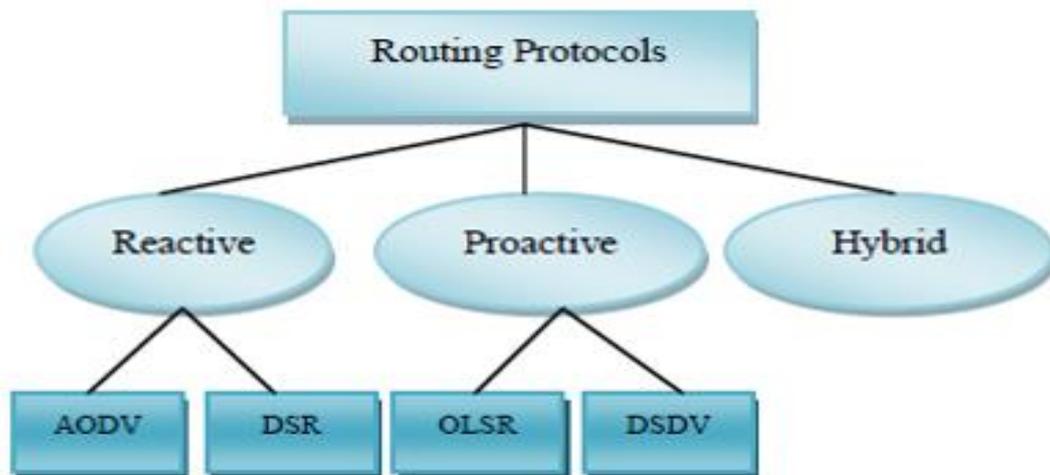


Figure II.2 : Les Protocole De Routage [19]

### II.1.1 Protocoles de routage proactifs

Les approches proactives de routage, conçues pour les réseaux ad hoc, sont dérivés des protocoles traditionnels du vecteur d'état [20] et à vecteur de distance [21] développés pour l'usage dans les réseaux filaires. La caractéristique primaire des approches proactives est que chaque nœud dans le réseau maintient un itinéraire à tous les autres nœuds dans le réseau à tout moment. La création et l'entretien d'itinéraire sont accomplis par une combinaison des mises à jour périodiques et par le déclenchement des événements : Les mises à jour périodiques se font par des échanges d'informations de routage entre Les nœuds dans des intervalles de temps prédéfinis, indépendamment des caractéristiques de mobilité et du trafic du réseau. Les mises à jour par le déclenchement d'événements, se faites par des échanges d'informations de routage toutes les

fois qu'un certain événement est produit, tel qu'une addition de liens ou un déplacement d'un nœud. Dans ce cas, le taux de mobilité affecte directement la fréquence des mises à jour parce que les changements de lien se produisent à mesure que la mobilité augmente.

Les approches proactives ont l'avantage que les itinéraires sont disponibles à tous moments. Cependant, l'inconvénient majeur de ces protocoles est que les frais généraux de contrôle peuvent être importants surtout dans de grands réseaux ou dans les réseaux de forte mobilité. De plus, la quantité d'état de routage maintenue dans chaque nœud est de  $O(n)$ , où  $n$  est le nombre de nœuds dans le réseau. Les protocoles proactifs tendent à être performants dans les réseaux où il y a un nombre significatif de sessions de données actives. [21]

Dans cette section, nous passerons en revue certains protocoles de routage populaires pour les MANET qui sont principalement basés sur une approche proactive ou réactive. Les protocoles proactifs ou table-driven sont basés sur une des anciennes techniques de routage. Dans ces protocoles, le routeur ou les nœuds de routage maintiennent en permanence la route vers tous les nœuds présents dans le réseau afin qu'un paquet arrivant puisse être transmis rapidement par eux. Pour assurer la fraîcheur des tables de routage, ces protocoles adoptent différentes sortes de mécanismes, par exemple, l'envoi de paquets "hello" contenant l'adresse d'un nœud émetteur à intervalles réguliers. Certains des protocoles de routage populaires pilotés par table (proactifs) pour MANET sont répertoriés ci-dessous :

### **II.1.1.1 Le protocole (DSDV) Destination-Sequenced Distance-Vector**

Le vecteur de distance séquentiel par destination a été développé par Bhagwat P et Perkins C en 1994. Ce protocole de routage est utilisé par les réseaux mobiles ad hoc et est basé sur l'algorithme Bellman Ford qui est utilisé par les réseaux conventionnels pour calculer le plus court chemin. L'objectif principal de ce protocole est de résoudre le problème de mauvaise boucle qui existe dans le Routing Information Protocol (RIP). Cette section passera en revue le protocole DSDV, les avantages et les inconvénients du protocole.

Chaque nœud du réseau ad hoc maintiendra une table de routage contenant des informations telles que la liste des nœuds de destination, la distance jusqu'au nœud de destination, le prochain saut dans le chemin et également un numéro de

séquence qui sera généré par le nœud de destination. Les paquets de données sont transmis sur le réseau ad hoc à l'aide de ces tables de routage. Étant donné que la topologie du réseau ad hoc n'est pas cohérente, ces tables de routage sont mises à jour périodiquement ou avec le changement de topologie, pour maintenir les tables de routage sur tout le réseau. Dès que des changements dans la topologie seront détectés, les informations de routage seront annoncées avec les moyens de diffusion ou de multidiffusion de paquets pour mettre à jour la table de routage. Ce paquet de mise à jour sera envoyé aux nœuds directement connectés avec une métrique égale à un. Cela prouve que la distance entre le nœud source et le nœud voisin est d'une métrique ou d'un saut. Les stations gardent également une trace du temps de stabilisation des itinéraires, ou du temps moyen pondéré pendant lequel les itinéraires vers une destination changeront avant que l'itinéraire avec la meilleure métrique ne soit reçu. En retardant la diffusion d'une mise à jour de routage de la durée du temps de stabilisation, les stations peuvent réduire le trafic réseau et optimiser les itinéraires en éliminant les diffusions qui se produiraient si un meilleur itinéraire était découvert dans un avenir très proche. DSDV est bien adapté aux réseaux moins dynamiques et de petite taille. Lorsque la mobilité augmente, le taux de livraison des paquets diminue très rapidement . [21]

<b>Destination</b>	<b>Next Hop</b>	<b>Metric</b>	<b>Sequence Number</b>
<b>A</b>	<b>A</b>	<b>0</b>	<b>A-500</b>
<b>B</b>	<b>B</b>	<b>1</b>	<b>B-200</b>
<b>C</b>	$\infty$	$\infty$	<b>C-100</b>

**TABLE 01 : Table de routage**

### **II.1.1.2 Le protocole OLSR (Optimized Link State Routing Protocol)**

Le protocole OLSR [22] est un protocole proactif qui adapte un protocole de routage classique d'état de lien pour le routage dans les réseaux ad hoc. Comme

tous protocoles proactifs de routage, il emploie les messages périodiques pour mettre à jour l'information de topologie à chaque noeud. Dans un protocole classique d'état de lien, le paquet d'état de lien inclut la liste entière des voisins avec le coût de la métrique associé à ce lien, de ce fait, ils produisent des grands paquets de contrôles dans le réseau. En outre, ces paquets sont diffusés dans le réseau entier, qui ne répond pas bien aux basses conditions de largeur de bande des réseaux ad hoc sans fil. OLSR optimise le protocole classique d'état de lien, en réduisant les frais généraux de paquet de contrôle et en créant des mécanismes efficaces d'inondation dans le réseau. Le protocole OLSR utilise le concept de relais Multipoints (MPR) qui minimise la reproduction des paquets de contrôle pour inonder tout le réseau. Chaque nœud, maintient deux ensembles de noeuds, l'ensemble MPRset et l'ensemble MPRselectorset. Le MPRset comprend l'ensemble de noeuds MPR que le noeud courant a choisi, ainsi que le MPRselector se compose d'un ensemble de noeuds qui ont choisi le noeud courant comme noeud MPR. Les noeuds MPR agissent en tant que stations de diffusion quand ils reçoivent des données ou destiné aux noeuds parmi son MPRselectorset. Le choix des noeuds MPR comme stations de diffusion réduit l'information d'état de lien parce que seulement la connectivité d'état de lien du noeud MPR qui doit être incluse dans les paquets de contrôle d'état de lien. Puisqu'un noeud MPR représente efficacement ses noeuds de MPRselector. [22]

### **II.1.1.2.1 Avantages et inconvénients de OLSR**

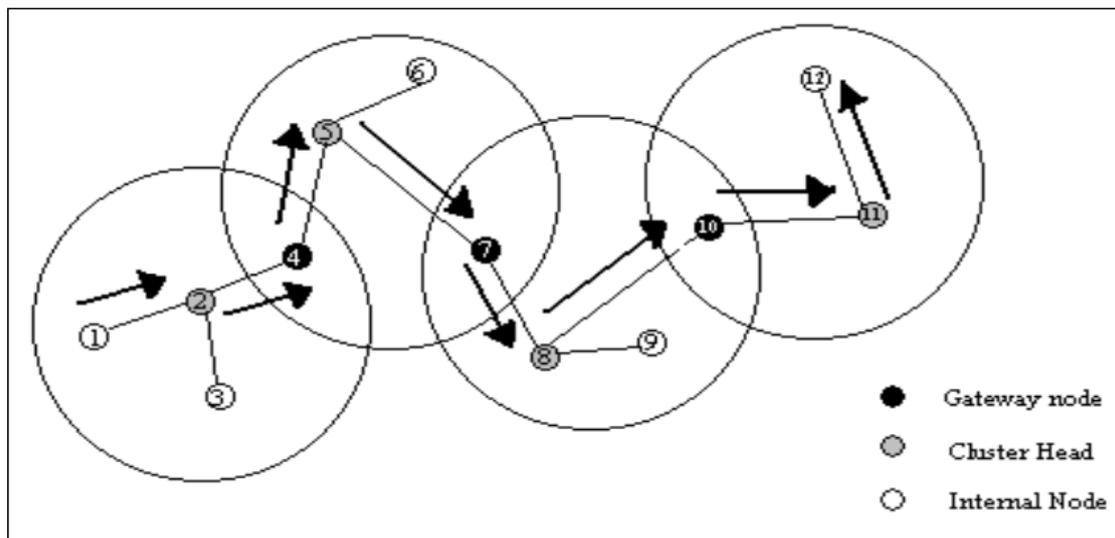
S'exécute bien dans un réseau fortement dense avec le mouvement sporadique des noeuds. Cette caractéristique peut être attribuée à OLSR étant un protocole proactif et ayant des itinéraires toujours disponibles. L'avantage d'OLSR est qu'il réduit au maximum les informations de contrôle. Bien qu'OLSR fournisse un chemin de la source à la destination, ce n'est pas nécessairement le chemin le plus court, parce que chaque itinéraire contient les noeud MPR. [22]

### **II.1.1.3 Le protocole (CGSR) Cluster-head Gateway Switch Routing**

Dans le protocole Cluster-head Gateway Switch Routing (CGSR) [23], les nœuds mobiles sont agrégés en clusters et un cluster-head est élu. Tous les nœuds qui se trouvent dans la portée de communication du cluster-head appartiennent à son cluster. Un nœud de passerelle est un nœud qui se trouve dans la portée de communication de deux ou plusieurs cluster-heads. Un algorithme de sélection de tête de grappe est utilisé pour élire un nœud en tant que tête de grappe à l'aide d'un algorithme distribué au sein de la grappe. L'inconvénient d'un tel schéma de sélection de tête de cluster est que les changements fréquents de tête de cluster peuvent affecter de manière significative les performances du protocole de

roulage puisque les nœuds sont occupés dans la sélection du chef de cluster plutôt que dans le relais de paquets. Par conséquent, au lieu d'invoquer la resélection du chef de cluster chaque fois que l'appartenance au cluster change, un algorithme de clustering Least Cluster Change (LCC) a été utilisé. À l'aide de LCC, les chefs de cluster ne changent que lorsque deux chefs de cluster entrent en contact ou lorsqu'un nœud n'est plus en contact avec tous les autres chefs de cluster. [23]

