

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

## UNIVERSITE IBN KHALDOUN - TIARET



# MEMOIRE



Présenté à :

FACULTÉ MATHÉMATIQUES ET INFORMATIQUE  
DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE

Pour l'obtention du diplôme de :

**MASTER**

Spécialité : Réseaux et Télécommunication

Par :

**Benyamina Abdelaziz**  
**Bouchika Ali**

*Sur le thème*

---

## **Analyse les modèles de mobilité utilisées dans les protocoles de routages réactifs dans les MANET**

---

Soutenu publiquement le 30 / 09 / 2021 à Tiaret devant le jury composé de :

Mr DAHMANI Youcef	Grade Université	Président
Mr BEKKAR Khaled	Grade Université	Encadreur
Mr EDDA Boualem	Grade Université	Examineur

2020-2021

# Dédicace

A nos parents, pour tous leurs  
sacrifices, au long de nos études.

A nos chers amis pour leurs  
encouragements, et leur  
soutien...

# Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer de terminer ce mémoire.

Nous remercions notre encadreur

**BEKKAR Khaled** pour ses efforts, et son bon encadrement.

Nous remercions les membres du jury.

Nous remercions tous les professeurs de l'université

Ibn-Khaldoun Tiaret.

# Table des matières

Liste des figures .....	I
Glossaire.....	II
Introduction générale .....	1

## Chapitre 1 : Généralités sur les réseaux *Ad hoc*

. Introduction .....	3
. Historique.....	3
Le réseaux Ad hoc .....	4
Définition de réseaux Ad-hoc .....	4
Modélisation d'un réseau ad-hoc .....	4
Les domaines d'applications des réseaux ad hoc .....	5
Avantages des réseaux ad-hoc .....	6
Architecture ou topologie des réseaux Ad Hoc .....	6
Acheminement de l'information dans un réseau ad-hoc .....	7
Types des réseaux ad-hoc .....	8
Les réseaux <i>MANETs (Mobile Ad hoc Networks)</i> .....	8
Les réseaux de capteurs ( <i>WSNs</i> ) .....	9
Les réseaux maillés ( <i>WMNs</i> ) .....	10
1.3.7.4 Différences entre <i>WSNs</i> , <i>WMNs</i> et <i>MANETs</i> .....	11
Caractéristiques des <i>MANETs</i> .....	12
Les applications des réseaux mobiles ad hoc ( <i>MANETS</i> ).....	13
Avantages de réseaux <i>MANET</i> .....	14
Modèles de mobilité dans les <i>MANETs</i> .....	15
Modèle de mobilité aléatoire ( <i>Random Walk</i> ).....	15
Modèle de mobilité avec des étapes de déplacement saccadé ( <i>RandomWaypoint</i> ) .....	16
Limitations dues au support de transmission .....	16
CONCLUSION .....	18

## Chapiter2:PROTOCOLES DE ROUTAGE POUR LES MANETs

2 .1 Introduction.....	19
Critères de classification des protocoles de routage.....	19

Evaluation de topologie, de destination ou de position pour le routage .....	20
Classification des protocoles par les MANET.....	20
Routage proactif, réactif ou hybride .....	21
Métriques exploitées dans le routage .....	24
Routage uniforme ou non uniforme .....	25
Protocoles de routage unicast à un seul chemin .....	25
Protocoles de routage proactifs.....	25
Le protocole DSDV (Destination Sequenced Distance Vector ).....	25
Le protocole WRP (Wireless Routing Protocol) .....	26
Le protocole GSR (Global State Routing) .....	27
Le protocole FSR (Fisheye State Routing) .....	28
Le protocole OLSR (Optimized Link State Routing) .....	28
Protocoles de routage réactifs .....	29
Le protocole DSR (Dynamic Source Routing) .....	29
Le protocole AODV (Ad-hoc On Demand Distance Vector) .....	31
Le protocole CEDAR (Core Extraction Distributed Ad hoc Routing) ...	33
Les protocoles de routage hybrides (ou basés sur les zones) .....	34
Le protocole ZRP (Zone Routing Protocol) .....	34
Le protocole ZHLS (Zone based Hierarchical Link State) .....	34
2.8 Conclusion .....	36

### **Chapter3 : Simulation et Discussion des résultats**

Introduction.....	37
Présentation du NS2 .....	37
Le fichier utilise dans cette simulation .....	37
TCL : Tool Command Langage.....	37
L'outil de visualisation NAM.....	38
Awk script.....	38
Avantages et Inconvénients de la simulation sous NS.....	39
Simulation et discussion des résultats.....	39
Modèle de simulation.....	40
Les Résultats de simulation avec la consultation .....	40
3.6.1. Débit (Average Throughput) ... ..	41
3.6.2Taux de livraison des paquets (Packet delivery ratio).....	42

## Table des matières

---

Délai moyen de bout à bout (Average End to End Delay) .....	44
Charge de routage normale (Routing Over Head).....	46
2.7 Conclusion .....	48
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>49</b>

### Liste des figures

Figure 1.1: Exemple d'un réseau ad hoc .....	1
Figure 1.2 : graphe du réseau Ad-hoc.....	5
Figure 1.3: Architecture plate .....	6
Figure 1.4 : Architecture hiérarchique.....	7
Figure 1.5 Paradigme de routage dans un réseau de capteurs .....	10
Figure 1.6. Architecture générale d'un réseau maillé .....	11
Figure 1.7 : Application des Réseaux Ad-hoc .....	14
Figure 1.8 Modèle de déplacement aléatoire d'un nœud mobile .....	16
Figure 2.1 : Classification des protocoles par les MANET .....	20
Figure 2.2: Principe de fonctionnement des protocoles proactifs .....	21
Figure 2.3: Fonctionnement des protocoles réactifs .....	23
Figure 2.4: Stations cachées .....	24
Figure.2.5: Exemple de table de routage avec le protocole de routage DSDV .....	26
Figure 2.6 : Technique « œil du poisson » .....	28
Figure 2.7 : construction de la route source de la requête de route dans DSR.....	30
Figure 2.8 : propagation de la réponse de route dans DSR.....	30
Figure.2.9: Recherche de route dans AODV .....	32
Figure 2.10: La décomposition du réseau en zones.....	35
Figure 3.1: Exemple de simulation visualisée avec le NAM.....	38
Figure 3.2 Explication de la séquence de simulation .....	39
Figure 3. Débit moyen d'AODV, DSR mobilité modèle Random Walk .....	42
Figure 3.4 Débit moyen d'AODV, DSR mobilité modèle RandomWay point.....	42
Figure 3.5 Taux de livraison des paquet d'AODV, DSR mobilité modèle Random Walk.....	43
Figure 3.6 Taux de livraison des paquets d'AODV, DSR mobilité modèle RandomWay point .....	43
Figure 3.7 Comparaison du Délai moyen de bout en bout .....	44

### Glossaries

AODV (Ad Hoc On demand Distance Vector Routing)

CEDAR (Core Extraction Distributed Ad hoc Routing)

DSR (Dynamic Source Routing).

DSDV (Destination Sequenced Distance Vector)FSR

(Fisheye State Routing)

GSR (Global State Routing)

I'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers

I'IETF (Internet Engineering Task Force)

LAN (Local Area Network)

MMWN (Multimedia Mobile Wireless Network

MANET (Mobil Ad hoc Network)

OLSR (Optimized Link State Routing)

PAN (Personnel Area Network)

TTL (Time To Live)

TCL: Tool Command Language

WINGs (Wireless Internet Gateway)

WSNs (*Wireless Sensor Networks*)

WMNs (*Wireless Mesh Networks*)

WRP (Wireless Routing Protocol)

ZRP (Zone Routing Protocol)

ZHLS (Zone based Hierarchical Link State)

### Introduction générale

L'heure actuelle, l'utilisation de la technologie sans fil a occupé le marché mondial des réseaux. Télécommunication. Plusieurs normes ont vu le jour, par exemple : Wifi (IEEE802.11) , Bluetooth (IEEE 802.15.1) .

Une personne avec un mobile peut consulter ses e-mails tout en naviguant sur Internet en aéroports, gares ou autres lieux publics. Lors d'une conférence, les chercheurs peuvent transférer des fichiers et d'autres types d'informations via leurs appareils électroniques via des réseaux locaux sans fil ; chez lui, l'utilisateur peut synchroniser les données et échanger des fichiers entre les différents terminaux

Il existe deux types de réseaux mobiles, les réseaux mobiles avec infrastructure et les réseaux mobiles ad hoc. Les réseaux mobiles avec infrastructure sont basés sur un ensemble de sites fixes appelés stations de base, ces sites vont relier les différents nœuds mobiles pour former un réseau interconnecté. L'inconvénient de ce type de réseau c'est qu'il requière le déploiement d'une importante infrastructure fixe. Les réseaux ad hoc en contrepartie n'ont besoin d'aucune infrastructure fixe préexistante.

Une personne avec un mobile peut consulter ses e-mails tout en naviguant sur Internet en

Aéroports, gares ou autres lieux publics. Lors d'une conférence, les chercheurs peuvent transférer des fichiers et d'autres types d'informations via leurs appareils électronique via des réseaux locaux sans fil ; chez lui, l'utilisateur peut synchroniser les données et échanger des fichiers entre les différents terminaux Il existe deux types de réseaux mobiles, les réseaux mobiles avec infrastructure et les réseaux mobiles ad hoc. Les réseaux mobiles avec infrastructure sont basés sur un ensemble de sites fixes appelés stations de base, ces sites vont relier les différents nœuds mobiles pour former un réseau interconnecté. L'inconvénient de ce type de réseau c'est qu'il requière le déploiement d'une importante infrastructure fixe. Les réseaux ad hoc en contrepartie n'ont besoin d'aucune infrastructure fixe préexistante.

Un MANET est un réseau ad-hoc constitué d'un ensemble de terminaux homogènes souvent en permanence mobilité. Bien qu'à l'origine dédiés à des applications militaires, ils peuvent être correctement déployé dans les situations d'urgence telles que les missions de premiers secours en cas de incendies ou catastrophes naturelles (inondations, tremblements de terre, etc.) Les recherches actuelles dans les réseaux ad-hoc sont orientées vers des algorithmes

Déroutage. En effet à cause de la mobilité des nœuds il est très difficile de localiser destination à un instant donné, protocoles de routage conçus pour les réseaux statiques sont donc inadaptés à ce type de réseau. Plusieurs protocoles de routage pour les réseaux ad hoc ont été développés, chaque protocole essaie de maximiser les performances du réseau minimiser le temps de livraison des paquets, l'utilisation de la bande passante et consommation d'énergie. Les algorithmes de routage pour les réseaux ad hoc peuvent être classés en trois catégories, protocoles pilotés par table, protocoles et protocoles à la demande Hybridé

Les protocoles réactifs établissent les tables de routage sur demande. Un nœud source va donc connaître la route à emprunter pour atteindre un nœud destination qu'après en avoir fait la demande.

Cela engendre la surcharge du réseau lors de l'inondation des requêtes effectuées pour répondre à la demande de route et un temps d'attente plus long surtout en cas de changement brutal de la topologie du réseau, ce qui peut arriver fréquemment dans la mesure où cette topologie est dynamique.

De plus, à cause du délai d'attente conséquent, il peut être nécessaire de gérer la buffering des paquets pour éviter leur perte [1]

Ce mémoire divisé en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous présentons et parlons des réseaux mobiles ad hoc, de leurs caractéristiques, leurs applications et types.

Au deuxième chapitre on présente une classification des différents protocoles de routage pour les réseaux ad hoc et on décrit en détail quelques protocoles tout en indiquant leurs avantages et leurs inconvénients.

Dans le troisième chapitre nous étudions deux protocoles réactifs AODV et DSR par simulation avec NS-2 dans la simulation nous changeons le nombre de nœuds et le modèle de mobilité. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de tableaux et de graphiques. Enfin nous terminons cette thèse par une conclusion générale.

### Introduction

. Les environnements mobiles offrent aujourd'hui une grande flexibilité d'emploi. En particulier, ils permettent la mise en réseau des sites dont le câblage serait trop onéreux à réaliser dans leur totalité, voire même impossible.

Dans ce chapitre, nous présentons les caractéristiques des réseaux statiques, des réseaux *Ad hoc* et des *MANETs* ainsi que les problématiques spécifiques associées. Nous définissons la notion de service dans les réseaux *MANETs* et nous présentons un aperçu des solutions aux problèmes classiques.

### Historique

À l'origine les réseaux ad hoc sont utilisés pour les applications militaires (réseau tactique) pour améliorer et garantir la communication dans les champs de bataille, l'absence d'une infrastructure est recommandée dans ce genre d'environnement.

Au début des années 70, la première utilisation d'un réseau avec un support radio au sein de projet Pocket Radio Network [1] (PRNet) en 1973 de DARPA (The Défense Advanced Research Projets Agency), il dispose d'une architecture distribuée qui partage le canal de diffusion (broadcast) en utilisant une combinaison des méthodes Aloha et CSMA pour l'accès au canal avec une technique de routage store-and-forward multi-hop qui élargir la zone de couverture par répétition des paquets.

Par la suite, en 1983, Lesur viable Radio Networks (SURAN) a été développé aussi par DARPA. L'objectif était d'étendre le réseau afin de dépasser les limitations (en particulier permettre le passage à des réseaux comportant énormément des nœuds, gérant la sécurité, l'énergie,). En 1987, l'introduction des technologies LPR(Low-cost Packet Radio) et SCN (Survivable Communication Network), il y a plusieurs d'autres projets qui portent sur ce domaine tel que : GloMo (Global Mobile) un système d'information de DRPA fournis des services multimédias sur une connexion sans fil, WINGs (Wireless Internet Gateway) une architecture réseau Peer-to-Peer , MMWN (MultiMedia Mobile Wireless Network de GTE Inter networking) une architecture réseau à base des clusters, TI(Tac tical Internet) une implémentation d'un réseaumobile multi saut en 1997, ELB ACTD(Extending the Littoral Battle-space Advanced Concept Technology Démonstrations) un autre réseau ad hoc financé par l'armée américaine en 1999.

Les recherches sont apparues dans le monde commercial au années 90 avec l'apparition de protocole 802.11 de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

Le groupe de travail MANET (Mobil Ad hoc Network) de l'IETF (Internet Engineering Task Force) est l'un des groupes actifs qui s'intéressent aux réseaux ad hoc.

### Un réseau Ad hoc :

Un réseau ad hoc [2],[3] est une collection d'hôtes équipés par des interfaces sans fil qui peuvent communiquer entre eux sans aucune administration centralisée, en utilisant une technologie de communication sans fil comme Wifi, Bluetooth, etc.