CGSR utilise le protocole de routage DSDV comme schéma de routage sous-jacent et a donc presque la même surcharge de contrôle que le routage DSDV. Cependant, il modifie le routage DSDV en utilisant une approche de routage hiérarchique de la tête de cluster à la passerelle pour acheminer le trafic de la source à la destination. Un paquet envoyé par un nœud est d'abord acheminé vers son cluster-head, puis le paquet est acheminé du cluster-head vers une passerelle vers un autre cluster-head, et ainsi de suite jusqu'à ce que le cluster-head du nœud de destination soit atteint. Le paquet est ensuite transmis à la destination. La figure 2.3 illustre un exemple de ce schéma de routage. [23]



**Figure II.3 : CGSR: Example of routing from node 1 to node 12 [24]**

Pour utiliser cette méthode, chaque nœud doit maintenir une « table des membres du cluster » dans laquelle il stocke le cluster-head de destination pour chaque nœud mobile du réseau. Ces tables de membres de cluster sont diffusées périodiquement par chaque nœud à l'aide de l'algorithme DSDV. Les nœuds mettent à jour leurs tables de membres de cluster à la réception d'une telle table d'un voisin. En plus de la table des membres du cluster, chaque nœud doit également maintenir une table de routage qui est utilisée pour déterminer le

prochain saut afin d'atteindre la destination. À la réception d'un paquet, un nœud consultera sa table de membres de cluster et sa table de routage pour déterminer le chef de cluster le plus proche le long de la route vers la destination. Ensuite, le nœud vérifiera sa table de routage pour déterminer le prochain saut utilisé pour atteindre le cluster-head sélectionné. Il transmet ensuite le paquet à ce nœud.

### **II.1.2 Avantages du protocole de routage proactif**

- Moins de retard dans la transmission des données de la source à la destination car les chemins sont facilement disponibles pour toutes les destinations du réseau.
- L'utilisation du numéro de séquence garantit des chemins sans boucle.
- Ce protocole de routage est utilisé pour un réseau comportant jusqu'à 100 nœuds. Le taux de densité de paquets de ce protocole de routage diminue si la taille du réseau est supérieure à 100 nœuds. [25]

### **II.1.3 Inconvénients du protocole de routage proactif**

- Les performances des réseaux mobiles ad hoc seront dégradées en raison de la surcharge élevée.
- Avec les mises à jour régulières des informations de routage, la bande passante ainsi que la puissance de la batterie sont gaspillés dans le cas où le réseau mobile est inactif.
- **DSDV** ne convient pas aux grands réseaux et convient mieux aux petits réseaux avec jusqu'à 200 nœuds [26]
- Ce protocole est instable jusqu'à ce que tous les nœuds aient mis à jour leurs tables de routage lorsqu'il y a une modification de la topologie du réseau mobile ad hoc.

### **II.1.2 Protocoles de routage Réactive**

Dans le protocole de routage réactif, chaque nœud n'aura pas d'informations sur les autres nœuds. Lorsqu'un paquet doit être transmis, le nœud entrera en contact avec la destination et obtiendra les informations relatives à cette route uniquement. Chaque fois qu'un nouveau paquet doit être transmis, une recherche de route sera effectuée pour cette destination particulière. En termes simples, les itinéraires ne seront découverts que sur demande. Dans un tel cas, la surcharge du réseau sera moindre, mais le temps nécessaire pour obtenir les informations de route sera plus long par rapport aux protocoles de routage proactifs.

Les routes actives peuvent être rompues avec les changements fréquents de la topologie du réseau. Ces itinéraires ne seront stockés que pendant une certaine

période de temps dans le cache. Ils peuvent être réutilisés si un paquet doit être transmis à la même destination. Certains des exemples de protocoles de routage réactifs sont l'algorithme de routage ordonné dans le temps, le routage assisté par emplacement, le routage de source dynamique et le routage ad hoc à vecteur de distance à la demande. [27].

L'inconvénient majeur de ce protocole de routage est le temps nécessaire à la découverte de la route. Celle-ci sera très élevée dans les cas où la distance du nœud à la destination est très grande. Par rapport aux protocoles de routage proactifs, la consommation d'énergie et la génération de surcharge sont moindres.

Pour éviter un trafic important, lorsque la route est inconnue du nœud source, il vérifie auprès du nœud voisin. S'il n'obtient pas les informations requises sur la route vers la destination avec le nœud voisin, il étend la vérification aux autres nœuds du réseau. De cette manière, il maintient un trafic minimal sur le réseau en utilisant les schémas d'entretien des itinéraires. Mais, l'ensemble du réseau sera également inondé lors de la détermination de la route dans le protocole de routage réactif.

Ce protocole de routage n'a pas besoin de diffusions constantes. Les protocoles de routage réactifs sont considérés comme économes en bande passante. Les protocoles de routage réactif sont populaires par rapport aux protocoles de routage proactifs car ils consomment peu de bande passante.[28]

### **II.1.2.1 Protocole de vecteur de distance à la demande ad hoc (AODV)**

Le protocole de vecteur de distance séquencé par destination est utilisé pour former de petits réseaux ad hoc avec la coopération de nœuds mobiles. Le principal inconvénient de ce protocole est qu'il doit attendre que tous les nœuds mettent à jour leurs tables avant de transmettre un paquet de la source à la destination. L'annonce régulière des paquets de mise à jour entraîne un gaspillage de bande passante, une augmentation de la surcharge et des retards. Avant même de transmettre le tout premier paquet, la latence sera réduite car tous les nœuds du réseau doivent maintenir des tables de routage à jour. Avec l'utilisation des itinéraires à la demande dans les réseaux ad hoc, les inconvénients ci-dessus peuvent être surmontés. Il n'y aura pas de retard et aucune attente n'est requise pour les annonces régulières des paquets de mise à jour dans ce cas. Par

conséquent, un vecteur de distance à la demande ad hoc a été proposé pour minimiser les diffusions. L'objectif principal de ce protocole est de diffuser les paquets de mise à jour uniquement lorsque cela est nécessaire. Le protocole de vecteur de distance à la demande ad hoc est un excellent choix dans les communications sur le champ de bataille, les conférences, les services d'urgence, etc.

Les nœuds qui ne sont pas présents sur les chemins actifs ne transmettront pas activement les paquets de mise à jour et n'essaieront pas de maintenir leurs tables de routage à jour dans AODV. Les nœuds présents dans un réseau mobile ad-hoc utilisant le protocole AODV n'ont pas besoin de maintenir la liste des coûts à chaque destination à moins qu'un autre nœud essaie de communiquer avec ce nœud [28].

Le mécanisme de découverte de route de diffusion est utilisé par AODV. Dans ce mécanisme, un paquet de demande de route (RREQ) est envoyé pour trouver une route vers la destination. Un paquet de réponse de route (RREP) est renvoyé au nœud source par la destination lors de la réception du RREQ. Toutes les routes dans AODV sont maintenues sous forme de tables de routage. Les nœuds présents sur les chemins actifs ne maintiendront que leurs tables de routage. Un temporisateur est associé à ces tables de routage et si une table n'a pas été utilisée récemment, cette entrée sera supprimée de la table. Comme DSDV, AODV conserve également le numéro de séquence de destination dans ses tables de routage pour éviter le problème du comptage à l'infini.

Dans le protocole AODV, le numéro de séquence et l'identifiant de diffusion sont les deux compteurs gérés par chaque nœud du réseau. L'identifiant de diffusion est un numéro unique qui continue d'augmenter chaque fois qu'un nouveau paquet de demande de route est envoyé par le nœud source. Le format du paquet de demande de route est indiqué ci-dessous,

**< adresse source, numéro de séquence source, identifiant de diffusion, adresse de destination, numéro de séquence de destination, nombre de sauts >.**

Lors de la transmission du paquet RREQ, si le nœud source ne connaît pas la destination, le numéro de séquence de destination sera vide. Le nombre de sauts fait référence au nombre de sauts nécessaires pour envoyer les données de la source à la destination. Dès réception du RREQ, la destination renvoie un paquet de réponse de route à la source dans le format indiqué ci-dessous,

**< adresse source, adresse de destination, numéro de séquence de destination, nombre de sauts, durée de vie >.**

Le numéro de séquence de destination sera inclus par le nœud de destination lors de l'envoi du paquet RREP. Mentions à vie sur la validité de ces informations de chemin. Les paquets en double seront être rejeté par les nœuds intermédiaires. Si ce nœud intermédiaire a un numéro de séquence supérieur au RREQ, alors une réponse de route sera renvoyée au nœud source par le nœud intermédiaire. Si le numéro de séquence du nœud intermédiaire est inférieur au paquet entrant, alors ce RREQ sera diffusé davantage [28].

Prenons un exemple pour mieux comprendre ce protocole. Considérons un réseau mobile ad hoc avec des nœuds mobiles - A, B, C et D. Ce réseau ad hoc est illustré dans l'image ci-dessous.

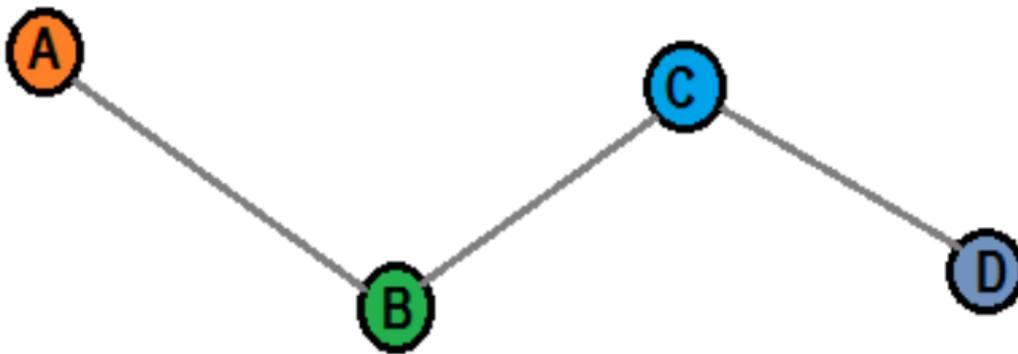


Figure II.4 : Un réseau mobile ad hoc avec quatre nœuds [29]

### II.1.2.1.1 Caractéristiques de l'AODV

- Unicast, diffusion multidiffusion communication.
- Itinéraire d'établissement sur demande avec un léger retard.
- Les arbres de multidiffusion qui relient les membres du groupe ont maintenu la durée de multidiffusion.
- Les interruptions de connexion sur les routes très fréquentées sont réparées de manière experte.
- Tous les chemins sont sans boucle en utilisant des numéros de série.
- Utilisez des numéros de série pour suivre le message de précision.
- Gardez une trace du prochain saut pour un itinéraire au lieu d'un itinéraire entier.
- Utilisez des messages HELLO périodiques pour garder une trace des voisins .

### **II.1.2.1.2 Les Avantages De AODV**

- Le principal avantage de la convention AODV est que les moyens définis sur demande pour les numéros d'arrangement de but sont utilisés pour localiser le dernier parcours vers le but.[30]
- L'association de temps de réglage est plus faible.
- Bonjour, les messages qui aident à l'entretien ont une portée limitée dans le but de ne pas créer de charges système inutiles.

### **II.1.2.1.3 Les inconvénients De AODV**

- L'un des inconvénients de cette convention est que les hubs à mi-chemin peuvent provoquer des conflits si le numéro d'arrangement source est ancien, le milieu des hubs routiers a un numéro de succession d'objectifs plus élevé mais pas plus actuel, sans sections de date. De plus, quelques faisceaux de réaction de cap à la lumière d'un colis de demande de direction solitaire peuvent entraîner des frais généraux.
- Une autre faiblesse de l'AODV est que l'étiquetage intermittent entraîne une utilisation inutile de la vitesse de transfert .[30]

## **II.1.2.2 PROTOCOLE DE DYNAMIC SOURCE ROUTING PROTOCOL (DSR)**

La convention de direction de source dynamique est une convention de direction réceptive pour MANET. Utilisez la direction de la source, ce qui implique que la source doit connaître le parcours total du saut de rebond vers l'objectif. Ces cours rangés dans un magasin de manière. Les groupes d'informations transmettent le chemin source dans l'en-tête source. Un DSR peut apprendre des cours en écoutant des paquets non adressés en utilisant le mode promiscuité. DSR-PR désactive le filtrage des adresses d'interface et garantit que le protocole réseau reçoit tous les paquets écoutés par l'interface. Ces paquets sont analysés à la recherche de routes source ou de messages d'erreur utiles, puis supprimés. DSR se compose de deux étapes qui coopèrent pour permettre à la révélation de suivre des cours uniques dans le système spécialement désigné.[30]

Convention de direction simple et efficace DSR destinée sans équivoque à être utilisée dans des systèmes de hub portables multi-sauts polyvalents et

impromptus. Il s'auto-organise naturellement, sans cadre ni organisation actuelle. Les concentrateurs du système envoient des paquets à un autre concentrateur, permettant une correspondance croisée sur divers rebonds entre les concentrateurs à l'intérieur de la portée de transmission à distance les uns des autres. Tous les concentrateurs du système peuvent rejoindre ou quitter le système à tout moment et en tout lieu. La topologie du système change dans le but que l'arrangement ou les rebonds modérés importants pour atteindre n'importe quel objectif puissent changer à tout moment. La convention DSR permet aux hubs d'identifier puissamment un moyen source sur différents systèmes pour atteindre n'importe quel objectif sur le système spécialement désigné. Chaque paquet de données envoyé par le hub source contient la liste complète des hubs par lesquels le colis doit passer. Il rend la direction insignifiante sans que les cercles maintiennent une distance stratégique par rapport à l'exigence de données de rupture au milieu des nœuds routiers par lesquels le faisceau est transmis. Les hubs qui transmettent ce colis peuvent facilement réserver des données de direction pour une utilisation ultérieure.[30]

Il consiste en une voie de découverte principale entre la source et la destination pour maintenir les chemins du réseau. Ils sont:

### **Découverte du Parcours :**

L'instrument utilise des efforts pour que le hub S ne connaisse pas le chemin vers D. Au moment où un hub dans un système spécialement désigné s'efforce d'envoyer un paquet d'informations vers un objectif pour lequel il ne connaît pas encore le chemin. La révélation de cours fonctionne en attaquant la coordonnée parcellaire du RREQ avec une sollicitation directe. Chaque hub qui reçoit une demande la retransmet, sauf s'il s'agit de l'objectif ou s'il a un cap vers l'objectif dans sa réserve. Ce hub réagit à la demande avec un colis de réponse de cours RREP qui a orienté vers source. Routage des paquets de demande de réponse également acheminés vers la source. La requête crée le chemin d'accès jusqu'à présent. La parcelle de réaction signalée par le chemin est réservée au point d'accès pour des utilisations ultérieures. À tout hasard qu'une connexion sur un cours source s'est interrompue, un pack d'erreurs d'itinéraire RERR a été généré. L'erreur de routage est renvoyée à la source qui supprime toutes les entrées du cache de routage le long du chemin contenant une connexion interrompue. La détection de l'itinéraire d'origine doit être lancée à partir de la stipulation de la source de départ, cet itinéraire est immobile et ne voulait aucun autre itinéraire trouvé dans le cache.[30]

## **Entretien de l'itinéraire :**

Le magasin de cours n'utilise plus jamais son cours à D car l'association pourrait être intruse. Au moment où Route Maintenance démontre qu'un parcours source est perturbé, S peut essayer d'utiliser un autre parcours au cas où il trouverait un autre parcours. Ce système est utilisé pour les besoins groupés. L'entretien des voies est effectué par chaque hub qui produit ou transmet un faisceau d'informations le long d'un itinéraire source. Chaque nœud de ce type est chargé de confirmer que le paquet a reçu du prochain saut le long de la route d'origine indiquée dans le paquet ; le paquet retransmis jusqu'à réception de cet accusé de réception. Cette confirmation peut être fournie gratuitement aux utilisateurs ou à partir d'une reconnaissance passive.[31]

### **II.1.2.2.1 Avantages du DSR**

Routage à la demande : routes gérées uniquement entre nœuds pour communiquer.

1. Une route est mise en cache : réduit la surcharge d'entretien de la route.
2. La mise en cache des routes peut réduire davantage la surcharge des routes
3. Une seule découverte de chemin peut générer plusieurs chemins depuis le nœud intermédiaire qui répond à partir des caches locaux est utile lors de la création d'itinéraires routiers.
4. Les nœuds intermédiaires utilisent efficacement le routage et diminuent l'utilisation des ressources.[31]

### **II.1.2.2.2 Inconvénients DSR**

1. Non évolutif : la taille du sous-titre du paquet augmente pendant la durée du conduit due routage des ressources
2. Niveau réseau : manière dont le composant de support ne rétablit pas une connexion interrompue localement.
3. Collision : Il faut veiller à maintenir une distance stratégique par rapport aux collisions entre les demandes de pilotage se sont propagées depuis les hubs voisins.
4. Problème de réponse d'itinéraire - Augmentation des conflits si trop de réactions de cours reviennent en raison d'une réaction des hubs utilisant le magasin voisin.
5. Problème de cache obsolète : un paquet à mi-chemin peut lancer une réponse de route en utilisant une route mise en cache qui pollue ensuite d'autres caches.

6. Le délai d'établissement de la connexion est plus long que les protocoles basés sur des tables. Cela implique un long délai avant d'envoyer les informations du paquet principal.[31]

### **II.1.2.3 Avantages du protocole de routage réactif**

- Dans ce type de protocoles de routage, seules les routes nécessaires sont stockées dans les tables de routage.
- Besoin minimisé de diffusion.
- Les doublons et les besoins en mémoire seront réduits.
- Lorsqu'il y a un lien rompu dans les routes actives du réseau, il y aura une réponse rapide.
- L'utilisation du numéro de séquence de destination permet d'éviter le problème de boucle de route.
- La bande passante n'est pas gaspillée dans ce cas car il n'y a pas d'annonce périodique des itinéraires.
- Moins de retard pour la configuration de la connexion.
- Ce protocole de routage est utilisé pour les réseaux avec au moins 100 nœuds ou plus. [31]

### **II.1.2.4 Inconvénients du protocole de routage réactif**

- Si les nœuds intermédiaires ont un très ancien, cela peut conduire à des routes incohérentes.
- Il y a des chances d'une surcharge de contrôle importante lorsqu'un nœud reçoit plusieurs paquets RREQ dans répondre à un seul paquet RREQ.

## **II.1.3 PROTOCOLE DE ROUTAGE HYBRIDE**

### **II.1.3.1 INTRODUCTION**

DSR, AODV ont observé deux protocoles de routage à la demande vers MANET connectés dans une coutume de routage hiérarchique. L'environnement est créé pour transférer des statistiques d'un emplacement à un autre avec des dimensions de 1000 mx 1000 m. 100 nœuds fournis en entrée.

Xlocs, Ylocs découverts dans un réseau. Au hasard, l'origine, les nœuds de destination ont été choisis par les nœuds. Démarrez la zone de couverture réseau pour trouver la couverture définie pour chaque nœud. [32]

Basé sur le DSR, le chemin trouvé en fonction du nœud adjacent le plus proche. Dans la procédure de routage DSR, le nœud d'origine transmet le paquet au nœud de destination qui vous reçoit une route. Comprend des enregistrements vocaux définis pour à peu près tous les nœuds. L'article informatif est maintenant expédié. Le nœud de destination de lieu de vacances continue le nœud d'origine communicant RREP. Il montre le chemin dans le cache de chemin après que le nœud de base a obtenu RREP. Le nœud conserve le package de sauvegarde dans un tampon voisin. Dans l'entretien de la route, un autre but est détecté par le nœud d'origine en cas de changement de topologie du réseau ou même de connexion interrompue à mesure que le réseau augmente. Lorsqu'une route est interrompue en raison de la mobilité d'un nœud ou d'un nœud défaillant, les protocoles de routage plats tels que DSR, AODV suppriment généralement l'intégralité du chemin initial et démarrent un autre cycle de découverte pour établir une nouvelle route entre l'origine et la destination. Lorsqu'un itinéraire est interrompu, seuls quelques sauts sont généralement interrompus, mais les autres sauts sont toujours intacts. Par conséquent, l'approche traditionnelle qui consiste à gaspiller des connaissances sur l'itinéraire original peut entraîner des coûts globaux importants dans l'itinéraire global des découvertes.

Ensuite, il initialise l'algorithme de routage AODV pour optimiser le protocole. La zone DSR est affectée à la zone AODV des fichiers xloc, yloc DSR transférés vers xlocs, yloc de AODV. Les paramètres de vitesse sont configurés à 10 m/s, 50 m/s. VODA est combiné avec le protocole de routage DSR, appelé protocole de routage hybride [32]

### II.1.3.2 Définition

Le protocole de routage hybride est une combinaison des meilleures propriétés du routage proactif ainsi que du routage réactif. Par conséquent, ce protocole de routage est appelé un protocole de routage hybride proactif - réactif. Dans le protocole de routage hybride, l'ensemble du réseau est divisé en zones. Chaque nœud présent dans le réseau est le centre de sa propre zone. Les nœuds d'une zone sont de deux types, comme illustré à la figure 6 :

**a) nœuds intérieurs** et **b) nœuds périphériques**. Le nœud est appelé nœud intérieur si sa distance au nœud source est inférieure au rayon de la zone et le nœud est appelé nœud périphérique si sa distance au nœud central est identique au rayon de la zone. Au fur et à mesure que les zones se chevauchent, le protocole de routage de zone est également appelé protocole plat. En conséquence, la

congestion qui se produit dans le réseau peut être minimisée et la détection des itinéraires optimaux peut être effectuée.

Il n'y aura pas de retard dans la livraison d'un paquet si la source et la destination sont présentes dans la même zone. En effet, les tables de routage de tous les nœuds auront un enregistrement de toutes les destinations présentes dans cette zone grâce à l'utilisation d'un protocole de routage proactif. Si la source et la destination sont présentes dans deux zones différentes, il y aura un retard dans la livraison du paquet car le protocole de routage réactif est utilisé et les routes ne sont recherchées qu'à la demande. [32]

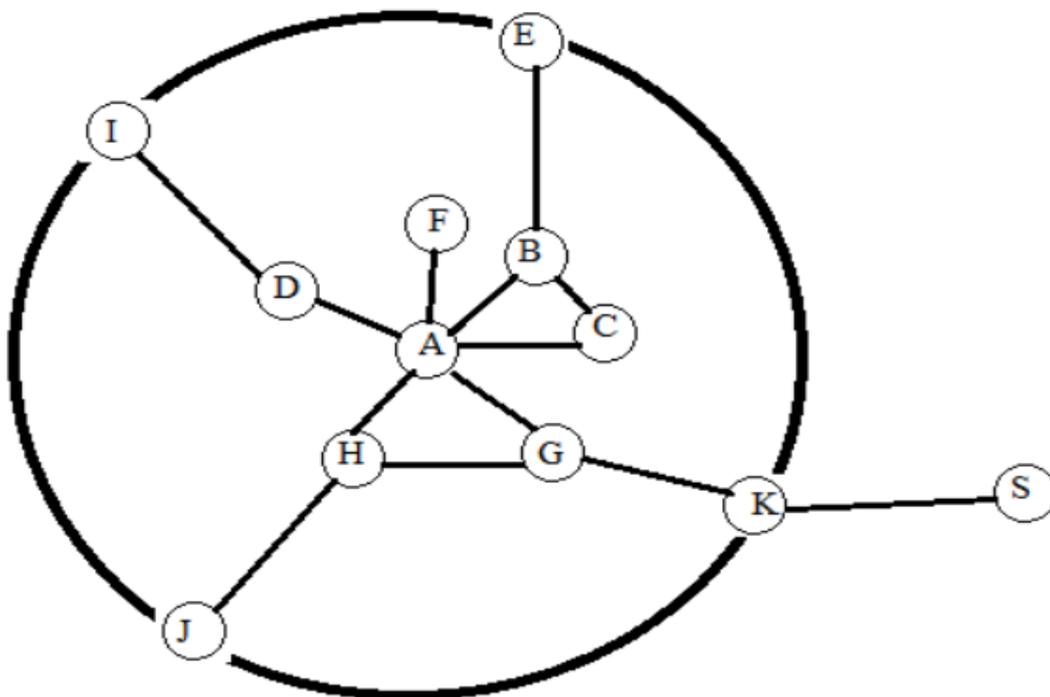
La majorité du trafic sera envoyée aux nœuds disponibles à proximité dans les réseaux ad hoc. Le protocole de routage de zone réduira la portée du routage proactif en le minimisant à une zone où chaque nœud sera le centre. Les informations de routage seront maintenues facilement pour une zone limitée. Dans ce cas, il y aura une diminution du gaspillage des informations de routage.