L'opposé des réseaux filaires où uniquement certains nœuds dits "routeurs" sont responsables de l'acheminement des données, dans un réseau ad hoc tous les nœuds sont à la fois routeurs et terminaux. Le choix des nœuds qui vont assurer une session de communication dans un réseau ad hoc se fait dynamiquement selon la connectivité du réseau, d'où l'appellation "Ad-hoc" la figure 1.1 représente un exemple d'un réseau ad hoc

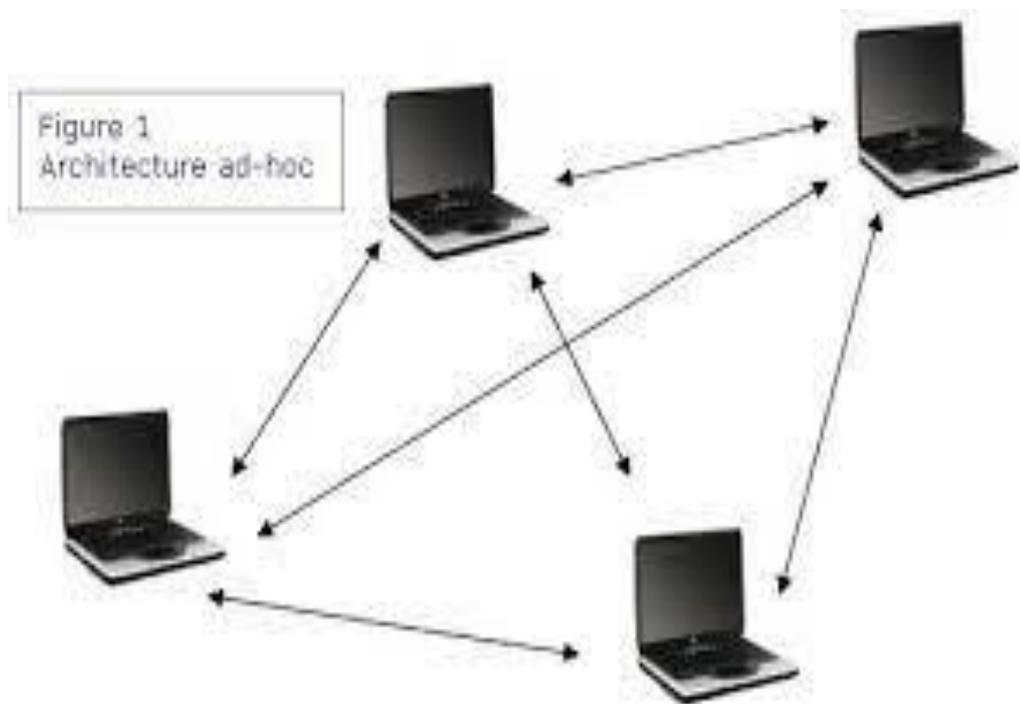


Figure 1.1: Exemple d'un réseau ad hoc [40]

### Modélisation d'un réseau 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 modélise l'ensemble des connexions qui existent entre ces nœuds.

Si  $e = (u, v) \in E_t$ , cela veut dire que les nœuds  $u$  et  $v$  sont en mesure de communiquer directement à l'instant  $t$  [4]. La figure 1.2 montre le graphe du réseau Ad-hoc composé de 8 nœuds à un instant donné.

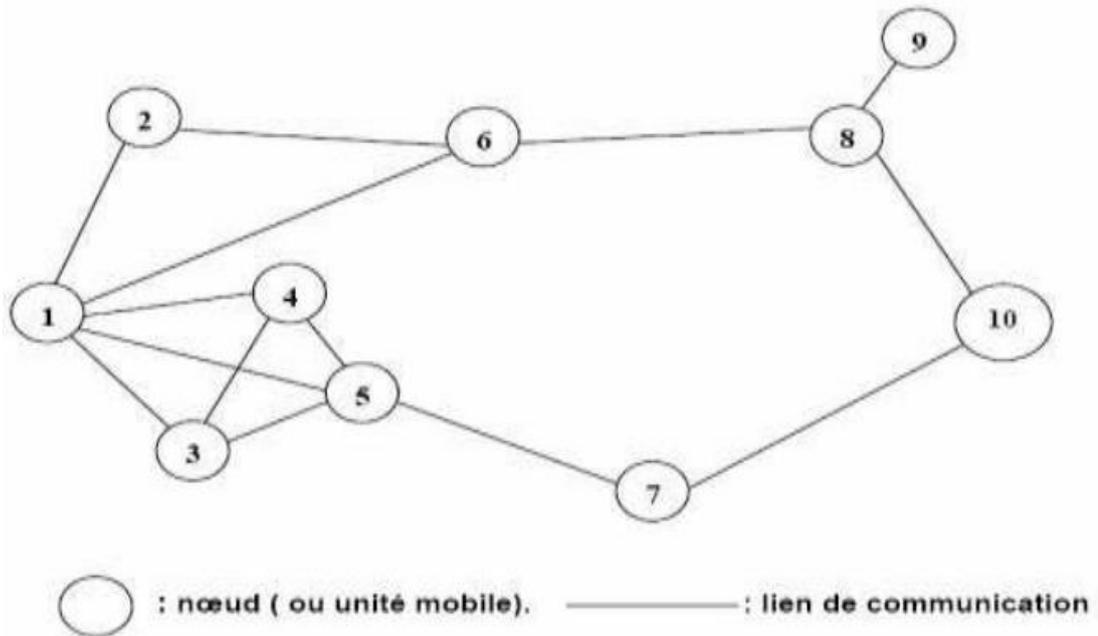


Figure 1.2 : graphe du réseau ad-hoc [5].

#### Les domaines d'applications des réseaux ad hoc :

En plus de leurs utilisations dans les applications statiques militaires, les réseaux ad hoc sont utilisés également dans les domaines civils. On peut citer :

- Les services d'urgence : opération de recherche et de secours des personnes, tremblement de terre, feux, dans le but de remplacer l'infrastructure filaire. Le travail collaboratif et les communications dans des entreprises ou bâtiments : dans le cadre d'une réunion ou d'une conférence par exemple.
- Applications commerciales : pour un paiement électronique distant (taxi) ou pour l'accès mobile à l'Internet, ou service de guide en fonction de la position de l'utilisateur.
- Réseaux descenseurs : Les capteurs, chargés de mesurer les propriétés physiques des environnements (comme la température, la pression...), sont dispersés (le plus souvent lâchés d'un avion ou d'un hélicoptère) par centaines, voire par milliers sur le site, effectuent leurs mesures et envoient les résultats à une station par l'intermédiaire d'un routage ad hoc à travers le réseau.
- Le cadre informatique : Dans le cadre de l'informatique, les réseaux ad hoc peuvent servir à établir des liens entre ses différents composants. Dans ce cas, on parle non plus de LAN (Local Area Network) mais de PAN (Personnel Area Network)

**Avantages des réseaux Ad-hoc :**

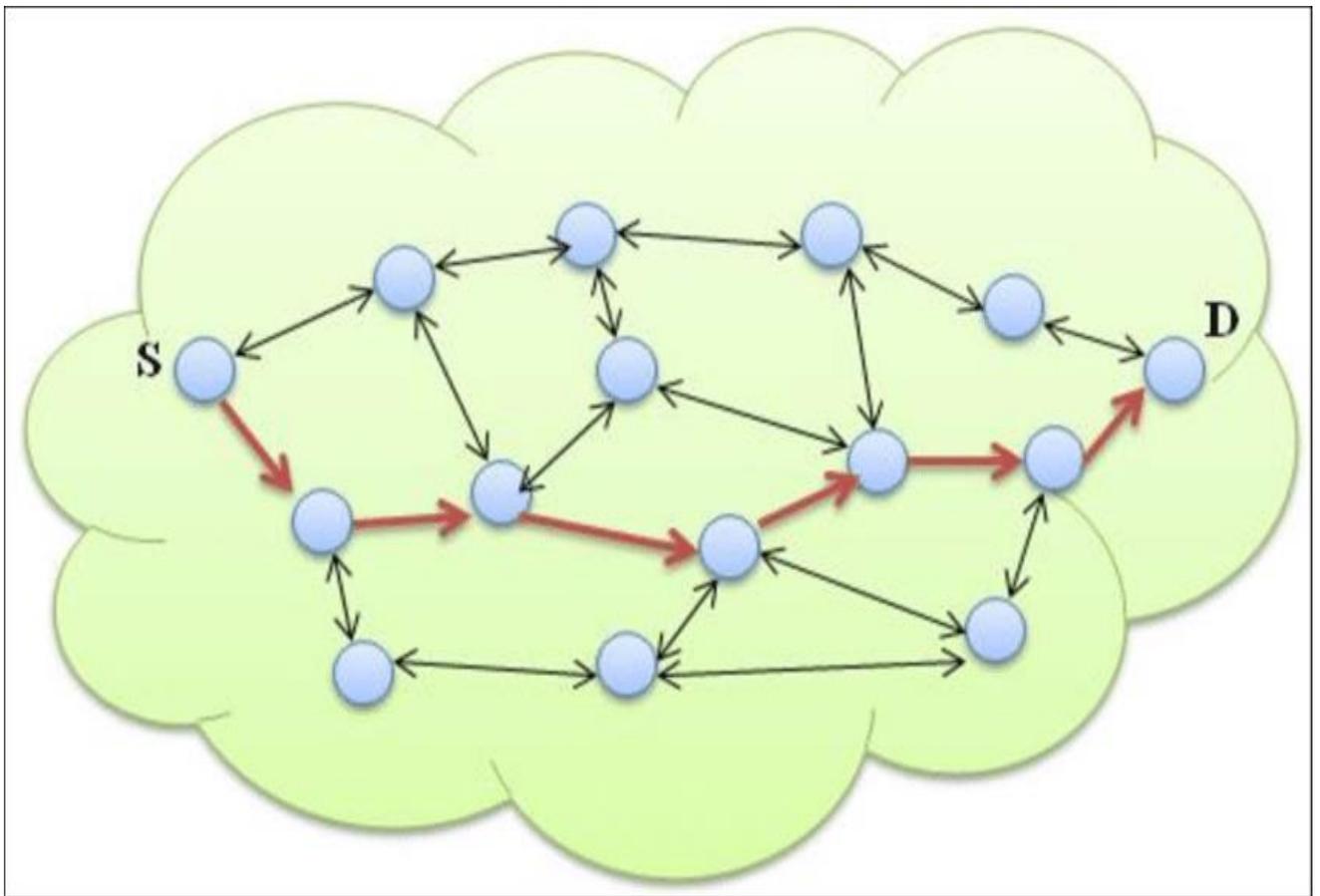
Les réseaux Ad-hoc présentent plusieurs avantages, les plus importants sont [6] :

- *Déploiement facile, rapide et économique* : dans les réseaux Ad-hoc, la tâche fastidieuse du déploiement des stations de base (câblage, installation, etc.) n'est plus nécessaire. Inconséquence, le déploiement est aussi plus rapide et se fait avec un faible coût.
- *Tolérance aux pannes* : un réseau Ad-hoc continue à fonctionner même si quelques nœuds tombent en panne, ceci est dû au fait qu'il ne comporte pas de nœuds centraux.

**Architecture ou topologie des réseaux Ad Hoc :**

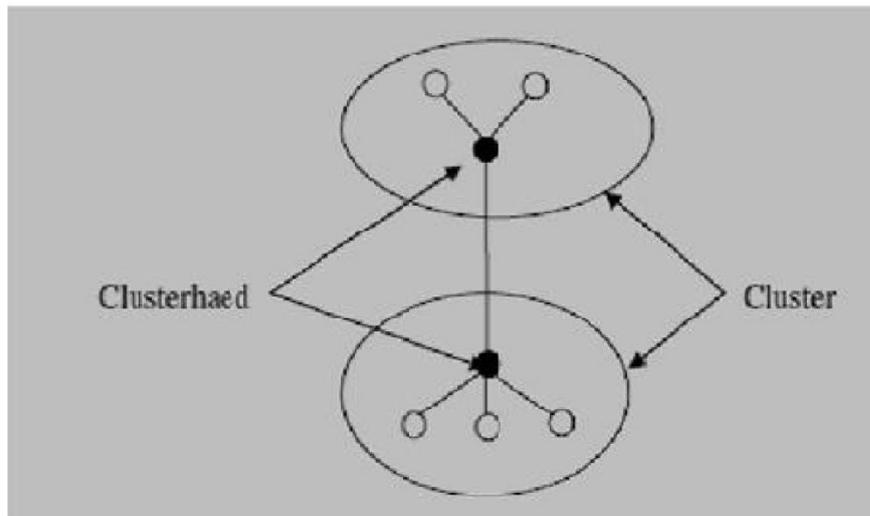
L'architecture des réseaux Ad Hoc peut être soit hiérarchique soit plate.

**a) Architecture plate :**



**Figure 1.3 :** Architecture plate [41]

**b) Architecture hiérarchique :**



**Figure 1.4 :** Architecture hiérarchique [7].

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 [7].

(Voir Figure 1.4)

**1.3.5 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 [8].

**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 en lien 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 finale.

### Types des réseaux ad-hoc :

Dans cette section, nous décrivons les trois types de réseaux Ad-hoc, à savoir : les réseaux mobiles ad-hoc (*MANETs*), les réseaux de capteurs (*WSNs*) et les réseaux maillés (*WMNs*). Nous présenterons également leurs différentes applications.

Même si les *WSNs* et *WMNs* ont plusieurs caractéristiques communes avec les *MANETs* ils présentent, par ailleurs, plusieurs dissimilitudes impliquant naturellement des solutions de communication différentes. Nous terminerons cette section par expliquer en quoi diffèrent les *WSNs* et les *WMNs* des *MANETs*

### Les réseaux MANETs (Mobile Ad hoc Networks) :

Un MANET (Mobile Ad hoc Network) [9] est un réseau ad hoc dont les nœuds sont souvent caractérisés par une mobilité constante. Les MANETs peuvent être déployés pour assurer la communication dans des environnements hostiles. Par exemple, dans une situation de guerre et grâce à un MANET les groupes de soldats peuvent communiquer avec d'autres groupes, avec des tanks, des hélicoptères ou, voire éphémère. Des avions pour échanger leurs localisations ou pour émettre/recevoir des ordres militaires.

En outre, les MANETs peuvent être utilisés comme infrastructure de communication alternative dans des situations où les infrastructures de communication

Conventionnelles sont détruites à cause d'une catastrophe naturelle, ou encore accusée des attaques ennemies, pour mieux coordonner les opérations de secours.

Les MANETs sont aussi convenables quand il y a besoin en une communication transitoire comme dans le cas des conférences [10].

Une autre application des MANETs est bien les VANETs (Vehicular Ad-hoc Networks).

Un VANET assure la communication entre les véhicules (Inter-Vehicle Communication) aussi bien qu'entre les véhicules et les équipements de la route par l'intermédiaire de la communication d'équipement-a-Véhicule.

L'objectif de l'introduction des VANETs est de rendre les routes plus sûres et plus efficaces, en fournissant les informations pertinentes aux conducteurs.

### Les réseaux de capteurs (WSNs) :

Les WSNs (*Wireless Sensor Networks*) [11] sont des réseaux ad-hoc constitués de nœuds capteurs intelligents fonctionnant grâce à des batteries, et ils sont dotés de capacités de traitement et de stockage réduites. En effet, les nœuds capteurs sont capables d'accomplir trois tâches complémentaires : i) le relevé d'une grandeur physique ou environnementale (par exemple : température, pression, pollution, etc.) ; ii) le traitement éventuel de cette information et enfin iii) le routage. Le réseau peut comporter un grand nombre de nœuds (des milliers) généralement statiques et déployés aléatoirement (par exemple par largage depuis un hélicoptère) dans des environnements pouvant être dangereux. En plus des nœuds capteurs, un WSN comprend des stations de base riches en énergie (nœuds puits) caractérisées par une capacité de traitement et déstockage plus importante. Ces dernières agissent comme des passerelles entre les nœuds capteurs et l'utilisateur final (voir Figure 1.5).

On distingue une variété d'applications pour les réseaux de capteurs, on cite entre autres [12] :

- *Applications militaires* : les réseaux de capteurs peuvent être utilisés à la surveillance des activités des forces ennemies, à l'analyse du terrain et à la détection d'agents chimiques ou de radiations avant d'y envoyer des troupes.
- *Applications à la sécurité* : un réseau de capteurs peut constituer un système d'alarme distribué qui servira à détecter les intrusions sur un large secteur.
- *Applications environnementales* : des thermo-capteurs dispersés sur une forêt peuvent signaler un éventuel début d'incendie ; ce qui permettra une meilleure efficacité pour la lutte contre les feux de forêt. Sur les sites industriels, les centrales nucléaires ou dans les sites pétroliers, des capteurs peuvent être déployés pour détecter des fuites de produits toxiques (gaz, produits chimiques, éléments radioactifs, pétrole, etc.) et alerter les utilisateurs dans un délai suffisamment court pour permettre une intervention efficace.