Le routage réactif peut être utilisé pour interagir avec les nœuds éloignés. Ainsi, le protocole de routage proactif est utilisé par les nœuds présents dans une zone et le protocole de routage réactif est utilisé par les nœuds présents à l'extérieur de la zone. L'interrogation de tous les nœuds du réseau ne sera pas nécessaire lorsque les demandes de routage arrivent car les informations de routage sont stockées dans tous les nœuds à l'aide d'un routage proactif.

Le protocole de routage de zone est de nature adaptative. Cela dépend du comportement des utilisateurs et également de la configuration actuelle du réseau. [32]

### **II.1.3.2.1 Protocole de routage de zone**

Le protocole de routage de zone (ZRP) est un protocole sans fil hybride utilisé efficacement pour réduire la surcharge de paquets et accélérer le processus de livraison. ZRP divise l'ensemble des réseaux en petites zones appelées zones. Dans ZRP, la zone est définie comme une zone dans laquelle réside un ensemble de nœuds. Le rayon de la zone de routage est représenté par  $\rho$  et les unités de ce rayon sont les sauts.[32]



**Figure II.5 : Une zone en ZRP [33]**

La figure affiche le protocole de routage de zone. Les nœuds partitionnés en hubs internes bordent les hubs. Au moment où la séparation de base du moyeu focal est exactement équivalente à la zone de balayage, ces moyeux sont appelés moyeux de frange. Les moyeux intérieurs ont une séparation de base plus petite que la zone de portée. le nœud A au nœud F est un nœud interne ; nœud G à nœud J est des nœuds périphériques nœud K est externe à la zone de routage. Il existe deux chemins pour atteindre le nœud H, l'un avec une longueur de saut de 2 et l'autre avec une longueur de saut de 3. Cependant, le nœud H est à l'intérieur.

À partir des conventions de direction spécialement désignées décrites ci-dessus pour les systèmes polyvalents impromptus, la convention de direction AODV est considérée comme plus productive en ce qui concerne le support de voie de preuve reconnaissable du parcours.

ZRP utilise une idée appelée Bordercasting. Le changement de bande utilise les données de topologie fournies par IARP pour guider la demande vers la zone périphérique. Le protocole de résolution Bordercast donne l'avantage de l'acheminement groupé à la périphérie. BRP utilise un guide d'une zone de direction étendue pour fabriquer des arbres disponibles localement pour les ensembles de questions. Là encore, il utilise la direction de la source en vue de

la région de pilotage ordinaire. L'utilisation de la sollicitation de direction des instruments de contrôle peut bien sûr loin des régions d'organisation officiellement sécurisées. En gardant à l'esprit l'objectif final de reconnaître les nouvelles erreurs d'interface des concentrateurs voisins, le ZRP dépend d'une convention de divulgation contiguë (NDP) donnée par le niveau de contrôle d'accès moyen. NDP transmet les étiquettes HELLO aux intervalles habituels. Au moment où une balise est obtenue, la table des aires est actualisée. Les voisins, pour lesquels aucune étiquette n'inclut d'entrée dans un délai prédéterminé, sont expulsés du tableau. Au cas où la couche MAC exclurait le NDP, l'utilité doit être donnée par IARP. La liaison entre les segments est apparue sur la Fig. 5.2. Les rafraîchissements de voie sont activés par les demandes de direction. IERP envoie des demandes avec BRP. BRP utilise la table de pilotage IARP pour diriger les sollicitations à partir de la source de demande [32]

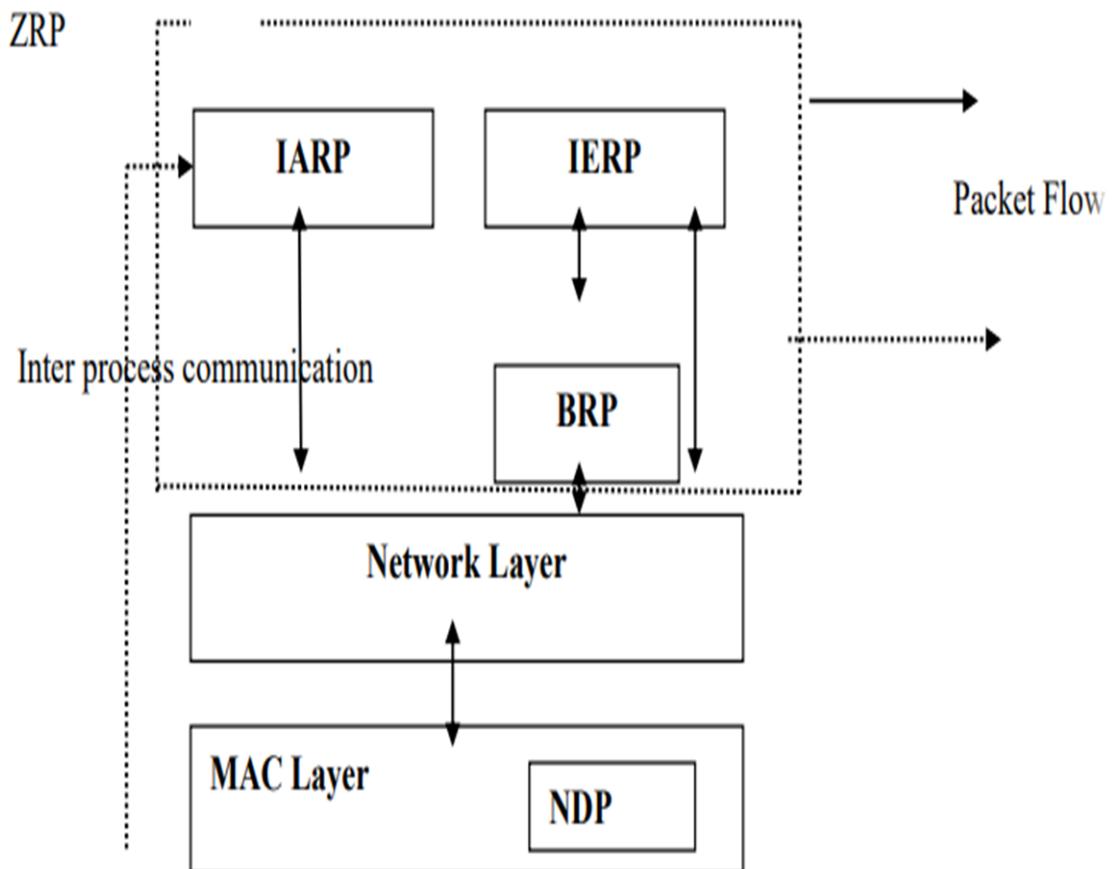


Figure II.6 : ZRP Architecture [34]

### **II.1.3.3 Avantages des protocoles de routage hybride**

1. Coût de recherche limité.
2. Ce protocole de routage convient aux réseaux avec au moins 1000 nœuds ou plus.
3. Le délai est moindre pour les destinations avec la zone. [35]

### **II.1.3.4 Inconvénients des protocoles de routage hybride**

1. Il y a un retard important pour les destinations en dehors de la zone.
4. Une grande quantité de ressources est nécessaire pour les zones de grande taille [35]

## **Conclusion**

La stratégie de routage est utilisée dans le but de découvrir les chemins qui existent entre les nœuds. Le but principal d'une telle stratégie est l'établissement de routes qui soient correctes et efficaces entre une paire quelconque d'unités, ce qui assure l'échange des messages d'une manière continue.

Nous avons présenté, dans ce chapitre, un panorama des protocoles les plus connus, proposés pour effectuer le routage dans les réseaux ad hoc. Nous avons décrit leurs principales caractéristiques et fonctionnalités qui permettent d'assurer l'acheminement des données .

III



**SIMULATION**

### III. Introduction

Le routage dans un réseau manet est une tâche difficile car les nœuds source et de destination sont mobiles et, par conséquent, les décisions de routage doivent être modifiées dynamiquement en cas de défaillance de liaison ou de retard de paquet. Dans le chapitre précédent, nous avons discuté les protocoles de routage dans les Manets, l'objectif du présent chapitre est de déterminer la différence entre les performances du protocole de routage lors du fonctionnement dans un MANET avec des nœuds mobiles.

Dans toutes nos simulations, Nous avons utilisé NS2, nous avons évalué cinq facteurs (débit, surcharge de routage, délai et taux de livraison de paquets et consommation d'énergie) et comparé dans trois environnements (AODV, OLSR et DSDV). Les performances ont été analysées dans les scénarios suivants : (i) faire varier le nombre de nœuds (ii) faire varier le temps de pause .

#### III.1 Evaluation des performances

La figure 1 illustre les principales étapes de simulation avec NS2 en commençant par le réglage des paramètres de simulation jusqu'à l'obtention des résultats de cette simulation.



Figure III.1 : Étapes du flux de simulation

## III.2 Environnement de simulation

### III.2.1 Le Simulateur Ns2

En général les simulateurs réseaux autorisent les développeurs à créer et à simuler de nouveaux modèles sur un réseau arbitraire en spécifiant à la fois le comportement des noeuds du réseau et les canaux de communication.

Parmi les simulateurs les plus connus on trouve NS2 (Network Simulator Version-2), qui est un simulateur d'événements discret et open source. Il est conçu spécialement pour la recherche sur les réseaux. L'open source signifie que tous les utilisateurs peuvent étudier librement le code source, le modifier ou le distribuer (Toor & Jain 2017). NS2 supporte la simulation filaire et sans fil de fonctions et de protocoles tels que TCP, UDP, etc. Sa flexibilité et son comportement modulaire rendent ce type de simulateur de réseau bien connu.

Ce simulateur est écrit dans deux langages : Le premier étant le C++ qui définit le mécanisme interne des objets de simulation tandis que Tool Command Language orienté objet (OTcl) est utilisé plutôt dans le contrôle des scénarios de simulation et dans la planification des événements.

Ces deux langages sont couplés à l'aide de TclCL. NS2 exécute des simulations pour explorer différentes questions comme l'interaction des protocoles, le contrôle de la congestion, l'effet de la dynamique du réseau, l'évolutivité, etc.

La sortie de la simulation est sous forme de texte ou d'animation. Pour interpréter ces résultats de manière graphique et interactive, des outils tels que NAM (Network AniMator), XGraph et Gnuplot sont utilisés. La sortie de la simulation de type texte peut être transformée en une présentation plus flexible.

#### **Parmi les caractéristiques du NS2 :**

- Il fournit la simulation d'une diversité de protocoles HTTP, TCP, UDP, SRM, RTP et certains algorithmes de routage.

- Il englobe pratiquement toutes les variantes de TCP, les différentes formes de multidiffusion, les réseaux câblés, les protocoles de routage adhoc (AODV, AOMDV, OLSR etc..), la diffusion de données, les satellites et autres.
- Il couvre tous les modèles de propagation qui sont différents des téléphones cellulaires. — Le NS2 utilise différents générateurs de scénarios : Générateur de topologie, générateur d’agents et générateur de routage.
- Dans NS2, le planificateur d’événements conserve la traçabilité du temps de simulation et relâche tous les événements dans la file d’attente en faisant appel aux composants réseau appropriés.
- Il assure l’animation et la représentation des résultats de simulation par le NAM et le X-Graph.

### III.2.2 Démarches

Nos résultats ont été obtenus après de multiples simulations en faisant varier le nombre et la mobilité des noeuds communicants. Pour les simulations, certains paramètres ont été utilisés. Les différents paramètres utilisés sont représentés sur le tableau suivant :

Paramètres	Value
<b>Simulator</b>	NS2(2.35)
<b>Channel Type</b>	Channel/wireless channel
<b>Radio-Propagation model</b>	Programation /Two RayGround
<b>Link Layer Type</b>	LL
<b>Antenna Model</b>	Antenna/Omni Antenna
<b>MAC Type</b>	Mac/802 .11
<b>Interface Queue Type</b>	Queue/DropTail/PriQueue CMUPriQueue
<b>Network Interface Type</b>	Phy/WirelessPhy
<b>Number of nodes</b>	10.20.30.40.50
<b>Traffic Type</b>	TCP .FTP
<b>Area of the network</b>	1000m*1000m
<b>Transmission Range</b>	350 m
<b>Simulation Time</b>	300 s
<b>Node speed</b>	20 m/s
<b>Packet size</b>	512 Mbit

**Tableau III.1 :paramètres de simulation**

### **III.3 Les mesures des performances de la simulation**

Dans cette section, les mesures quantitatives les plus connues sont utilisées pour l'évaluation des protocoles OLSR , DSDV , DSR et AODV . Ces mesures sont : Le débit (Throughput), Le taux de livraison des paquets (Packet Delivery Ratio) , le délai de bout en bout (End to end delay) et la gigue (Jitter ). Ces métriques sont étudiées selon deux volets : nombre des nœuds et la mobilité des nœuds .

Pour l'évaluation d'une métrique, nous avons considéré la valeur moyenne des résultats de performance de 10 modèles de scenario.

#### **III.3.1 Débit " Throughput "**

Le débit est défini comme le rapport des données totales atteignant un récepteur depuis l'expéditeur. Le temps mis par le récepteur pour recevoir le dernier message est appelé débit. Le débit est exprimé en octets ou en bits par seconde (octet/sec ou bit/sec). Certains facteurs affectent le débit comme; s'il y a de nombreux changements de topologie dans le réseau, une communication peu fiable entre les nœuds, une bande passante disponible limitée et une énergie limitée. Un débit élevé est un choix absolu dans chaque réseau. Le débit peut être représenté mathématiquement comme dans l'équation. Cela représente le nombre de paquets reçus par la destination dans un intervalle de temps donné. C'est une mesure de l'efficacité d'un protocole de routage.[36]

#### **III.3.2 Taux de livraison des paquets (Packet Delivery Ratio)**

Le taux de livraison de paquets (PDR) est défini comme le rapport entre les paquets de données livrés avec succès aux nœuds de destination et le nombre total de paquets de données générés pour ces destinations. Le PDR caractérise le taux de perte de paquets, qui limite le débit du réseau. Plus le taux de livraison est élevé, meilleures sont les performances du protocole de routage. Le rapport entre les données livrées à la destination et les données envoyées par la source. [36]

### **III.3.3 Délai de bout en bout (End to end delay)**

L'intervalle de temps moyen entre la génération de paquets dans un nœud source et leur livraison réussie dans un nœud de destination. La performance serait meilleure lorsqu'elle est faible. [36]

### **III.3.4 Surcharge du routage(Routing Overhead)**

Il s'agit du rapport entre les transmissions liées au routage (RREQ, RREP, RERR, etc.) et les transmissions de données dans une simulation. Une transmission est un nœud qui envoie ou transmet un paquet. Dans les deux cas, la charge de routage par unité de données a été livrée avec succès à la destination.

Il s'agit du nombre total de paquets de contrôle ou de routage (RTR) générés par le protocole de routage pendant la simulation. Tous les paquets envoyés ou transférés au niveau de la couche réseau sont considérés comme une surcharge de routage.

$$\text{Surcharge de routage} = \text{nombre de paquets RTR} \quad [36]$$

### **III.3.5 Consommation d'énergie**

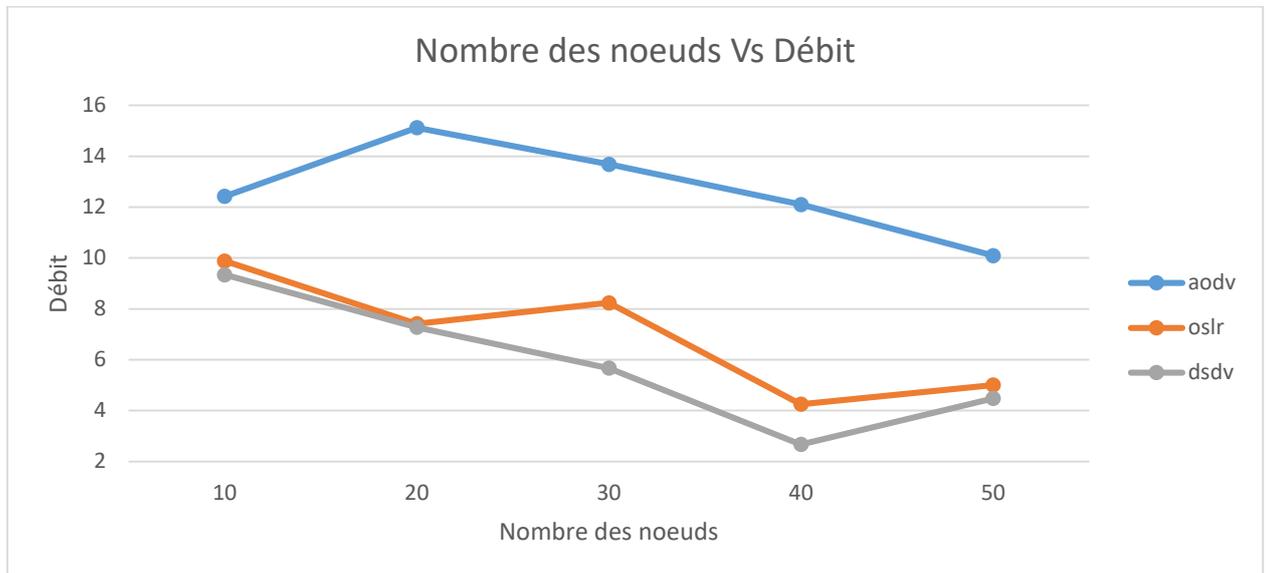
Pour mesurer précisément le coût énergétique pour la découverte de routes ou la transmission de données multi-sauts sous le contrôle de différents protocoles de routage MANET, nous calculons la consommation d'énergie par octet (ecpb), pour l'évaluation du protocole.[36]

## **III.4 Discussions et comparaisons des résultats de simulation**

Dans cette analyse, nous avons fait varier le nombre de nœuds de 10 à 50 avec un incrément de 10 nœuds, tandis que nous avons fixé le temps de pause à 30 s, la taille du réseau à 600 x 600 m<sup>2</sup> et la durée de la simulation à 150 s. Les autres paramètres du réseau sont identiques à ceux décrits ci-dessus.[36]

### III.4.1 Le nombre des nœuds

#### 1- Le débit (Throughput)



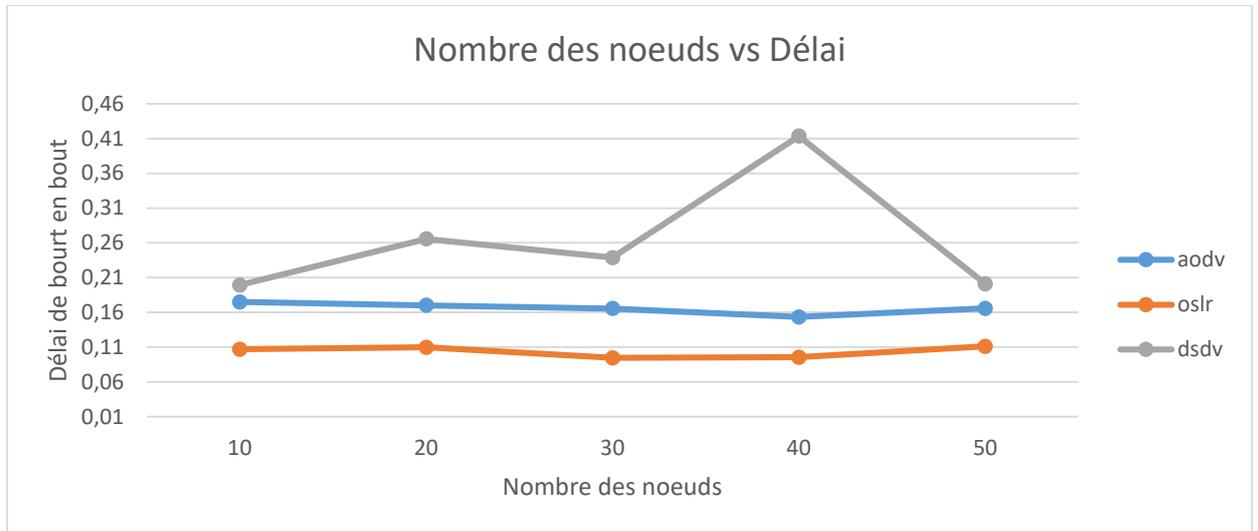
**Figure III.2 nombre des nœuds vs le débit**

Dans le graphe de la figure fig 2, nous observons que lorsque le nombre de nœuds augmente bien que nous observions une augmentation du débit dans tous les protocoles, nous constatons que le DSR est un peu plus stimulé par rapport au repos. Nous ne voyons pas beaucoup d'augmentation en cas d'OLSR. Dans DSDV, nous pouvons observer une immobilité lorsque les nœuds sont augmentés de 5 à 10, mais une légère augmentation de 10 à 15 nœuds. AODV montre une augmentation constante du débit à mesure que nous augmentons le nombre de nœuds. [36]

#### 2- Delay (End to end delay)

La figure 3.3 donne des informations sur le délai de bout en bout lorsque nous varions le nombre de nœuds. Les protocoles de routage ont des performances différentes dans e2edelay, le protocole OSLR ayant la valeur la plus faible par rapport aux protocoles de routage DSDV et AODV. Le protocole OSLR a atteint une valeur de retard e2e égale à 0,111149 s, le protocole DSDV a atteint une valeur de retard e2e égale à 0,210932 s et le protocole AODV a atteint une valeur de retard e2e égale à 0,165754 s. Par conséquent, les résultats ont montré que le protocole OSLR