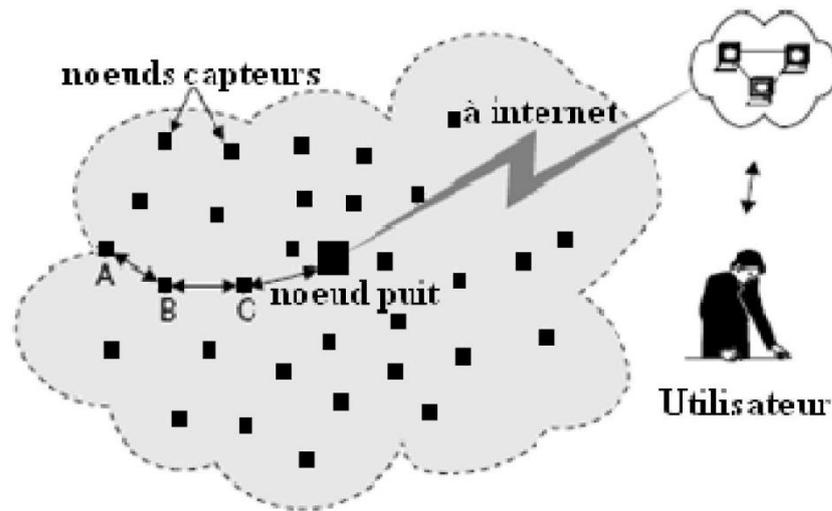


Figure 1.5 : Paradigme de routage dans un réseau de capteurs [11].

### Les réseaux maillés (WMNs) :

Les réseaux ad-hoc peuvent être utilisés comme moyen flexible et économique pour étendre l'accès à Internet. En effet, une nouvelle classe de réseaux ad-hoc découle de cette vision : les WMNs (*Wireless Mesh Networks*). Un WMN (voir Figure 1.6) est constitué d'un ensemble de mesh routeurs statiques généralement placés sur les toits des bâtiments [13]. Les Mesh-routeurs connectés à internet sont appelés "*passerelles Internet*". Un noeud client se connecte au Mesh routeur le plus proche et exploite l'infrastructure Ad-hoc sans fil pour avoir accès à internet. Les clients conventionnels équipés parades cartes Ethernet peuvent directement communiquer avec les Mesh- routeurs via des liens Ethernet. Les clients opérants avec la même technologie sans fil que les Mesh- routeurs peuvent directement communiquer avec ces derniers. Dans le cas où différentes technologies sans fil sont utilisées, les clients doivent d'abord communiquer avec des stations de base qui sont connectées par des liens Ethernet aux Mesh-routeurs.

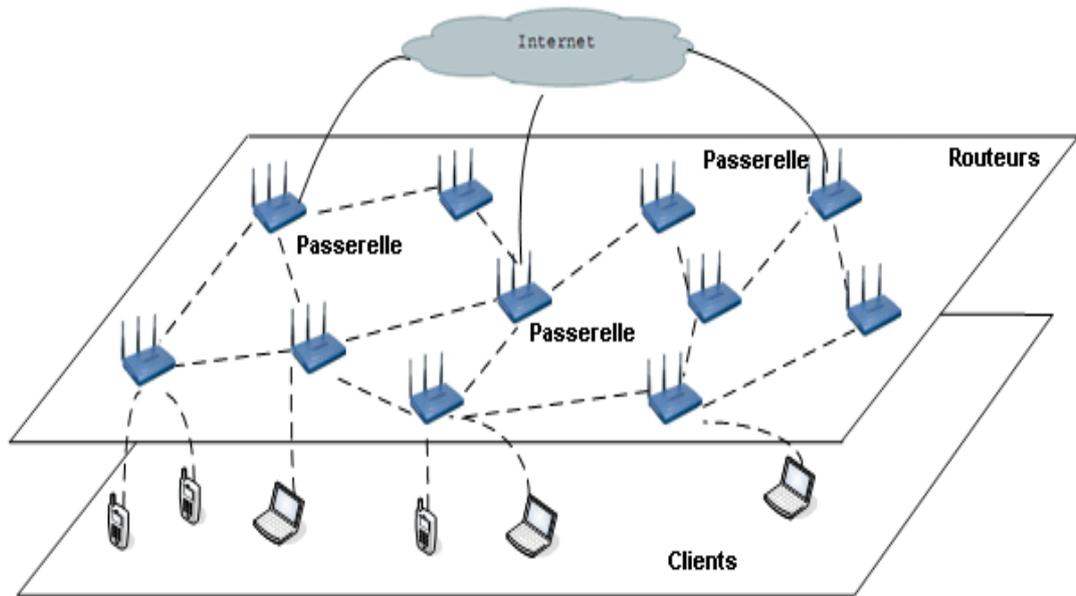


Figure 1.6 : Architecture générale d'un réseau maillé [46]

**Différences entre WSNs, WMNs et MANETs :**

Bien que les MANETs et les WSNs présentent plusieurs caractéristiques communes, mais ils se différent en plusieurs aspects [11] :

- \_ La caractéristique principale des nœuds constituant un MANET est la mobilité, tandis que les nœuds capteurs dans un WSN sont statiques ou dynamique.
- \_ Dans les MANETs la communication peut s'effectuer entre des nœuds quelconques du réseau, tandis que dans un WSN la communication est toujours initiée vers ou à partir des nœuds puits ; de plus les communications capteur-à-capteur sont rares, mais les transmissions multicast broadcastésont communes.
- \_ Les MANETs sont caractérisés par une plus faible densité par rapport, aux WSNs.
- \_ Dans un MANET tous les nœuds sont égaux, de ce fait la panne de n'importe quel nœud a la même importance, tandis qu'un WSN est plus sensible à la panne des nœuds puits qu'à celle des Capteurs. Les réseaux WMNs sont conceptuellement similaires aux MANETs dans le sens où la communication entre les mesh-routeurs s'effectue en mode multi-sauts. Cependant, ils ont les particularités suivantes :

- ❖ Les mesh-routeurs dans un WMNs sont statiques.
- ❖ La consommation d'énergie dans les WMNs n'est plus un problème, car les routeurs sont directement alimentés en électricité

### Caractéristiques des MANETs :

La perception d'un MANET comme étant équivalent à un réseau filaire conventionnel dont les câbles sont remplacés par des antennes est un malentendu commun. Les MANETs ont des caractéristiques uniques qui nécessitent des solutions particulières [6] :

- *Communications multi-sauts* : dans un MANET, les nœuds qui ne peuvent directement atteindre les nœuds destinations auront besoin de relayer leurs données via d'autres nœuds.
- Ainsi, chaque nœud doit être capable d'accomplir la tâche de routage. *Topologie dynamique* : la mobilité, l'apparition et la disparition des nœuds, la présence d'obstacles (arbres, bâtiments, etc.), les conditions environnementales (pluie, neige, etc.) et les interférences des ondes, sont tous des facteurs qui affectent la qualité de propagation des ondes émises et se manifestent comme des changements de topologie.
- *Bande passante limitée* : le médium de communication sans fil a une capacité plus réduite que celui filaire. De plus, le débit effectif de la communication sans fil (avec prise en compte des effets du bruit, d'affaiblissement, des collisions, etc.) est souvent inférieur au débit maximal théorique. Une conséquence directe de la capacité relativement faible du médium sans fil, est bien la congestion facile du réseau. *Terminaux équipés par des batteries* : les entités constituant les MANETs sont alimentées en énergie par des batteries dont la durée de vie est limitée.
- *Sécurité limitée* : la communication sans fil entre les nœuds est assurée par l'échange d'ondes électromagnétiques qui se propagent dans l'air. Ces ondes peuvent être facilement capturées, surveillées et modifiées ce qui compromet la sécurité dans les MANETs. Par exemple, le trafic peut être facilement désorienté de sa destination réelle. De plus, les
- Attaques de type déni de service<sup>2</sup> sont faciles à implémenter. Directement alimentés en Électricité

### **Les applications des réseaux mobiles ad hoc (MANETS) :**

Les réseaux mobiles Ad hoc ont réussi à s'imposer en tant que technologie prometteuse. Leurs caractéristiques et en particulier la mobilité et l'absence d'infrastructure Elargissent leurs domaines d'application. On peut citer quelques exemples d'utilisations [14] :

#### **a. Applications militaires :**

Les réseaux mobiles Ad hoc sont conçus à la base pour des applications et des opérations caractère militaire. Ces réseaux sont adaptés aux environnements hostiles, car ils sont dynamiques et rapidement déployés. Les nœuds du réseau ne sont que des équipements militaires communiquant : soldats, véhicules blindés, etc. Cependant, l'application de ces réseaux a dépassé le domaine militaire grâce au développement technologique des réseaux sans fil tel que le Bluetooth.

#### **b. Opérations de sauvetage :**

Les réseaux mobiles Ad hoc sont aussi utilisés lors des opérations de sauvetage, notamment lors de tremblements de terre ou autres catastrophes. Ces réseaux peuvent être rapidement déployés sur des terrains de sinistres pour assurer le relai et la liaison des communications entre sauveteurs.

#### **c. Domaine commercial :**

Les réseaux mobiles Ad hoc peuvent étendre un réseau avec infrastructure pour offrir un service tel que l'accès à Internet à moindre coût. De plus, ils permettent de Relier plusieurs ordinateurs entre eux pour partager des fichiers, des jeux, la communication entre agents, etc.

Il existe d'autres applications des réseaux mobiles Ad hoc, comme la communication entre les véhicules. Cette application est prometteuse car elle permet de réduire le risque d'accidents sur les autoroutes, d'assurer la communication des véhicules dans les tunnels, etc.

#### **d. Réseau d'entreprise :**

La facilité à déployer ces réseaux et leur coût réduit intéressent de plus en plus les entreprises. Cela permet d'assurer une grande mobilité des agents, le partage des données et les conférences. Par exemple, lors d'une réunion ou conférence, l'intervenant peut communiquer avec tous les participants et créer un débat interactif.

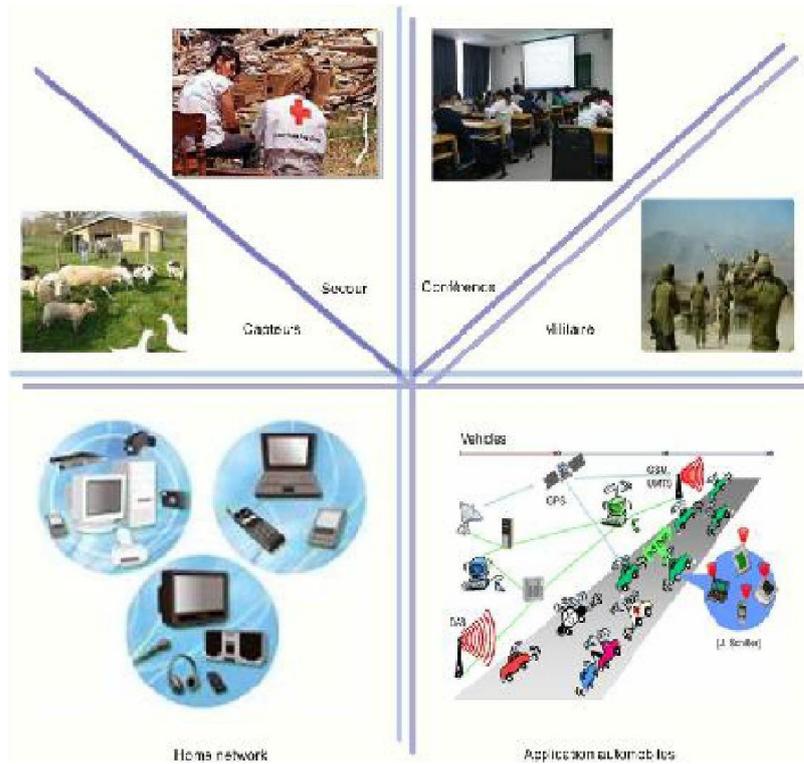


Figure 1.7 : Application des Réseaux Ad-hoc [5].

### Avantages de réseaux MANET :

- Il peut être établi n'importe où à n'importe quel moment sans plan prédéterminé.
- Les nœuds sont connectés les uns aux autres sans point d'accès central.
- La capacité d'auto-organisation de chaque nœud fait que chaque nœud trouve le prochain voisin hop pour envoyer le paquet de données.
- Les données sont transmises d'un nœud à l'autre nœud pour atteindre la destination en l'absence d'un coordonnateur central.
- Ainsi, le MANET est considéré comme une topologie dynamique sans infrastructure, multi-hop et à croissance rapide.
- Le défi majeur du MANET est la façon de fournir la fiabilité et la connectivité de liaison pour transport efficace des données.
- La topologie dynamique, l'erreur canal sans fil en décubitus et capacité d'auto-organisation de MANET rend le routage plus difficile par rapport à réseau cellulaire traditionnel. Le but du protocole de routage est de définir un ensemble de règles que chaque nœud doit suivre pour communiquer avec d'autres nœuds L'algorithme de routage suit le choix spécifique du

Chemin pour diffuser les données et sélectionner un chemin entre deux nœuds disponibles dans le réseau.

- Chaque nœud connaît la topologie du réseau à l'avance et maintient également sa propre table de routage.
- Les routeurs information sur la topologie des réseaux par la distribution information parmi les voisins immédiats [15]

### **Modèles de mobilité dans les MANETs :**

Dans un MANET, lorsque le nœud se déplace d'un endroit à l'autre, la vitesse, l'accélération et l'emplacement des utilisateurs varient en fonction du temps. Par conséquent, différents modèles de mobilité sont utilisés pour identifier ces modèles de mobilité et il est nécessaire d'analyser divers modèles de mobilité. La raison en est que le modèle de mobilité a un impact important sur la performance du protocole de routage. Dans le cas contraire, les mesures de performance des MANET peuvent ne pas être précises et induire l'application en erreur. Il est donc nécessaire et essentiel de choisir le modèle de mobilité sous-jacent lors de l'évaluation de la performance des MANET. En général, les modèles de mobilité RandomWay Point et RandomWalk sont les deux modèles de mobilité associés aux MANET [15]

### **Modèle de mobilité aléatoire (RandomWalk) :**

Dans ce modèle de mobilité, un nœud mobile se déplace de son emplacement courant vers un nouveau site en choisissant aléatoirement une direction et une vitesse (Figure 1.8). La vitesse et la direction sont choisies dans des intervalles prédéfinis, respectivement [vitesse minimale, vitesse maximale] et  $[0, 2\pi]$ , avec des lois uniformes de densité de probabilité. Chaque mouvement dans ce modèle de mobilité est décomposé en intervalles de temps de durée constante [16]

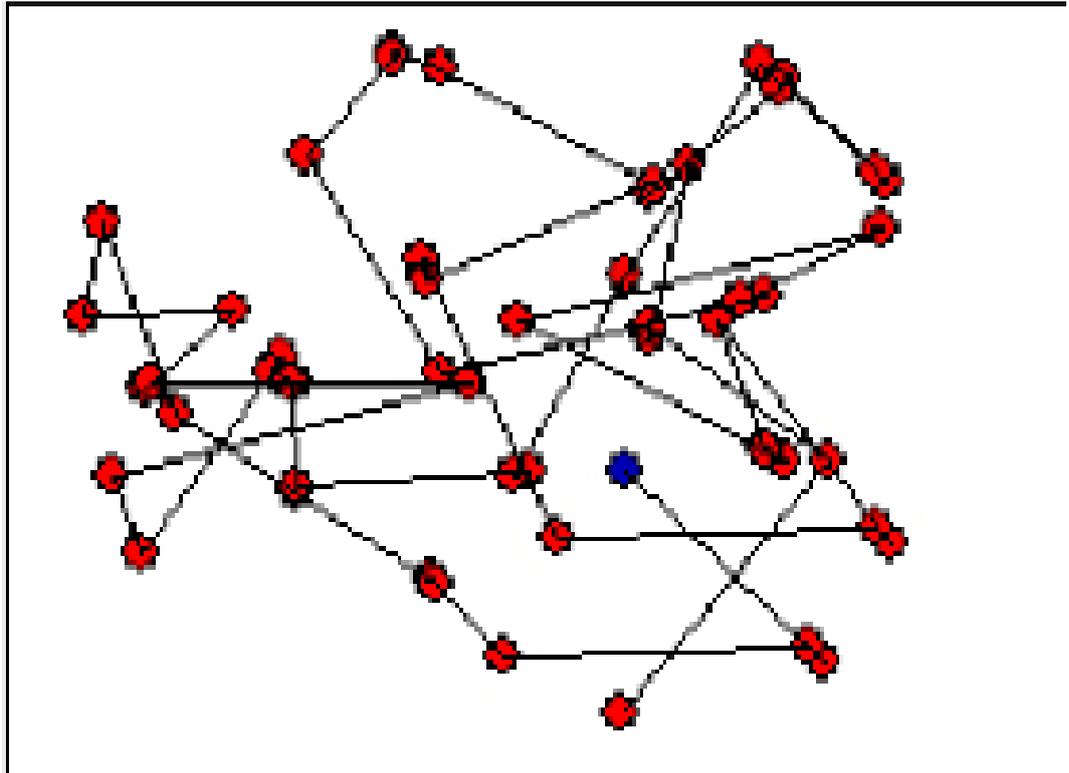


Figure 1.8 Modèle de déplacement aléatoire d'un nœud mobile (Mobile Node- MN).[43]

**Modèle de mobilité avec des étapes de déplacement saccadé (RandomWay point) :**

Ce modèle de mobilité inclut des pauses entre les changements de direction et/ou de vitesse.