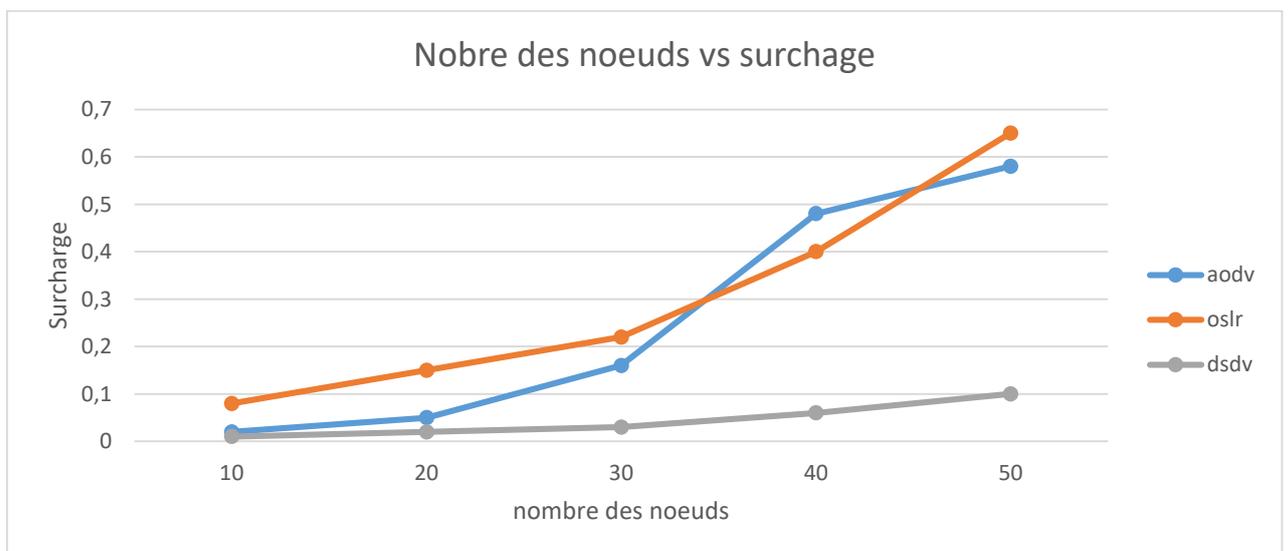
présente les meilleures performances en termes de délai e2e. Cependant, le protocole AODV est meilleur que le protocole DSDV en termes de délai e2e.[36]



**Figure III.3 : nombre des nœuds vs le délai**

### 3-La surcharge de routage (routing overhead)

À partir de la Fig.3.4 de la simulation , nous notons que lorsque le MANET a un grand nombre de nœuds, cela entraînera une surcharge énorme, comme dans la figure lorsque le nombre de nœuds passant de 20 à 50 nœuds, la surcharge augmente pour le AODV et l'OSLR également , qui est considéré comme un surcoût énorme .[36]



**Figure III.4 : nombre des nœuds vs Surcharge de routage**

#### 4-Taux de livraison des paquets (Packet Delivery Ratio)

Dans PDR, comme le montre la figure 3.5, les performances de DSDV sont bien meilleures que celles de OSLR. Où DSDV a obtenu 98,87 % de PDR au nœud 10 et 96,64 % au nœud 50. Cependant, AODV est meilleur que OSLR en termes de PDR, où AODV a atteint 90,4 % de PDR et OSLR a atteint 66,67 % de PDR. Par conséquent, on peut voir que le protocole DSDV a reçu une plus grande quantité de données par rapport aux protocoles de routage AODV et OSLR. [36]

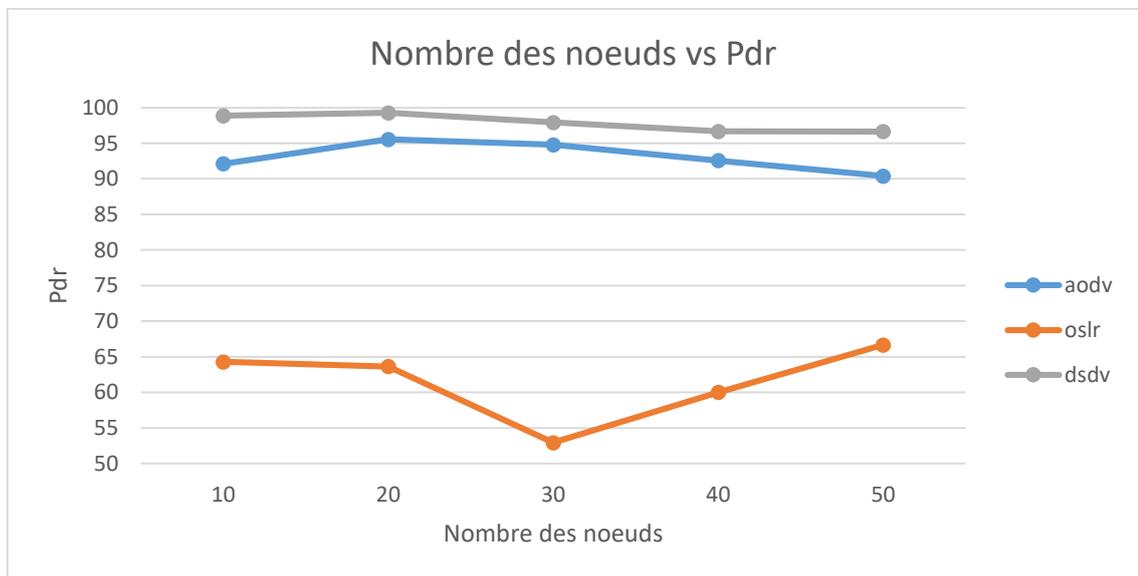
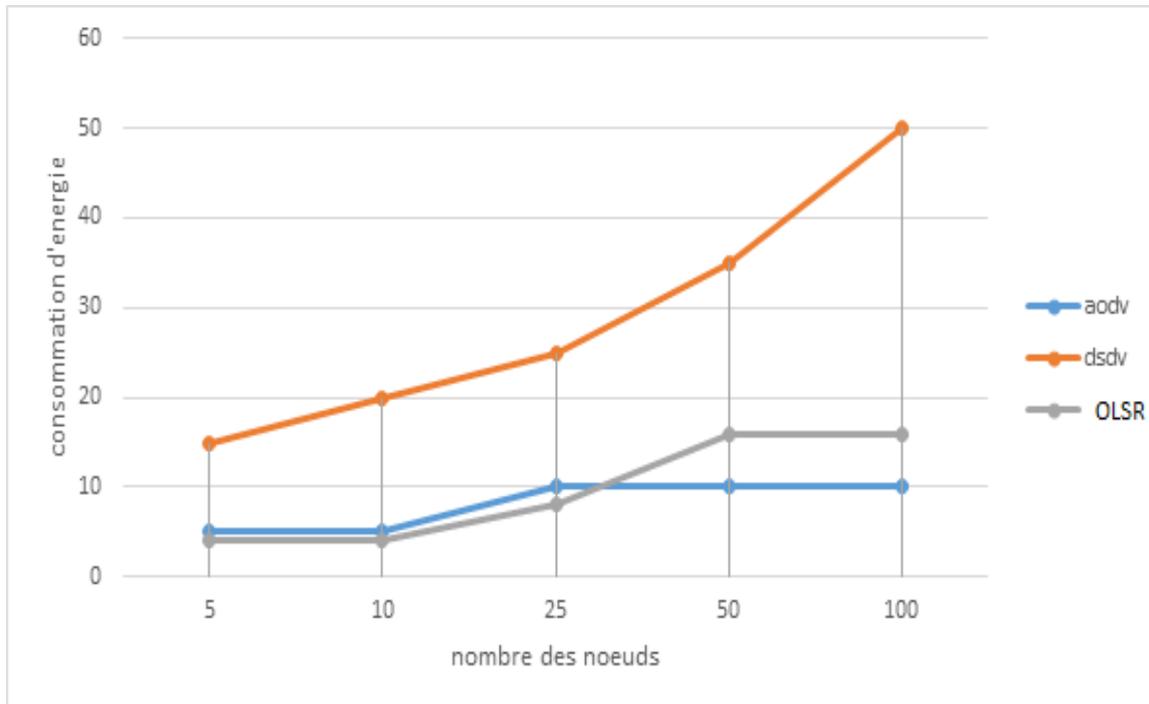


Figure III.5 nombre des nœuds vs PDR

#### 5-La consommation d'énergie

Dans ce modèle, chaque nœud se déplace à une vitesse constante (15 m/s, une vitesse moyenne pour les réseaux mobiles ad hoc), et ne s'arrête jamais, c'est-à-dire que dans les quatre scénarios ci-dessus sous le modèle de taille de réseau, chaque nœud se déplace toujours.

La comparaison de la consommation d'énergie des protocoles de routage selon la taille de réseau est illustrée à la figure 6



**Figure III.6 : nombre des nœuds vs consommation d'énergie**

Ainsi, la taille du réseau a un effet remarquable sur la consommation d'énergie pour la découverte de routes et la transmission de données multi-sauts sous le contrôle de différents protocoles de routage MANET. Bien que l'augmentation de la taille du réseau entraîne une augmentation de la consommation d'énergie des trois protocoles de routage, différents protocoles ont une capacité d'adaptation différente au changement de taille du réseau. Par exemple, lorsque la taille du réseau est petite, qu'il s'agisse d'un protocole piloté par table ou à la demande, les trois protocoles sont compétents pour économiser la consommation d'énergie, mais lorsque la taille du réseau devient plus grande, DSDV fonctionne mal sur consommation d'énergie.[36]

### **Résultat 1 :**

Les résultats ont montré que DSDV est meilleur que les protocoles de routage OSLR et AODV en termes de PDR et débit, tandis que AODV est meilleur que DSDV et OSLR en Débit. OSLR est meilleur que les autres protocoles en retard e2e.

En raison de l'importance de PDR, Nous concluons que DSDV est le meilleur protocole par rapport aux protocoles AODV et OSLR.

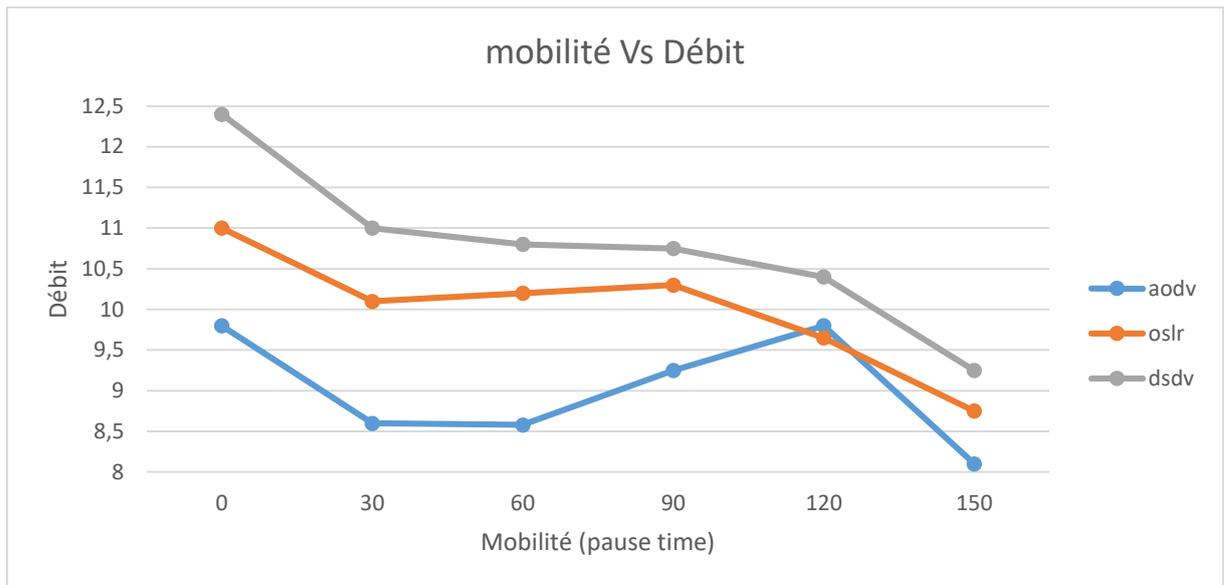
### **III.4.2 La mobilité des nœuds**

Dans l'analyse de la mobilité, nous considérons les temps de pause suivants : 0 s, 30 s, 90 s, 120 s et 150 s. La mobilité du réseau variait d'une condition mobile élevée (temps de pause de 0 s) à une condition statique (temps de pause de 150 s).

La vitesse maximale est fixée à environ 10 m/s et le nombre total de nœuds est fixé à 30 pour chaque scénario ( pause time) en gardant tous les autres paramètres fixes.[36]

#### **1- Le débit( Throughput)**

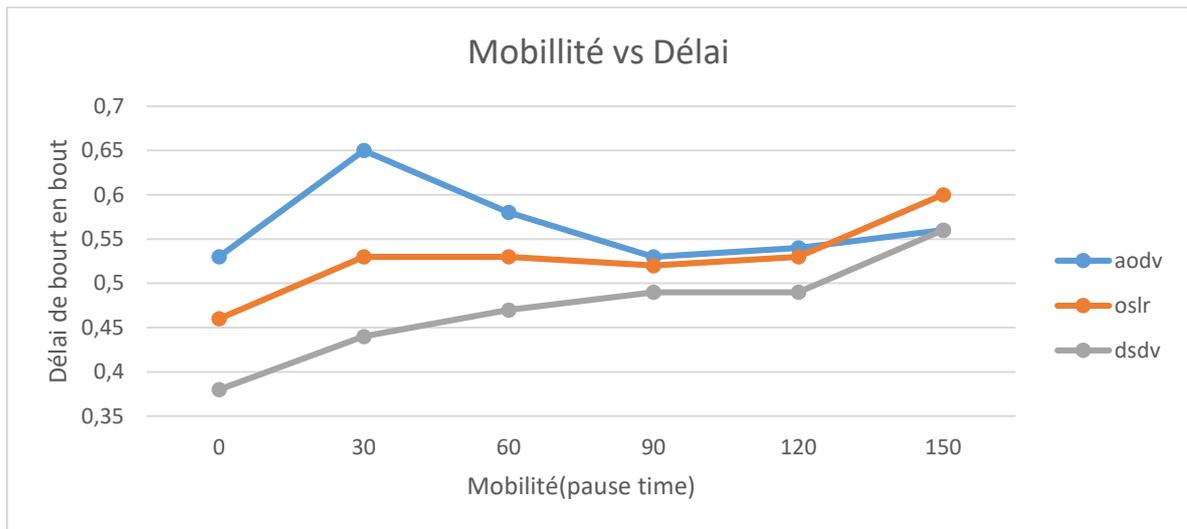
Le graphe 7 représente le débit de tous les protocoles considérés à différentes valeurs de mobilité des nœuds. Pour l'ensemble des protocoles , nous pouvons observer diminution du débit lorsque la mobilité est passée de 10 mps à 60 mps, mais de 60 mps à 120 mps, nous pouvons observer une augmentation pour l'AODV. Nous remarquons que DSDV donne une diminution constante. OSLR inscrit une grande diminution de débit à partir de 60 mps [36]



**Figure III.7 : vitesse des nœuds vs le débit**

## 2- Délai de bout en bout (Delay)

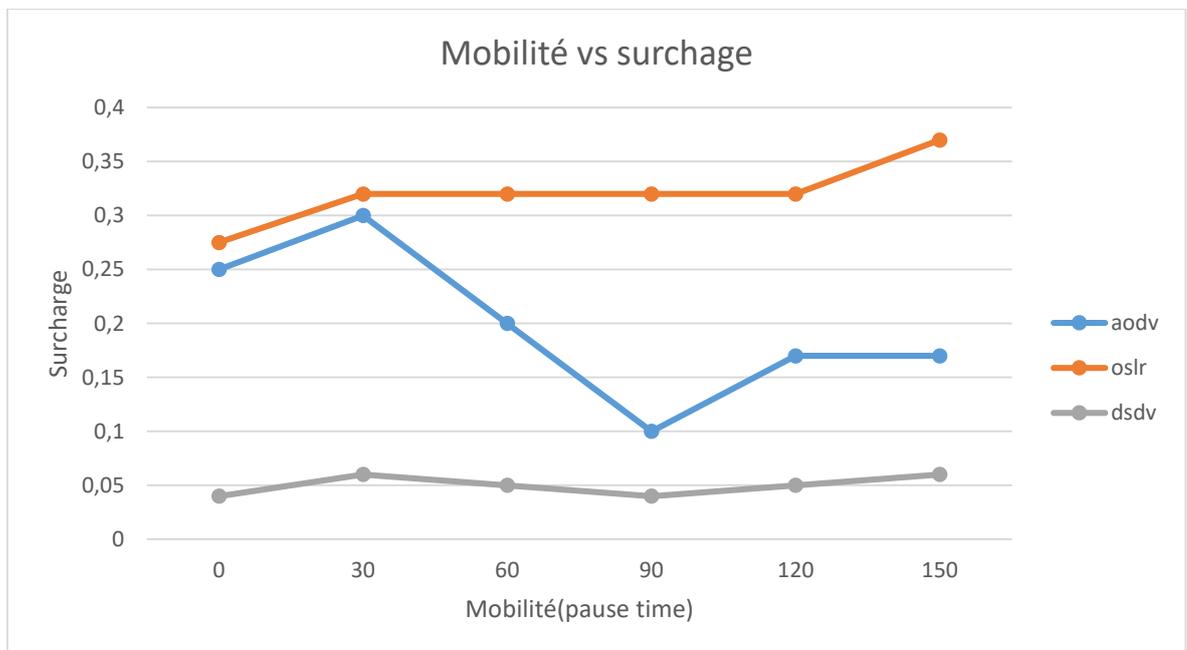
Le graphe de la figure 8 visualise l'évolution du délai moyen avec la vitesse du nœud. Nous avons observé qu'à partir d'un temps de pause de 90 s jusqu'à un temps de pause de 150 s, AODV, OLSR et DSDV ont presque les mêmes performances en termes de délai moyen mais, en cas de condition de mobilité élevée, c'est-à-dire 0s et 30s de temps de pause, DSDV a le plus bas par rapport à AODV et OLSR.[36]



**Figure III.8 : Mobilité Des nœuds vs délai**

### 3-La surcharge de routage (routing overhead)

À partir de la Figure 9 de la simulation , nous notons que lorsque le MANET a une grande vitesse ( pause entre 0 et 30) pour l'OSLR et l'AODV cela entraînera une surcharge énorme, lorsque le nombre de nœuds passant de 60 mps à 150 mps nœuds, la surcharge est presque stable pour DSDV et l'OSLR [36]



**Figure III.9 : Mobilité des noeuds vs la surcharge de routage**

#### 4-Pdr

La figure 10 montre l'effet de la mobilité sur le PDR, OLSR est meilleur que AODV et DSDV.[36]

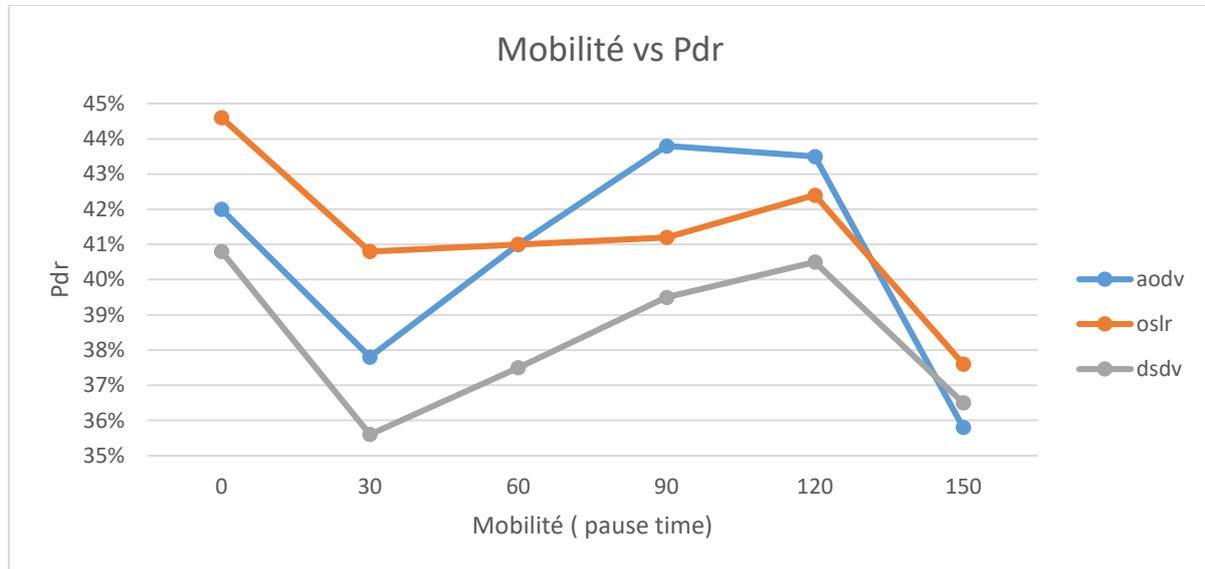


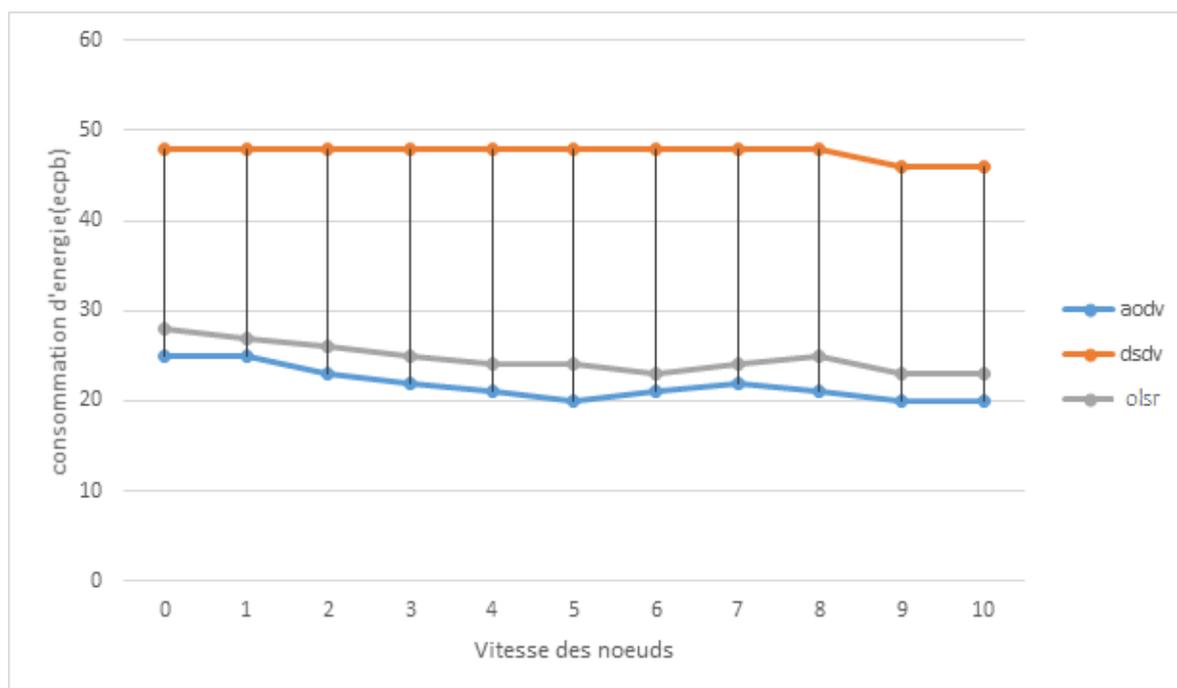
Figure III.10 : Vitesse des nœuds vs Pdr

#### 5-La consommation d'énergie

Dans ce modèle de mobilité, onze scénarios différents où le temps de pause des nœuds mobiles est fixé de 0 s à 10 s respectivement. Plus le temps de pause est long, plus le réseau est statique ; plus le temps de pause est court, plus le réseau est dynamique. À noter, lorsque le temps de pause est nul, les nœuds du réseau sont toujours en mouvement.