Un nœud mobile demeure tout d'abord dans un endroit pendant une certaine période de temps (C.-à-d. pause). Une fois que cette période expire, le nœud mobile choisit une destination aléatoire dans le secteur de simulation et une vitesse qui est uniformément distribuée entre [vitesse][16]

**Limitations dues au support de transmission :**

**Partage du support de transmission :**

Les stations mobiles opèrent sur la même bande de fréquence. Le partage du support de transmission peut engendrer des collisions. Ce problème est lié également à la diffusion des signaux.

**Taux d'erreur élevé :**

Les réseaux sans fil utilisent des ondes radio pour communiquer. Ces ondes ne peuvent pour autant s'affranchir à des contraintes liées à leur médium de transmission, Les perturbations électromagnétiques affectent les signaux Transmis.

### **Faible débit :**

La modestie des débits des réseaux sans fil est un élément souvent mis en avant. Comparés à certains réseaux filaires, les débits peuvent paraître faibles. Et dans le cadre de transferts multimédia nécessitant des échanges de données continus, ces débits peuvent ainsi poser problème.

### **Variation de la qualité du signal :**

Le canal ne cesse de changer avec le temps. En effet, les conditions extérieures peuvent modifier les caractéristiques de ce canal, par exemple la pluie peut accroître le taux d'affaiblissement de la liaison sans fil. De même, l'apparition d'obstacles peut modifier le canal augmentant le nombre de trajets entre une source et une destination.

### **Sécurité :**

Les signaux étant diffusés, ils peuvent être écoutés par toute station mobile se trouvant dans la même zone de couverture. La confidentialité de certaines informations nécessite l'utilisation de mécanismes de sécurité adéquats.

### **Limitations dues aux stations mobiles :**

#### **Faible puissance :**

Les stations mobiles sont la plupart du temps conçues pour une utilisation mobile. De ce fait, elles doivent être de petite taille et surtout doivent être capables de fonctionner de manière autonome (sur batterie). La prise en compte de tous ces éléments participe à la faible puissance de l'électronique embarquée.

#### **Durée d'utilisation restreinte :**

Les batteries ont une durée de vie limitée. De fait, le temps d'utilisation nomade d'une station est contraint par la capacité de sa batterie mais aussi par la puissance demandée (ressources processeur ou transmissions sans fil).

#### **Rayon d'action :**

La zone de couverture est en fonction de la puissance d'émission que peut fournir une station. Réduire la puissance d'émission, pour notamment économiser de l'énergie.

#### **Modification de la topologie du réseau avec le temps :**

Les stations pouvant être en constant déplacement, la topologie du réseau évolue également. Le voisinage d'un nœud peut varier continuellement : à tout moment des stations peuvent rejoindre ou quitter le réseau. La modification de la topologie est directement fonctionnée la vitesse de

Déplacement des stations et du rayon d'action du réseau. Avec un déplacement rapide et soutenu de l'ensemble des stations, la topologie ne cesse d'évoluer.[17]

### **CONCLUSION :**

L'étude effectuée sur les réseaux ad-hoc nous a permis de connaître les différents types des réseaux ad-hoc et notamment les MANETS (*mobile ad hoc network*). Nous allons nous intéresser dans notre travail à la performance de transmission des données multimédia sur ces derniers.

Nous avons aussi vu les contraintes liées à ces réseaux et leurs différentes caractéristiques, tels que l'absence d'infrastructure, topologie dynamique, bande passante limitée, sécurité limitée, consommation d'énergie limitée... etc. Et ainsi constater que leur apparition a, certes, facilité la mise en œuvre mobile ne supportant pas d'infrastructure préexistante.

## **2.1 Introduction :**

Un réseau ad hoc est un ensemble de nœuds mobiles sans fil qui crée ainsi des réseaux à la volée sans avoir besoin d'un réseau existant Infrastructure. En raison de la portée de transmission limitée des interfaces de réseau sans fil, plusieurs sauts de réseau peuvent être nécessaires pour un nœud pour échanger des données avec un autre sur le réseau. Dans un tel réseau, chaque nœud mobile fonctionne non seulement en tant qu'hôte, mais également en tant que routeur, transférant des paquets pour d'autres nœuds mobiles du réseau qui peuvent ne pas être à portée directe. Chaque nœud participe à un protocole de routage ad hoc qui lui permet de découvrir des chemins multi-sauts à travers le réseau vers n'importe quel autre nœud. Les hôtes mobiles du réseau établissent dynamiquement un routage entre eux pour former leur propre réseau à la volée. Ces réseaux sont généralement mis en place pour une période de temps limitée. Les protocoles de routage sont également adaptés aux applications particulières. Les routeurs sont libres de se déplacer de manière aléatoire et de s'organiser arbitrairement ; ainsi, la topologie sans fil du réseau peut changer rapidement et de façon imprévisible. Un tel réseau peut fonctionner de manière autonome ou peut être connecté à un réseau Internet plus vaste [1].

Le routage consiste à transmettre des informations de l'expéditeur à la destination. La fonction principale du protocole de routage est d'établir une route efficace entre une paire de nœuds afin de délivrer des messages au bon moment. La construction des routes doit être achevée avec une charge de contrôle et une consommation de bande passante minimales. Généralement, le routage est une méthode de transfert d'informations vers la destination correcte via un réseau connecté donné. Le problème de routage comprend un réseau dans lequel les arcs, les nœuds et la capacité sur les arcs sont fixés lors de la détermination du meilleur itinéraire pour les paquets, en passant le réseau dans le sens d'une norme de performance spécifique. Le problème est de trouver l'investissement le moins coûteux en capacité nominale et de réserve pour assurer l'acheminement du trafic nominal et garantir sa disponibilité en cas de panne d'arc ou de nœud.

### **Classification des protocoles de routage :**

Pour comparer et analyser les protocoles de routage, des critères de classification appropriés sont importants. En effet, la classification permet aux concepteurs de mieux comprendre les caractéristiques des protocoles de routage et de discerner les relations qui les relient. Les critères généralement retenus lors de la classification des protocoles de routage sont

Principalement liés à l'information exploitée dans le routage, à quand cette information est acquise, *aux* métriques optimisées et enfin aux rôles que doivent jouer les nœuds dans le processus de routage

**Evaluation de topologie :**

Selon le type d'information exploité dans le routage on distingue [[2],[3],[4]] : les protocoles basés topologie, basés destination ou kases position. Dans un protocole de routage basé topologie, chaque nœud maintient une image complète de la topologie du réseau pour pouvoir prendre ses décisions de routage tandis que dans un protocole de routage basé destination, un nœud maintient uniquement des informations sur ses sauts prochains vers chacune des destinations possibles. Un protocole de routage basé position utilise les informations sur la localisation du nœud source par rapport au nœud destination, et sur la mobilité de ces derniers dans les phases de découverte de chemins ou de routage des données.

**Classification des protocoles par les MANET :**

Le premier objectif du groupe est de retenir un ou plusieurs protocoles de routage unicast et définir l'interaction avec les couches supérieures et inférieures. Ensuite, d'étudier les problèmes de la qualité de service et le multicast dans un environnement mobile MANET. Les protocoles de routage peuvent être séparés en : Proactif, Réactif et Hybride.

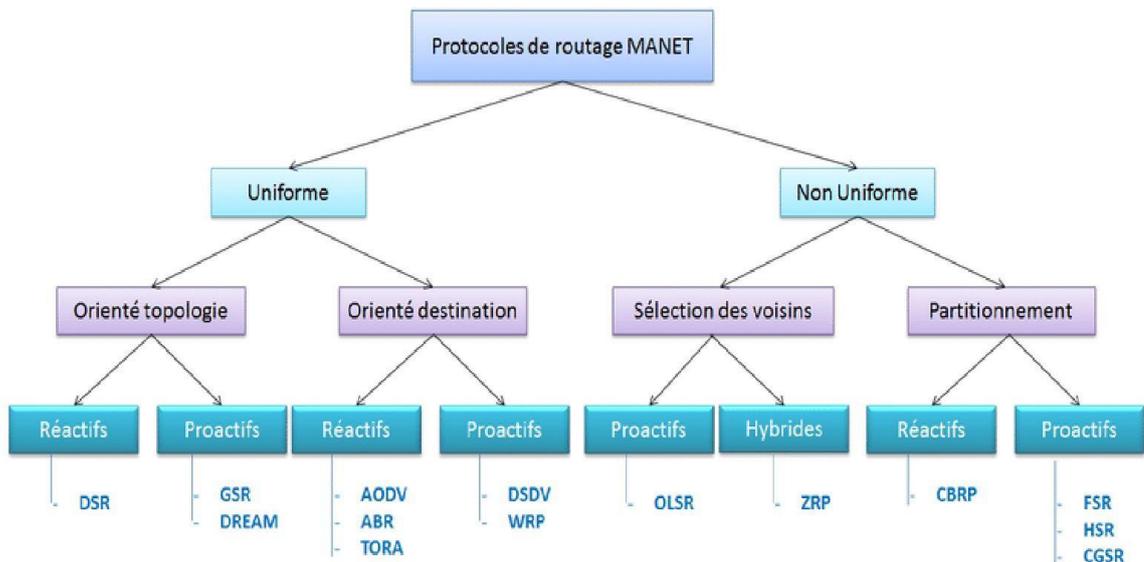


Figure 1.1 : Classification des protocoles par les MANET [42]

### Protocole de routage Proactif :

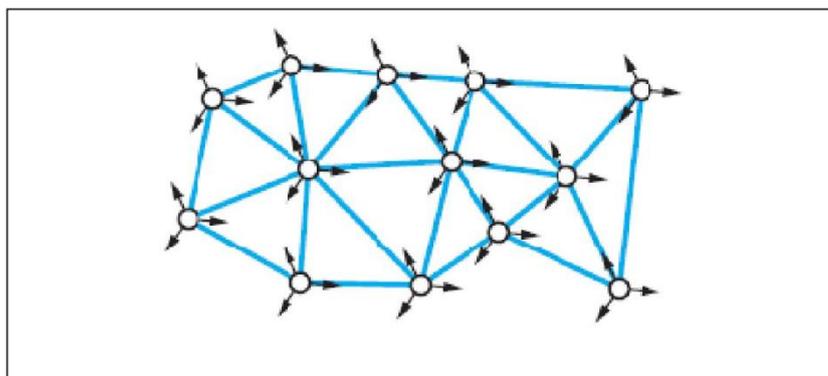
Dans cette classe de protocoles, un système d'échange périodique de paquets de contrôle est mis en place de telle sorte que chaque nœud puisse construire de façon distribuée la topologie du réseau.

Il peut exister plusieurs types de paquets de contrôle. En règle générale, on distingue les paquets qui sont envoyés localement à un saut et les paquets qui sont diffusés dans tout le réseau. Les premiers permettent d'acquérir la connaissance du voisinage. Les seconds permettent un nœud donné de diffuser dans le réseau l'état du voisinage, lequel se ramène le plus souvent aux nœuds voisins ou à un sous-ensemble de ces derniers. Dans un protocole proactif, un nœud met périodiquement à jour ses tables de routage lors de la réception des paquets de contrôle. L'envoi régulier de paquets d'information et le traitement de ces derniers sont la contrepartie à l'obtention immédiate des informations topologiques [5].

Avec ces protocoles, chaque nœud maintient une ou plusieurs tables, qui permettent d'atteindre tous les autres nœuds du réseau. Chaque nœud met régulièrement à jour ces informations. Lorsque la topologie du réseau évolue, les nœuds diffusent des messages de mise à jour travers tout le réseau.

Les protocoles de cette famille se différencient par la manière dont cette information de mise à jour est transmise à travers le réseau ainsi que par le nombre. Les principaux protocoles proactifs sont :

- OLSR (Optimized Link State Routing)
- FSR (Fish-eye State Routing).



**Figure 2.1:** Principe de fonctionnement des protocoles proactifs

**Avantage et les inconvénients des protocoles proactifs :**

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

Le problème est que, les changements de routes peuvent être plus fréquents que la demande de la route et le trafic induit par les messages de contrôle et de mise jour des tables de routages peut être important et partiellement inutile, ce qui gaspille la capacité du réseau sans fil. De plus la taille des tables de routage croît linéairement en fonction du nombre de nœud.

**Protocoles de routage Réactifs :**

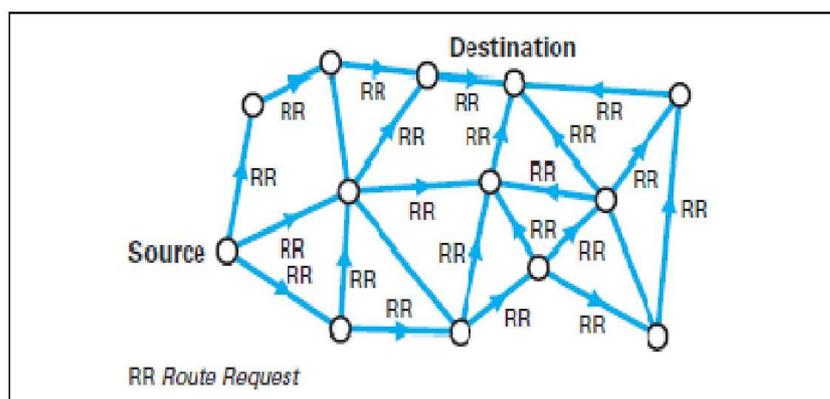
Un protocole réactif ne calcule pas d'information topologique avant que celle-ci soit rendue nécessaire par la demande de route d'un paquet vers une destination par une application. Le protocole ne tente de découvrir une route qu'à la demande d'une application qui souhaite envoyer un paquet vers une destination, et ce par la diffusion d'une requête dans tout le réseau. La réponse à cette requête en diffusion permet à la source d'obtenir les informations topologiques concernant cette route. Durant cette phase de recherche de route, le paquet IP est mis en attente d'une réponse du protocole de routage jusqu'à ce qu'une route soit disponible.

Cette technique ne va pas sans un inconvénient important : les implémentations actuelles ne prévoient pas la possibilité pour un paquet IP d'attendre la création d'une route. Dans ce cas, la couche réseau indique simplement à l'application qu'il n'existe pas de route vers la destination. Ces protocoles nécessitent donc une médiation des couches IP susceptible d'introduire des délais d'attente pour conserver les paquets en attente de route [6].

Dans cette famille de protocoles, les routes ne sont pas maintenues en permanence vers tous les nœuds. Quand un nœud cherche à communiquer avec un autre nœud, il déclenche un mécanisme de découverte de route. Une route est ainsi créée à la demande et subsiste dans le réseau tant qu'elle est valide ou jusqu'à ce qu'elle devienne inutile. On parle alors de timeout après fin d'utilisation.

**Les principaux protocoles réactifs sont :**

- AODV (Ad Hoc On demand Distance Vector Routing)
- DSR (Dynamic Source Routing).



**Figure 2.2:** Fonctionnement des protocoles réactifs

**Avantage et les inconvénients des protocoles Réactifs :**

A l'opposé des protocoles proactifs, dans le cas d'un protocole réactif, aucun message de contrôle ne charge le réseau pour des routes inutilisées ce qui permet de ne pas gaspiller les ressources du réseau. Mais la mise en place d'une route par inondation peut être coûteuse et provoquer des délais importants avant l'ouverture de la route et les retards dépassant bien souvent les délais moyens admis par les logiciels, aboutissant à une impossibilité de se connecter alors que les destinataires sont bien là. De ce fait, un nouveau type de protocole a apparu, il s'agit des protocoles de routage Hybride.

**Protocoles de routage Hybride :**

Les protocoles hybrides combinent les deux approches. Ils utilisent un protocole proactif, pour apprendre le proche voisinage (voisinage à deux ou trois sauts) et un protocole réactif pour atteindre les nœuds situés au-delà de cette zone prédéfinie de voisinage. Les protocoles hybrides font appel aux techniques des protocoles réactifs pour chercher des routes. Avec ce découpage, le réseau est partagé en plusieurs zones et la recherche de route en mode réactif peut être améliorée. À la réception d'une requête de recherche réactive, un nœud peut indiquer immédiatement si la destination est dans le voisinage ou non et par conséquent savoir s'il faut aiguiller ladite requête vers les autres zones sans déranger le reste de sa zone. Ce type de protocole s'adapte bien aux grands réseaux [7].

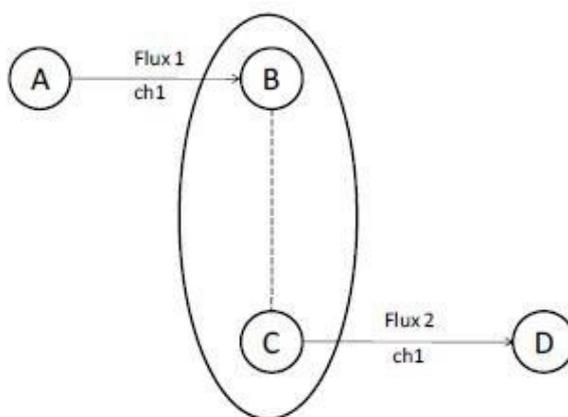
**2.4.3.1 Avantage et les inconvénients des protocoles Hybrides :**

Le protocole Hybride est un protocole qui se veut comme une solution mettant en commun les avantages des deux approches précédentes en utilisant une notion de découpage du réseau. Cependant, il rassemble toujours quelques inconvénients des deux approches proactives et réactives.

### Métriques exploitées dans le routage :

Les métriques de routage sont des valeurs généralement appelée *coûts* ou *poids* calculées selon un ou plusieurs paramètres tels que le nombre de saut, le taux de perte, la bande passante etc. Généralement plus la métrique est petite, plus le lien/route est de bonne qualité. La métrique d'une route est le cumul (addition, multiplication, moyenne etc.) des métriques des liens qui composent cette route, cependant d'autres paramètres tels que la diversité des canaux peuvent entrer en compte lors de ce cumul.

Les défis majeurs du choix des métriques sont : de minimiser les interférences, d'éviter le problème des stations cachées [8], de récupérer des informations précises sur l'état des liens. La Figure 2.3 illustre le problème des stations cachées. Supposons que le nœud A veuille envoyer du trafic au nœud B à travers le canal ch1, et que C veuille envoyer à D à travers le canal ch1 aussi. Une émission de C vers D va créer des collisions au niveau du récepteur B. Les nœuds A et D ne sont pas le rayon d'interférence l'un de l'autre, d'où l'expression "stations cachées". Plus le nombre de collisions est élevé, plus la bande passante sur le lien (A, B) est faible. Selon [8], si A émet à plus de 60% du débit maximum, C ne peut plus émettre à cause du nombre élevé des collisions, les paquets seront donc rejetés. Le problème des stations cachées peut considérablement réduire les débits et augmenter les pertes dues aux collisions



**Figure 2.3:** Stations cachées (Coulson)

Une métrique doit pouvoir quantifier de manière précise l'état du réseau pour que le protocole de routage puisse choisir les routes les plus adéquates en tout temps. La récupération de ces informations peut se faire avec différentes méthodes.

### **Routage uniforme ou non uniforme :**

Certains protocoles de routage n'utilisent pas tous les nœuds du réseau pour transférer les messages, mais en sélectionnent certains ou enforment des cellules en fonction des voisins. On dit que ces accords ne sont pas uniformes. Les serveurs qui utilisent tous les nœuds avec des fonctions de routage dans le réseau sont appelés protocoles uniformes

### **Protocoles de routage unicast à un seul chemin :**

#### **Protocoles de routage proactifs :**

Un protocole de routage proactif est également appelé routage "table-Driven" protocole. En utilisant un protocole de routage proactif, nœuds dans une publicité mobile Un réseau spécial évalue en permanence les itinéraires vers tous les nœuds accessibles et tenter de maintenir un acheminement uniforme et à jour information. Par conséquent, un nœud source peut obtenir un chemin de routage immédiatement si elle a besoin d'un. Quand un changement de topologie de réseau se produit, les mises à jour respectives doivent être propagées tout au long du réseau pour notifier le changement.

Donc, si nous avons noté à la topologie du réseau les changements apportés aux MANETs, les frais généraux désinformations de topologie réseau est relativement élevé [9].

### **Le protocole DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) :**

DSDV [10] est un protocole de routage proactif basé sur l'algorithme *Bellman-Ford* [11]. C'est un protocole de routage par vecteur de distance. Il a été proposé par Charles Perkins et PravinBhagwat en 1994. Avec ce protocole, chaque nœud maintient une table de routage qui répertorie toutes les destinations disponibles, le nombre de sauts ou la métrique de la route pour atteindre la destination et la séquence attribuée par le nœud destination. Le numéro de séquence est utilisé pour distinguer les anciennes routes obsolètes des nouvelles afin d'éviter les boucles. Les nœuds transmettent périodiquement ou lors d'un changement important, leurs tables de routage à leurs voisins immédiats. Les mises à jour des tables de routage peuvent être envoyées de manière *totale* ou *incrémentielle*. Lors d'une mise à jour *totale* le nœud envoie toute la table de routage à ses voisins et cela pourrait engendrer l'envoi de nombreux paquets alors que lors d'une mise à jour *incrémentielle*, seules les entrées de la table qui ont subi un changement de métrique sont envoyées et cela nécessite l'envoi de peu de paquets.

Les mises à jour incrémentielles limitent l'envoi de paquets de contrôle et la surcharge du réseau. La Figure.2.4 donne un exemple de la table de routage d'un nœud A dans un réseau avec trois nœuds (A, B, C).

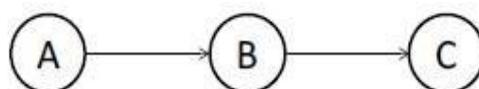


Table de routage du nœud A

Destination	Prochain saut	Nombre de sauts	Numero de sequence
A	A	0	3
B	B	1	2
C	B	2	5

Figure.2.4 : Exemple de table de routage avec le protocole de routage DSDV

### Le protocole WRP (Wireless Routing Protocol):

Le protocole de routage sans fil (WRP) est un protocole basé sur une table qui maintient les informations de routage entre tous les nœuds du réseau. Ce protocole est basé sur l'algorithme distribué de Bellman-Ford. L'avantage principal de WRP est qu'il réduit le nombre de boucles de routage. Avec ce protocole, chaque nœud d'un réseau gère quatre tables, comme suit :

- 1) Tableau de distance, qui contient la destination, le saut suivant, la distance et les prédécesseurs de chaque destination et de chaque voisin
- 2) Tableau de routage, qui enregistre l'adresse de destination, le saut suivant, la distance, le prédécesseur, et un marqueur pour chaque destination, en spécifiant si cette entrée correspond à un chemin simple
- 3) Tableau de coût de lien, qui fournit le coût de lien à chaque voisin et aussi le nombre de périodes de mise à jour périodiques écoulées depuis le nœud a reçu n'importe quel message sans erreur de lui.
- 4) Tableau de liste de transmission des messages, qui enregistre les mises à jour dans un message de mise à jour doivent être retransmis et quels voisins doivent accuser réception de la retransmission. Le tableau fournit le numéro de séquence du message de mise à jour, un compteur de retransmission, des accusés de réception et une liste des mises à jour envoyées dans le message de mise à jour.

Les nœuds doivent soit envoyer un message incluant le message de mise à jour ou un message HELLO à leurs voisins. Si un nœud n'a pas de message à envoyer, il doit envoyer un message HELLO pour assurer la connectivité. Si le nœud expéditeur est nouveau, il est ajouté à la table de routage du nœud, et le nœud courant envoie au nouveau nœud une copie de son contenu de table de routage

Une fois qu'il détecte un changement dans une route, un nœud envoie le message de mise à jour à ses voisins. Les nœuds voisins modifient alors leurs entrées de distance et cherchent de nouveaux chemins possibles à travers d'autres nœuds. Ce protocole évite le problème de comptage à l'infini présent dans la plupart des protocoles réseau ad hoc. Ce problème est résolu en obligeant chaque nœud à effectuer des contrôles de cohérence des informations précédentes signalées par tous ses voisins afin de supprimer les boucles et de réaliser une convergence de route plus rapide en présence d'une défaillance de lien ou de nœud[12]

### **Le protocole GSR (Global State Routing) :**

Dans le protocole Table-Driven GSR (*Global State Routing*) chaque nœud maintient une table de la topologie qui l'informe sur la topologie globale du réseau et lui permet de calculer les routes pour atteindre chaque destination. GSR utilise la méthode Link State des réseaux filaires et l'améliore en supprimant le mécanisme d'inondation des paquets de contrôle. Un nœud dans GSR maintient :

- Une liste de voisins,
- Une table de topologie qui contient les informations sur les liens du réseau,
- Une table des nœuds suivants qui indique le nœud à utiliser pour atteindre chaque destination,
- Une table de distance qui contient la plus courte distance pour chaque destination.

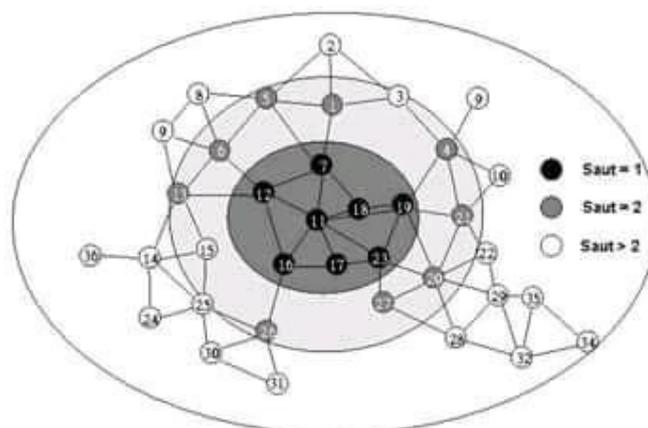
Comme dans la méthode Link State chaque nœud dans GSR construit sa table de topologie basé sur les informations de liens reçus, et l'utilise pour calculer les distances minimales qui le sépare des autres nœuds du réseau. Dans GSR la table de topologie entière de chaque nœud est échangé périodiquement uniquement avec les voisins au lieu de la diffusé par inondation dans tout le réseau.

GSR réduit la charge des paquets de contrôle en évitant l'inondation et assure plus de précision, concernant les données de routage. Le problème de GSR est la taille des ses paquets de mise à jour (Table de topologie) qui peut devenir considérable si le réseau contient un grand nombre de nœuds [13].

**Le protocole FSR (Fisheye State Routing) :**

**Fish-eye State Routing (FSR)** : est l'un des protocoles proactifs qui utilisent le protocole « Link State ». Ce protocole, basé sur l'utilisation de la technique "œil de poisson" (fisheye), consiste à adapter les caractéristiques physiologiques de l'œil d'un poisson dans le cadre du routage : les nœuds au centre (voisinage immédiat) sont correctement décrits avec tous les détails disponibles.

L'œil d'un poisson capture avec précision, les points proches du point focal. La précision diminue quand la distance, séparant le point vu et le point focal, augmente. Dans le contexte du routage, l'approche du "fisheye" matérialise, pour un nœud, le maintien des données concernant la précision de la distance et la qualité du chemin d'un voisin direct, avec une diminution progressive, du détail et de précision, quand la distance augmente. Plus un nœud est éloigné, plus les données possédées sur celui-ci seront floues [14]



**Figure 2.5** : Technique « œil du poisson » [45]

**Le protocole OLSR (Optimized Link State Routing):**

OLSR (Optimized Link State Routing Protocol) est un protocole de routage proactif au niveau IP destiné aux réseaux mobiles. Ce protocole est défini dans la RFC 3626 de l'IETF. Comme son nom l'indique, il s'agit d'un protocole à état de lien optimisé.

OLSR offre des routes optimales exemptées de nombre de sauts dans le réseau. Le protocole OLSR utilise un mécanisme de diffusion optimisée en utilisant des relais multipoints (MPRs). Il optimise l'algorithme à « état des liens » (un nœud découvre ses voisins, et informe tout le réseau de son voisinage par diffusion) pour les réseaux mobiles ad-hoc en réduisant la taille des paquets de contrôle et en minimisant l'inondation du trafic des paquets de contrôle.

En effet, alors que dans un protocole à état de lien, chaque nœud déclare ses liens directs avec ses voisins à tout le réseau, dans le cas d'OLSR, les nœuds ne déclarent qu'une sous-partie de leur voisinage grâce à la technique des relais multipoints.

OLSR utilise 4 types de messages

- HELLO utilisé pour la détection de voisinage
- TC : diffusent les informations de topologie
- MID : permettent de publier la liste des interfaces de chaque nœud.
- HNA : utilisés pour déclarer les sous-réseaux et hôtes (hors MANET) joignables par un nœud jouant le rôle de passerelle [15].

### **Protocoles de routage réactifs :**

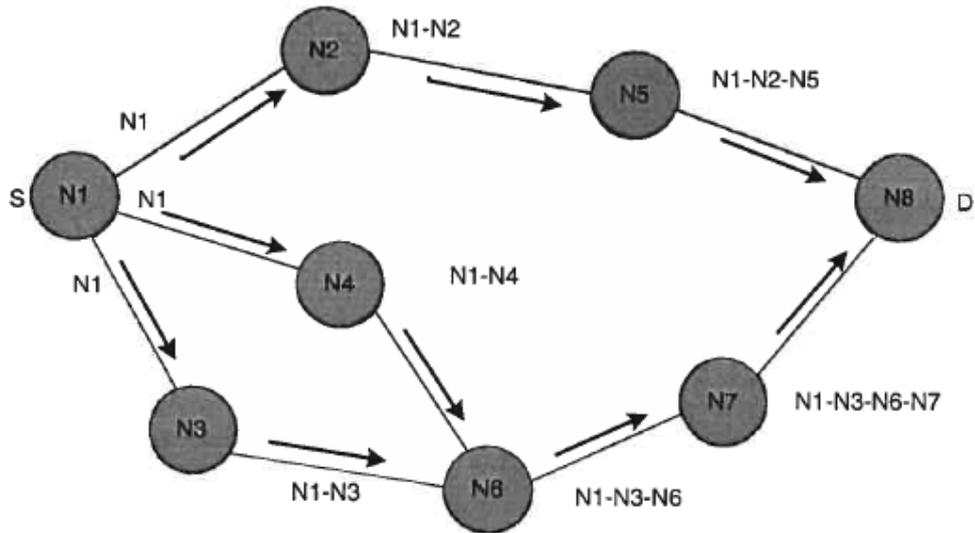
#### **Le protocole DSR (Dynamic Source Routing) :**

DSR « Dynamic Source Routing » [16] est un protocole réactif basé sur le routage par la source, c'est-à-dire que la source des données détermine le chemin complet par lequel les données vont transiter et le transmet avec les données. Dans chaque paquet transmis, il y a un champ qui contient la séquence de nœuds à suivre pour atteindre la destination.