Comme le montre la figure 10, la consommation d'énergie de l'AODV et DSR est le plus petit et diminue légèrement avec l'augmentation du temps de pause, et est d'environ 2,26 fois l'AODV.

Ainsi, l'augmentation du temps de pause des nœuds peut économiser la consommation d'énergie des protocoles de routage MANET pour la transmission de données multi-sauts.



**Figure III.11 : Vitesse des nœuds (pause time) vs consommation d'énergie**

### Résultats 2 :

En terme de mobilité, nous avons constaté que OLSR est le protocole le plus approprié pour le réseau de nœuds à haute mobilité

### Conclusion

Les résultats indiquent que les performances sont meilleures surtout lorsque le nombre de nœuds dans le réseau est plus élevé. Les performances du protocole de routage réactif AODV sont les meilleures en raison de sa capacité à maintenir la connexion par échange périodique d'informations. À l'aide du simulateur NS-2, nous avons créé les scénarios dans lesquels, à l'aide du script tcl, il est exécuté. Après avoir analysé les graphiques, nous avons conclu que OSLR indique son efficacité et ses performances les plus élevées sous haute mobilité que DSDV, et les performances en ce qui concerne la surcharge de de réseau ( nombre des nœuds) les performances d'DSDV ont les meilleurs que le protocole de routage AODV .

---

# **CONCLUSION GENERALE**

**D**ans ce travail, nous avons étudié que les réseaux mobiles ad hoc sont composés de nœuds directement tous connectés, moins l'assistance de presque toutes les infrastructures ou gestions. Dans le cas où deux nœuds se trouvent à portée de transmission l'un de l'autre, la communication peut être menée via des nœuds ou même un système. Et aussi les nœuds vraiment organisés seraient censés être placés partout. Les nœuds sont tous absolument totalement libres de manœuvrer partout, à tout moment et partout en rythme. À un degré d'autonomie, le mouvement continu et arbitraire des nœuds contribue à la topologie énergétique. Notamment, ces systèmes se sont distingués par une forte capacité due à la clameur et à l'accélération inhérentes à la transmission sans fil, ainsi qu'à une évaporation multi-chemins, une capacité de batterie minimale du processus cellulaire, une capacité imparfaite, des connexions entrantes, des performances accélérées, une polyvalence, une robustesse et une topologie de réseau extrêmement dynamique.

Dans ce mémoire, nous nous sommes focalisés sur l'étude des protocoles de routages dans les réseaux MANETs pour évaluer leur efficacité et leur capacité à fournir une connectivité fiable et efficace dans des environnements sans infrastructure fixe.

Dans l'ensemble, les protocoles de routage pour les réseaux MANET présentent à la fois des avantages et des limites. Ils offrent une grande flexibilité et une grande adaptabilité, permettant aux nœuds mobiles de se connecter et de se déplacer librement sans dépendre d'une infrastructure centralisée. Cela les rend particulièrement adaptés aux scénarios où la mise en place d'une infrastructure fixe est difficile ou impossible, tels que les opérations militaires sur le terrain, les réseaux de capteurs sans fil ou les réseaux de véhicules.

Cependant, les protocoles de routage MANET doivent faire face à plusieurs défis spécifiques. La mobilité des nœuds peut entraîner des changements fréquents de topologie du réseau, ce qui rend la découverte et le maintien des routes plus complexes. De plus, la bande passante, l'énergie et les ressources des nœuds sont souvent limitées, ce qui nécessite des mécanismes de routage efficaces et économes en énergie.

Les évaluations des performances des protocoles de routage MANET sont généralement réalisées à l'aide de simulations sur NS2.

Ces évaluations prennent en compte des métriques telles que le débit, le taux de livraison, le pdr et la consommation d'énergie. Les résultats de ces évaluations sont variés en fonction du scénario d'utilisation spécifique, des paramètres de configuration et des charges de trafic.

En conclusion, l'étude des performances des protocoles de routage dans les réseaux MANET est un domaine de recherche important pour garantir des communications efficaces dans des environnements sans infrastructure. Bien que les protocoles de routage MANET offrent une grande flexibilité, ils doivent faire face à des défis liés à la mobilité, à la gestion de la topologie et à la gestion des ressources. Le choix du protocole de routage approprié dépend des exigences spécifiques de l'application et du contexte d'utilisation, et il est important de prendre en compte les résultats des évaluations de performance pour prendre une décision éclairée.

# Référence

- [1] <https://networksimulationtools.com/wp-content/uploads/2020/12/Manet-Projects.png> consulté le 07/05/2023 à 11h
- [2] <https://www.researchgate.net/profile/OusmaneThiare/publication/30518538/figure/fig12/AS:669473396764679@1536626304738/Le-modele-des-reseaux-mobiles-avec-infrastructure.png> consulté le 08 /05/2023 à 17 H
- [3] <https://www.memoireonline.com/05/12/5853/Proposition-et-simulation-d-un-algorithme-de-partage-de-ressources-dans-les-manets-base-sur-l-algor5.png> consulté le 07/05/2023 à 16h
- [4] M. S. Corson and J. Macker, “Mobile Ad Hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations,” RFC 2501, IETF, January 1999..
- [5] <https://www.researchgate.net/profile/Imene-Lahyani/publication/332342691/figure/fig1/AS:746349423235074@1554954977642/Reseau-mobile-ad-hoc.jpg> consulté le 05/02/2023
- [6] <https://fr.slideshare.net/hadjerbd/qualit-de-service-dans-les-rseaux-mobiles-ad-hoc> consulté le 08/05/2023 à 19H
- [7] J.A. Freebersyser and B. Leiner, “ Ad-hoc networking, ” chapter A DoD Perspective on Mobile Ad Hoc Networks in Charles E. Perkins Ad-hoc networking. London, Addison Wesley, 2001.
- [8] <https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcROn3bA5Pzc27a88QOa6eicjKwb2UoaHJm2yQ&usqp=CAU> consulté le 08/05/2023 à 18H
- [9] K. W. M. Hülsmann, Understanding Autonomous Cooperation and Control in Logistics, Springer,, 2007.
- [10] N. A. e. M. S. ABDEDOU, Détection et Exclusion des Noeuds Egoïstes dans les Réseaux Mobiles ad hoc, Année 2008 -2009.

- [11] Lawrence, E. Ramavel, L. (2016). Fundamentals of mobile ad hoc network.(book)
- [12] [https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTQJOmEBkahyGqCOu\\_d0adjeSRGSpM4nTJEFhFUK47hCoGSD9jzHSLkeWb\\_Ciy6aqpW-vY&usqp=CAU](https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTQJOmEBkahyGqCOu_d0adjeSRGSpM4nTJEFhFUK47hCoGSD9jzHSLkeWb_Ciy6aqpW-vY&usqp=CAU)
- [13] Koujalagi, 2018) Koujalagi, A. (2018b). Considerable detection of black hole attack and analyzing its performance on aodv routing protocol in manet (mobile ad hoc network). American Journal of Computer Science and Information Technology, 06(02) :1–6.
- [14] Giordano, S., . U. A. (2005). Self-organized and cooperative ad hoc networking. Mobile Ad Hoc Networking
- [15] Omari, S.A.K.A., . S. P. (2010). An overview of mobile ad hoc networks for the existing protocols and applications. An Overview of Mobile Ad Hoc Networks for the Existing Protocols and Applications., 2(1) :87–110.
- [16] Das, S. K., BS Manoj, B. S., & Ram Murthy, C. S. (2002, June). A dynamic core based multicast routing protocol for ad-hoc wireless networks. In Proceedings of the 3rd ACM international symposium on Mobile ad-hoc networking & computing (pp. 24-35). ACM.
- [17] Beijar, N. (2002). Zone routing protocol. Network Laboratory, Helsinki University of Technology APPLICATION Besse, F. (2012). *Réseaux ad hoc aéronautiques* (Doctoral dissertation, Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace (ISAE))
- [18] <https://www.researchgate.net/profile/Taj-Aldeen-Abdali2/publication/345971587/figure/fig1/AS:958704153264130@1605584290819/Mobile-Ad-hoc-Network-MANET-categories.png> consulté le 15/05/2023
- [19] <https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/b440e414cc189cbf3fdd2c630ee2da4a06b860d0/3-Figure2-1.png> consulté le 16/05/2023
- [20] G. S. Malkin and M. E. Steenstrup. “Distance-Vector Routing,” in M. Steenstrup (Ed.), Routing in Communications Networks, pp. 83–98. Prentice-Hall, 1995.
- [21] J. Moy. “Link-State Routing,” in M. Steenstrup (Ed.), Routing in Communications Networks, pp. 135–157. Prentice-Hall, 1995.
- [22] P. Jacquet, P. Muhlethaler, A. Qayyum, A. Laouiti, L. Viennot and T. Clausen, “Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) ,” IETF Draft, Oct. 2001.
- [23] G. Holland and N. Vaidya, “Analysis of TCP Performance over Mobile Ad Hoc Networks,” ACM/Kluwer Wireless Networks, 8(2-3):275–288, 2002.

- [24] [https://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-99/ftp/adhoc\\_routing/fig3.gif](https://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-99/ftp/adhoc_routing/fig3.gif) consulté le 10/05/2023
- [25] Abolhasan, M., Wysocki, T. & Dutkiewicz, E. (2004). A review of routing protocols for mobile ad hoc networks. *Ad Hoc networks*, 2(1), 1-22
- [26] David Oliver Jorg (2003) Performance comparison of MANET routing protocols in different network sized. Computer science project, Institute of Computer Science and Applied Mathematics, Computer Networks and Distributed Systems (RVS), University of Berne, Switzerland.
- [27] Haas, Z. J., & Pearlman, M. R. (2001). The performance of query control schemes for the zone routing protocol. *IEEE/ACM Transactions on Networking (TON)*, 9(4), 427-438.
- [28] Haas, Z. J., Pearlman, M. R., & Samar, P. (2001). The interzone routing protocol (IERP) for adhoc networks. draft-ietf-manetzone-ierp-01. txt, IETF MANET Working Group.
- [29] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/Echanges\\_wifi\\_adhoc\\_rotage.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/Echanges_wifi_adhoc_rotage.png) consulté le 05/06/2023
- [30] Alex Hinds; et.al, (2012), —Performance Evaluation of Security Algorithms for the AODV MANET Routing Protocoll, PP: 311-315.
- [31] Abolhasan, M., Wysocki, T. & Dutkiewicz, E. (2004). A review of routing protocols for mobile ad hoc networks. *Ad Hoc networks*, 2(1), 1-22.
- [32] Kapoor, R., & Gerla, M. (2003, March). A zone routing protocol for Bluetooth scatternets. In *Wireless Communications and Networking, 2003. WCNC 2003. 2003 IEEE* (Vol. 3, pp. 1459- 1464). IEEE
- [33] <https://www.researchgate.net/profile/KamaljitLakhtaria/publication/48166305/figure/fig5/AS:668403270430733@1536371166663/ZRP-having-Zone-radius-a-2.png> consulté le 23/05/2023
- [34] <https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/b440e414cc189cbf3fdd2c630ee2da4a06b860d0/3-Figure2-1.png> consulté le 23/05/2023
- [35] Abolhasan, M., Wysocki, T. & Dutkiewicz, E. (2004). A review of routing protocols for mobile ad hoc networks. *Ad Hoc networks*, 2(1), 1-22.
- [36] Belding-Royer E.M., Perkins C.E., and Chakeres I. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing: Work in progress. July 2004