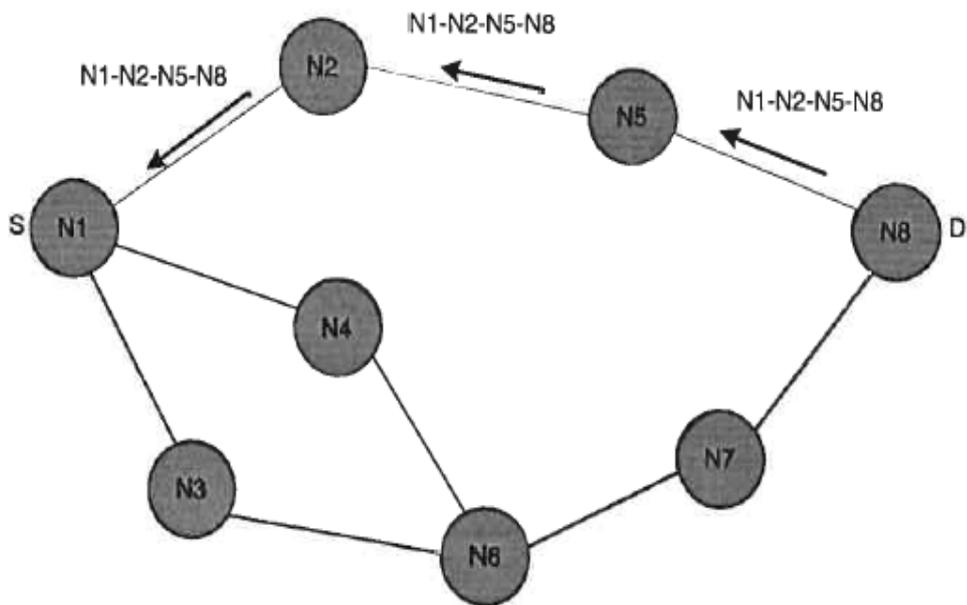
Ce protocole consiste en deux procédures, une procédure de découverte de route et une procédure de maintenance de route.

**Procédure de découverte de route** Le nœud initiateur de la procédure de découverte de route, diffuse un paquet de requête de route. Si la requête aboutit à la destination, le nœud initiateur reçoit un paquet réponse de route qui contient la séquence de nœuds par laquelle le premier paquet de requête de route a atteint la destination. La requête de route contient le champ enregistrement de route dans lequel s'enregistre l'adresse de tous les nœuds visités par le paquet voir la figure 2.4 pour une illustration.

La réponse de route retransmet donc cette séquence de route, voir la figure 2.5 pour une illustration.



**Figure 2.6 :** construction de la route source de la requête de route dans DSR.



**Figure 2.7 :** propagation de la réponse de route dans DSR.

La réponse de route que nous venons de décrire s'applique dans le cas où les liens sont symétriques. Dans le cas où le réseau supporte des liens asymétriques, le nœud destination doit à son tour initier une requête de route vers le nœud source lorsqu'il reçoit la requête de route.

DSR utilise une procédure de maintenance de route pour s'assurer de la validité des chemins utilisés. Quand un nœud détecte que le nœud qui le suit dans la route source n'est plus atteignable, il envoie un paquet erreur de route vers le nœud source pour l'informer que la route n'est plus valide et qu'il doit initier une autre requête de routes 'il n'a pas d'autres routes disponibles dans son cache de routes.

### **Le protocole AODV (Ad-hoc On Demand Distance Vector) :**

AODV [17] fait partie de la famille des protocoles réactifs. Lorsqu'une application désire trouver une route vers un destinataire, AODV inonde le réseau avec des paquets Route Requeté (RREQ). Le nœud source diffuse un RREQ sur tous les canaux disponibles et les nœuds qui reçoivent ce RREQ mettent à jour la route qui mène vers la source. Ces voisins à leur tour diffusent ce RREQ vers les autres nœuds. Chaque nœud traversé par un paquet de RREQ stocke des informations sur le numéro de séquence du paquet, l'adresse des nœuds source et destination ainsi que l'adresse du nœud précédent. Lorsque ces paquets RREQ arrivent à la destination, un paquet de réponse Route Replay (RREP) est envoyé suivant le chemin inverse vers le nœud émetteur (voir Figure.2.6).

La Figure.2.6 donne un exemple de recherche de route dans un réseau avec AODV. Le nœud *Source* veut envoyer du trafic au nœud *Dest*. Il génère un paquet RREQ qu'il diffuse à ses voisins A et B. Ces deux nœuds à leur tour retransmettent le RREQ à leurs voisins. Ce paquet permet, au niveau de chaque nœud, de mettre à jour le saut suivant pour la route construite vers la *Source*. À chaque saut, le nœud calcule le nombre de sauts depuis la *Source*. Le RREQ arrive au niveau au nœud *Dest* qui voit qu'il est le nœud destination, il génère alors un paquet RREP qui fait le chemin inverse et informe le nœud source du chemin à prendre.

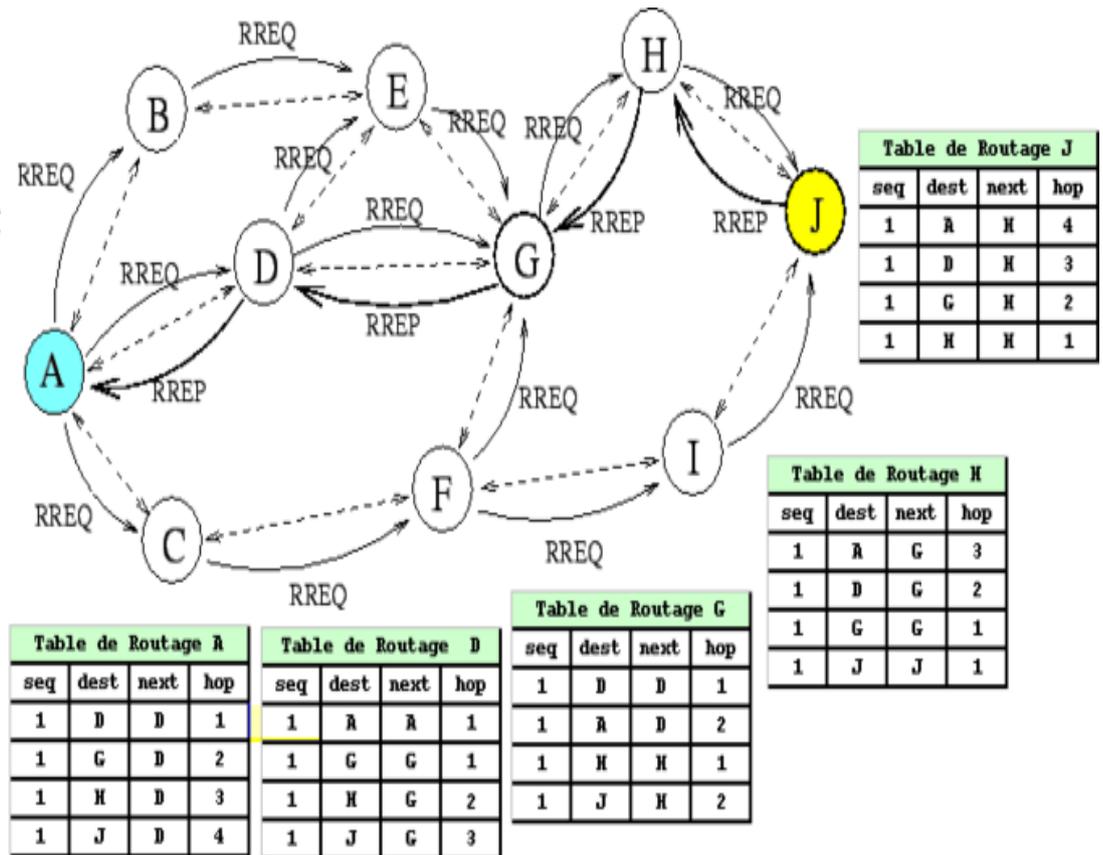


Figure.2.8 : Recherche de route dans AODV [44]

Dans cet exemple, la métrique est le nombre de sauts avec un poids de 1 pour chaque lien mais on aurait pu affecter des poids différents tels qu'ETX, ETT vus dans la section 3.1.4. Le problème revient à trouver le plus court chemin dans un réseau.

AODV diffuse périodiquement des messages Hello à ses voisins pour vérifier l'état des liens. Si un nœud reste pendant une période sans recevoir de paquets Hello de la part d'un de ses voisins, et que les paquets Hello qu'il envoie vers cette destination sont perdus, il considère que le lien est tombé en panne et entame une nouvelle procédure de recherche de route pour toutes les routes qui passaient par ce lien.

**Le protocole CEDAR (Core Extraction Distributed Ad hoc Routing) :**

CEDAR [18] est un protocole de routage réactif avec DS. CEDAR repose dans son fonctionnement sur un ensemble de nœuds dominants minimal appelé "cœur du réseau". La communication entre les nœuds appartenant au cœur du réseau s'effectue via des échanges unicast au lieu du broadcast pour éviter les pertes dues aux problèmes des stations cachées et exposées.

Pour chaque lien  $(i, j)$ , les nœuds CEDAR [18] est un protocole de routage réactif avec DS. CEDAR repose dans son fonctionnement sur un ensemble de nœuds dominants minimal appelé "cœur du réseau". La communication entre les nœuds appartenant au cœur du réseau s'effectue via des échanges unicast au lieu du broadcast pour éviter les pertes dues aux problèmes des stations cachées et exposées.

Pour chaque lien, les nœuds  $i$  et  $j$  sont responsables d'informer leurs nœuds dominateurs quand la capacité du lien s'incrémente ou se décrémente par un certain seuil. Ces informations seront ensuite propagées dans le cœur du réseau, de façon à ce qu'une information de réduction de la capacité d'un lien propagera plus rapidement que celle concernant des augmentations. Les paquets contenant des informations de réduction ou d'augmentation de la capacité d'un lien possèdent un TTL (*Time To Live*) qui les permettent de propager autant que sa valeur le permet. TTL est une fonction croissante de la capacité des liens. Ainsi, chaque nœud du cœur maintiendra les états des liens locaux, ainsi que les états des liens stables non-locaux caractérisés par une haute capacité.

Quand une source  $s$  a besoin d'un chemin vers une destination  $d$  avec une capacité requise  $c$ , elle le demande de son dominateur qui soit connaît ou découvre un chemin au dominateur du  $d$  en déclenchant une découverte de chemin (en utilisant un des protocoles DSR, AODV, etc.) au niveau du cœur du réseau. Cela permet l'établissement de chemins dits "chemins du cœur". Comme les nœuds du cœur dans CEDAR ne possèdent qu'une connaissance partielle de la topologie du réseau, le chemin le plus court avec la plus haute capacité (par rapport à  $c$ ) sera calculée en plusieurs étapes par chacun des nœuds appartenant au chemin du cœur en utilisant l'algorithme de Dijkstra.  $i$  et  $j$  sont responsables d'informer leurs nœuds dominateurs quand la capacité du lien s'incrémente ou se décrémente par un certain seuil. Ces informations seront ensuite propagées dans le cœur du réseau, de façon à ce qu'une information de réduction de la capacité d'un lien propagera plus rapidement que celle concernant des augmentations. Les paquets contenant des informations de réduction ou d'augmentation de la capacité d'un lien possèdent un TTL (*Time To Live*) qui les permettent de propager autant que sa valeur le permet.

TTL est une fonction croissante de la capacité des liens. Ainsi, chaque nœud du cœur maintiendra les états des liens locaux, ainsi que les états des liens stables non-locaux caractérisés par une haute capacité.

Quand une source  $s$  a besoin d'un chemin vers une destination  $d$  avec une capacité requise  $c$ , elle le demande de son dominateur qui soit connaît ou découvre un chemin au dominateur du  $d$  en déclenchant une découverte de chemin (en utilisant un des protocoles DSR, AODV, etc.) au niveau du cœur du réseau. Cela permet l'établissement de chemins dits "chemins du cœur". Comme les nœuds du cœur dans CEDAR ne possèdent qu'une connaissance partielle de la topologie du réseau, le chemin le plus court avec la plus haute capacité (par rapport à  $c$ ) sera calculée en plusieurs étapes par chacun des nœuds appartenant au chemin du cœur en utilisant l'algorithme de Dijkstra.

### **Les protocoles de routage hybrides (ou basés sur les zones) :**

#### **Le protocole ZRP (Zone Routing Protocol) :**

ZRP signifie « Protocole de zone de routage » (« Zone Routing Protocol »). Le protocole de routage ZRP est un modèle hybride entre un schéma proactif et un Schéma réactif. Il est basé sur deux procédures : le protocole de routage intra zone, nommé ARP et le protocole de routage interzone, nommé IERP [19].

Le ZRP a été conçu pour accélérer la livraison et réduire la surcharge de traitement en sélectionnant le type de protocole le plus efficace à utiliser tout au long de l'itinéraire [20]

#### **Le protocole ZHLS (Zone based Hierarchical Link State) :**

Dans le protocole lone-based Hierarchical Link State Routing Protocol (IHLS)

[LEM 00], le réseau est divisé en zones non-recouvertes { **figure 2.7** }. À la différence d'autres protocoles hiérarchiques, il n'y a aucun chef de zone. IHLS définit deux niveaux de topologie: physiquement. Un lien virtuel entre deux zones existe si au moins un nœud d'une zone est physiquement relié à un certain nœud de l'autre zone. La topologie de niveau de zone indique comment les zones sont reliées ensemble. Il y a deux types de paquet d'état de lien : LSP orienté nœud et LSP orienté zone. -LSP orienté nœud : contient les informations des nœuds voisins. et il est propagé à l'intérieur de la zone.

-LSP orienté zone : contient les informations de zone et il est propagé globalement. Chaque nœud a la connaissance complète de connectivité des nœuds dans sa zone, et connaît seulement les informations de connectivité de zone d'autre zone dans le réseau.

Alors entonnant, l'identification de zone et l'identification de nœud d'une destination, le paquet est conduit en se basant sur l'identification de zone jusqu'à ce qu'il atteigne la zone correcte. Puis dans cette zone, il est conduit en se basant sur l'identification de nœud.

Une < identification de zone, le nœud identification > de la destination est suffisante pour que le routage soit adaptatif au changement topologique. Parmi les inconvénients de ZHLS on peut citer : -Si la zone devient large, une quantité importante d'information doit être sauvegardée pour chaque nœud. Les chemins ne sont pas optimaux, les paquets doivent passer par les nœuds qui relient les zones de la source et la destination même si ces derniers sont physiquement proches niveau de nœud et niveau de zone. Une topologie de niveau de nœud indique que les nœuds d'une zone sont reliés entre eux [21]

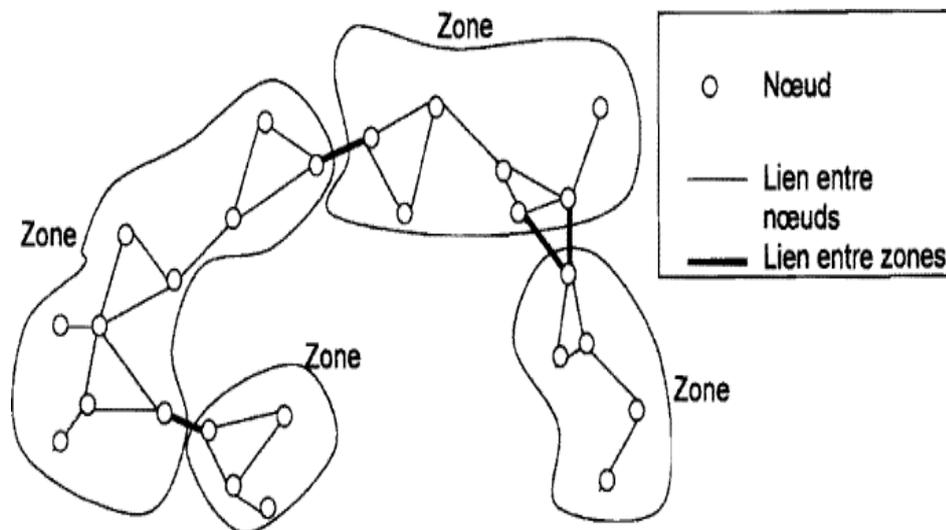


Figure 2.9: La décomposition du réseau en zones.

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons abordé la notion et les problèmes de routage dans les réseaux ad hoc.

Comme nous avons vu, le problème de routage est loin d'être évident dans cet environnement ou ce dernier impose de nouvelles limitations par rapport aux environnements classiques. Les stratégies de routage doivent tenir compte des changements fréquents de la topologie, de la consommation de la bande passante qui est limitée, ainsi d'autres facteurs.

Finalement, nous avons présenté la classification des protocoles de routage dans les environnements mobiles, avec quelques exemples pour les protocoles de routage proactifs et réactifs qui sont conçus pour les réseaux Ad hoc.

### Introduction :

Ce chapitre organise le thème principal de notre recherche, où nous évaluerons les performances des protocoles AODV et DSR en termes de nature du transport du trafic RW et RWP et de l'évolution de la densité du réseau en augmentant le nombre de nœuds intermédiaires (10,30,50,70,100) et en raison du manque de possibilités d'application. En fait, nous ferons des simulations à l'aide de NS2.

La simulation est actuellement la solution la plus pratique pour évaluer le comportement d'un système complexe difficile à formaliser par des méthodes analytiques. Pour tester les performances du réseau mobile, la simulation est souvent utilisée.

Plusieurs simulateurs de réseaux sans fil ont été proposés ces dernières années, dont NS-2, GloMoSim, J-Sim, OMNeT++, Opnet, etc.

Ces simulateurs offrent tous un environnement de programmation pour l'implémentation et l'évaluation des performances des protocoles de communication.

### Présentation du NS2 :

NS2 est un logiciel de simulation de tout type de réseau informatique développé dans le cadre du projet VINT, il est bâti principalement avec les idées de la conception par objet, avec les objets proposés par ce moteur de simulation on peut représenter des machines, des routeurs (Node), de flux TCP, UDP et sélectionner les politiques et règles régissant des files d'attente mises en œuvre dans chacun des nœuds [1]

Parmi les composantes principales de NS2 qu'on cite par catégorie :

- Application : Web, ftp, Telnet, générateur de trafic (CBR, ...) ;
- Transport : TCP, UDP, RTP, SRM ;
- Routage unicast : Statique, dynamique (vecteur distance) ;
- Routage multicast : DVMRP, PIM ;
- Gestion de file d'attente : RED, DropTail, Token bucket.
- Discipline de service : CBQ, SFQ, DRR, Fair Queueing.
- Système de transmission : CSMA/CD, CSMA/CA, lien point à point.

### Les fichiers utilisés dans cette simulation :

#### TCL : Tool Command Language :

est un langage de script initialement conçu en 1988 par John Ousterhout et son équipe à l'université de Berkeley. Il s'inspire principalement des langages C, Lisp, Shell et Awk. Ce langage à typage dynamique est multiplateforme, extensible, facile à apprendre et repose sur douze règles syntaxiques.

TCL s'interface très aisément avec le langage C, ce qui lui permet de servir par exemple d'interprète embarqué dans des applications [2]

### L'outil de visualisation NAM :

NS-2 ne visualise pas le résultat des expérimentations. Il permet uniquement de sauvegarder une trace de la simulation, d'une manière qu'elle puisse être utilisée par un autre logiciel, comme NAM.

NAM est un outil de visualisation qui présente deux intérêts principaux :

Représenter la topologie d'un réseau décrit avec NS-2, et archiver temporellement les résultats d'une trace d'exécution NS-2. Par exemple, il est capable de représenter des paquets TCP ou UDP, la rupture d'un lien entre nœuds, ou encore de représenter les paquets rejetés d'une file d'attente pleine. Ce logiciel est souvent appelé directement depuis les scripts TCL pour NS-2, pour visualiser directement le résultat de la simulation.

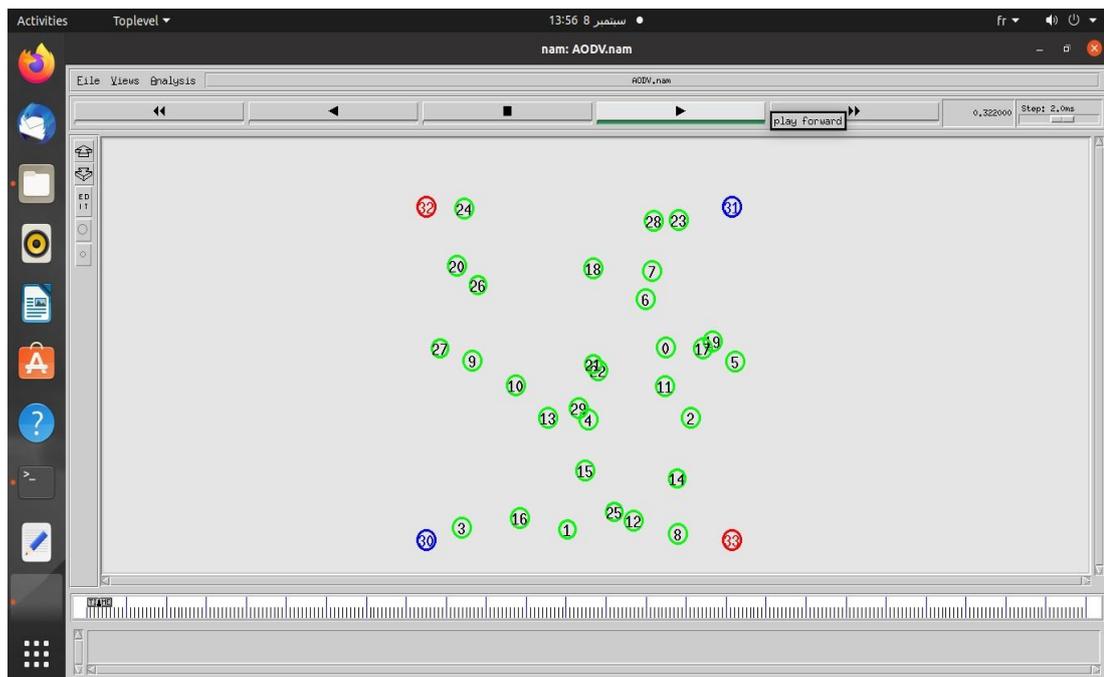


Figure 3.1: Exemple de simulation visualisée avec le NAM

### Awk script :

Awk dont le nom vient des trois créateurs, Alfred Aho, Peter Weinberger et Brian Kernighan est un langage de traitement de fichiers plats par lignes, disponible sur la plupart des systèmes Unix et sous Windows avec MinGW, Cygwin ou Gawk.

Il est principalement utilisé pour la manipulation de fichiers textuels pour des opérations de recherches, de remplacement et de transformations complexes [3] .

#### Avantages et Inconvénients de la simulation sous NS :

➤ **Avantages :**

- Un logiciel de simulation multicouche.
- Un outil complètement libre pour plusieurs plateformes
- Possibilité d'ajouter des composants \_a la demande.
- Développement orienté objet.
- Du fait de sa popularité, de nombreux protocoles sont \_a priori disponibles pour NS-2

➤ **Inconvénients :**

- La modélisation dans NS-2 reste une tâche complexe : il n'y a pas d'interface graphique.
- Une forte technicité est requise pour utiliser ce simulateur.

#### Simulation et discussion des résultats :

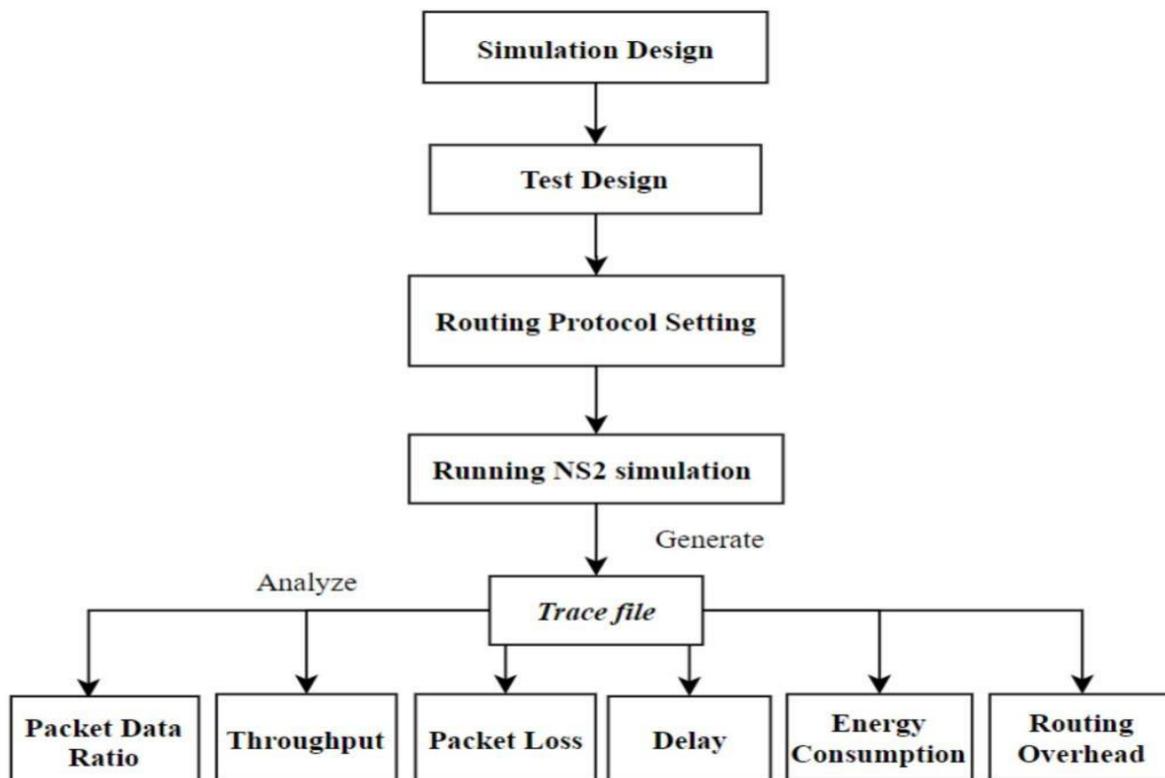


Figure 3.2 Explication de la séquence de simulation [4]

### 3.5.1 Modèle de simulation :

Paramètre	Valeur
Temps de la simulation	25 s
Protocoles	AODV, DSR
Taille de paquet de donnés	1500 Octets
Surface de la simulation	800x800
Nombre des nœuds	10, 30, 50, 70,100
Nombre de scénarios pour le même contexte	2
Le paramètre simulé	Débit (Average Throughput), Taux de livraison des paquets (Packet delivery ratio), charge de routage normale (Routing over Head), Délai moyen de bout en bout (Average End toEnd Delay)

**Table 1** : paramètres nécessaires dans la simulation

### Les Résultats de simulation :

Dans ces simulations, nous avons fait une comparaison entre AODV et DSR protocole en termes de performance. Cette comparaison prend en compte la mobilité des nœuds et la densité du réseau. Deux modèles de mobilité « RandomWay point & Random Walk » ont été expérimentés tout en variant le nombre de nœuds dans le réseau.

La comparaison est faite selon les métriques de performances généralement utilisées dans ce genre d'études à savoir le débit, Taux de livraison, délai bout à bout et l'Over Head. Les résultats obtenus sont discutés et commentés afin de tirer les conclusions escomptées.

#### 3.6.1. Débit (Average Throughput) :

Débit défini comme le rapport de la quantité totale de données qui parviennent à un destinataire depuis un expéditeur jusqu'au moment où prend pour que le récepteur reçoive le dernier paquet

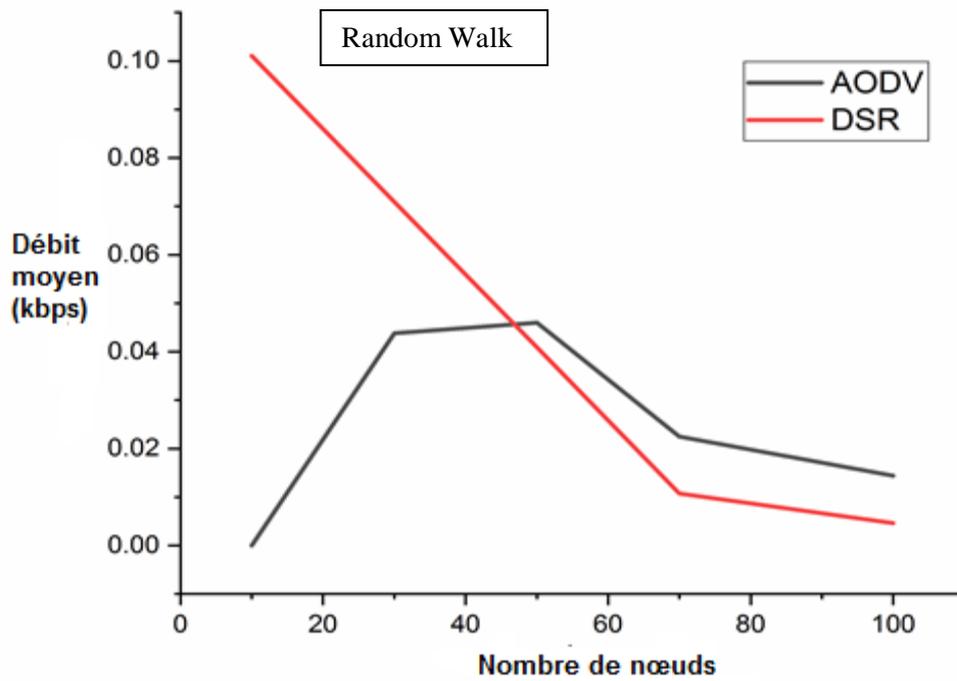


Figure 3.3 : Débit moyen d'AODV, DSR mobilité modèle Random Walk

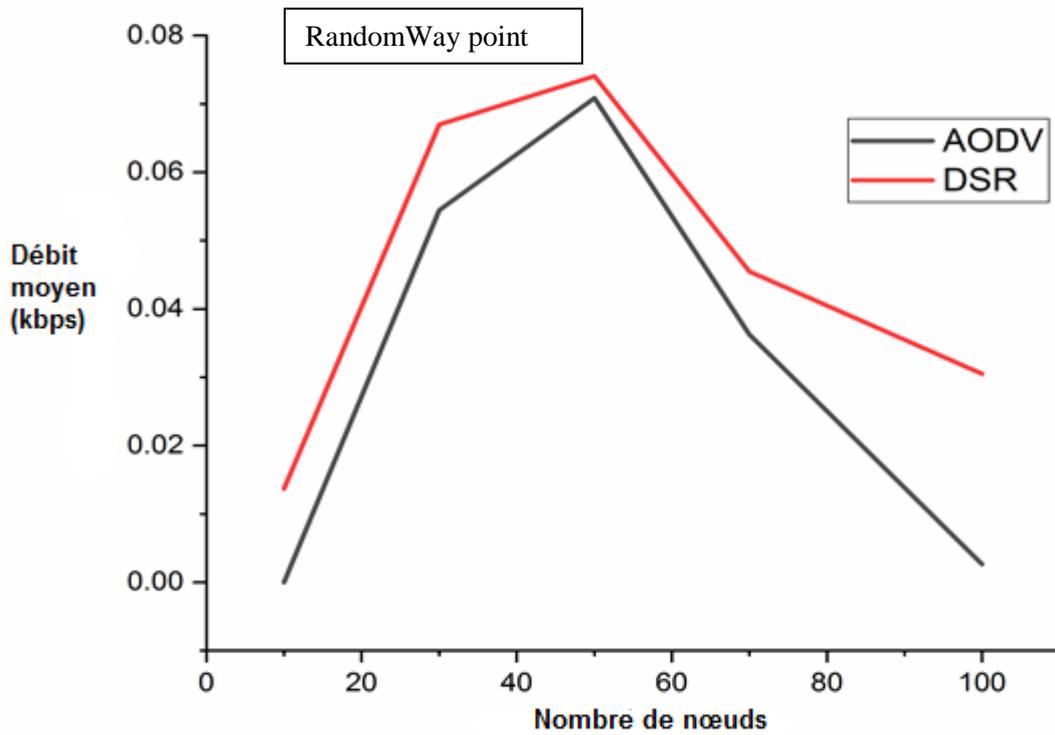


Figure 3.4 : Débit moyen d'AODV, DSR mobilité modèle RandomWay point

Les figures 3.3 et 3.4 illustrant le débit moyen relatives aux deux modèles de mobilité appliquées aux deux protocoles de routage DSR et AODV.

On constate que lorsque le nombre des nœuds intermédiaires augmentent entre l'émetteur et récepteur le débit moyen diminue pour les deux protocoles avec une légère avantage peut s'expliquer comme suite :

Dans les réseaux de taille moyenne à petites ou les nombre des nœuds intermédiaires (10,30)

- 1) Le nombre des paquets RREQ pour les deux modèles AODV et DSR diminue ainsi le trafic sur le réseau diminue aussi
- 2) Encore les routes sont beaucoup plus stables ce qui réduit la nécessité de les de couvrir à nouveau
- 3) L over Head est moins important pour le protocole DSR
- 4) Les tailles de routage sont aussi petites dans le protocole

AODV On conclusion : plus le réseau est deux plus le débit diminue

### 3.6.2 Taux de livraison des paquets (Packet delivery ratio) :

Le taux de livraison des paquets (PDR) est le rapport entre le nombre de paquets transmis par une source de trafic et le nombre de paquets reçus par une destination de trafic. Il mesure le taux de perte vu par les protocoles de transport et comme spécifique à la fois à l'exactitude et à l'efficacité des protocoles de routage. Un bon rapport de livraison de paquets est souhaité dans n'importe quel réseau.

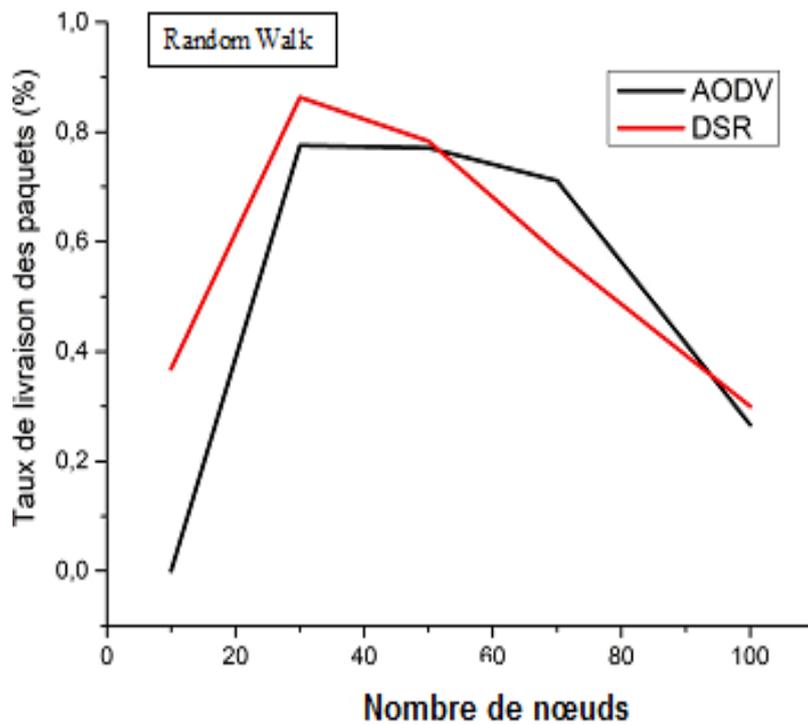


Figure 3.5 : Taux de livraison des paquet d'AODV, DSR mobilité modèle Random Walk

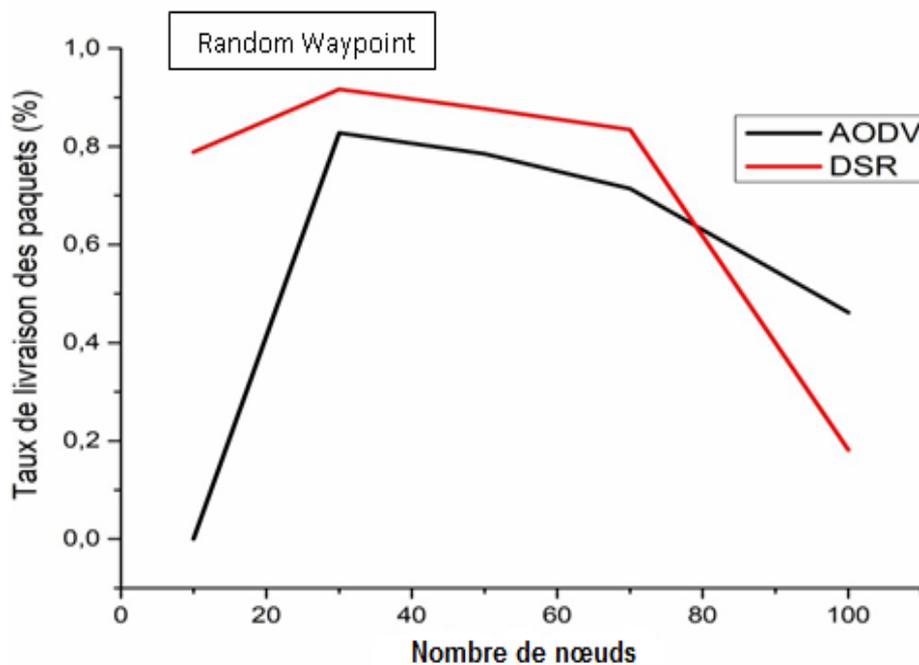


Figure 3.6 : Taux de livraison des paquets d'AODV, DSR mobilité modèle RandomWay point

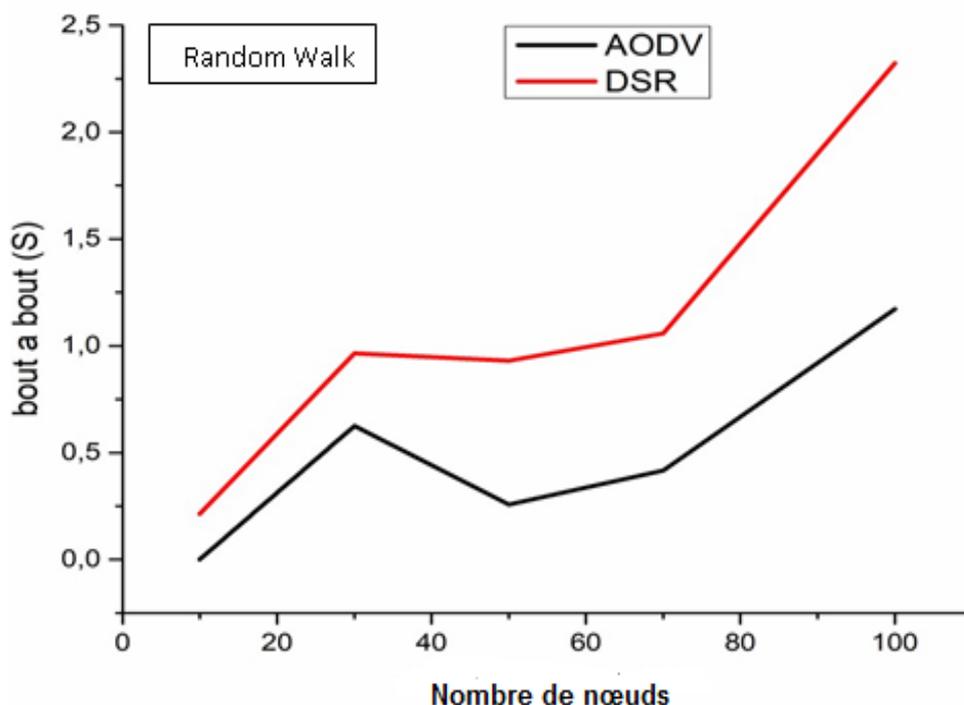
Les figures 3.5 et 3.6 montre La relation entre le taux de livraison du paquet et l'augmentation du nombre de nœuds intermédiaires

Ainsi, avec l'augmentation du nombre de nœuds le taux de livraison pour chacun des deux protocoles diminue, et cela et dû à :

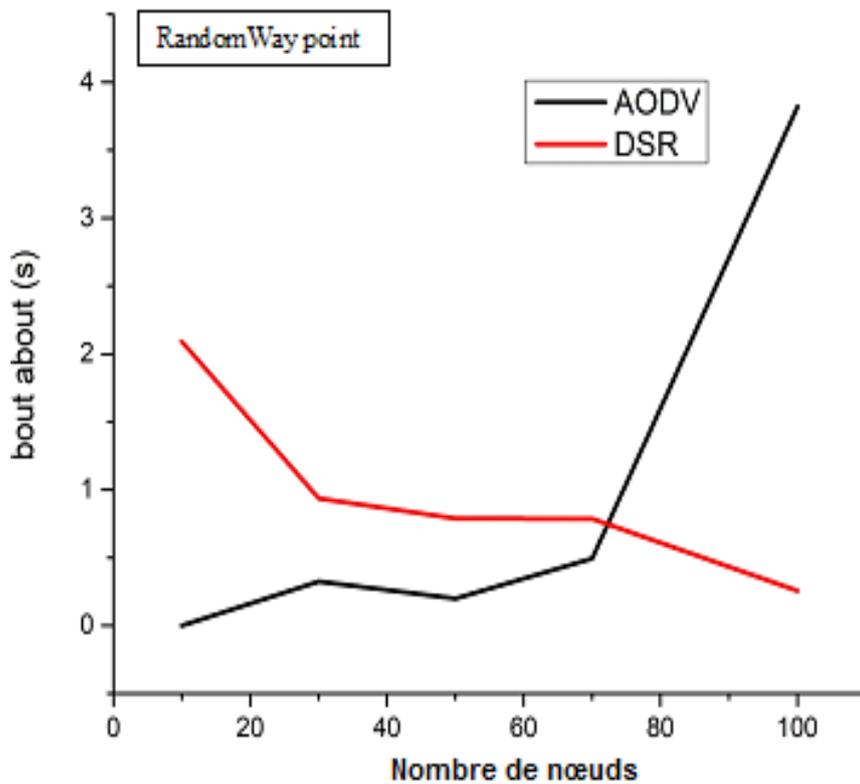
- 1) Une augmentation du nombre de nœuds, ce qui rend la recherche du chemin difficile et prend plus de temps, ce qui entraîne des retards de livraison
- 2) la rupture de chemin provoque la perte de paquets.

#### **Délai moyen de bout à bout (Average End to End Delay) :**

Le délai de paquet de bout en bout représente le temps moyen qu'un fichier prend un paquet pour voyager sur le réseau. C'est le moment dé génération de paquets dans l'expéditeur jusqu'à ce que La réception soit dans la couche application de destination et elle est Elle se mesure en secondes. Il comprend donc tous les retards de Réseau tels que les heures de répartition, les files d'attente et Retard causé par les activités de routage et de contrôle MAC Échanges.



**Figure 3.7 :** Délai moyen de bout about d'AODV, DSR mobilité modèle Random Walk



**Figure 3.8 :** Délai moyen de bout à bout d'AODV, DSR mobilité modèle RandomWay point  
**Bout à bout :**

Les figures 3.7 et 3.8 montre les valeurs bout à bout selon les différents scénarios simulés deux cas de figures sont considérés pour expliquer les résultats.

- **Le premier cas :**

Pour deux protocoles DSR et AODV avec le modèle RW on a constaté que la taille de réseaux est le facteur déterminant.

Plus le nombre des nœuds augmente plus on a des routes longues avec une forte probabilité de perdre des paquets et de nouvelles routes, cela augmente le délai bout à bout en manière significative.

- **Le deuxième cas :**

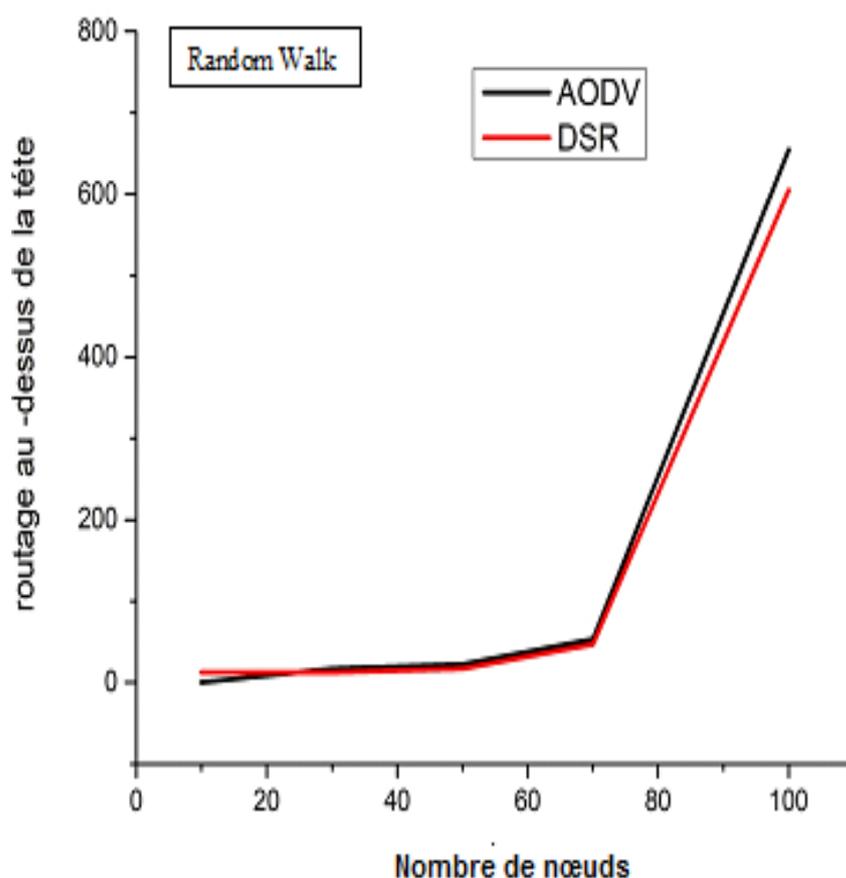
C'est avec le modèle RWP on a constaté que le protocole AODV est affecté pour l'augmentation de nombre des nœuds par contre le DSR a une légère amélioration, ceci est lié à la spécification des deux protocoles.

Le DSR choisi toujours le plus court chemin et avec la stabilité du chemin le délai est plus rapide, l'AODV utilise le premier chemin découvert même s'il n'est pas le plus court, ceci explique l'avantage des DSR.

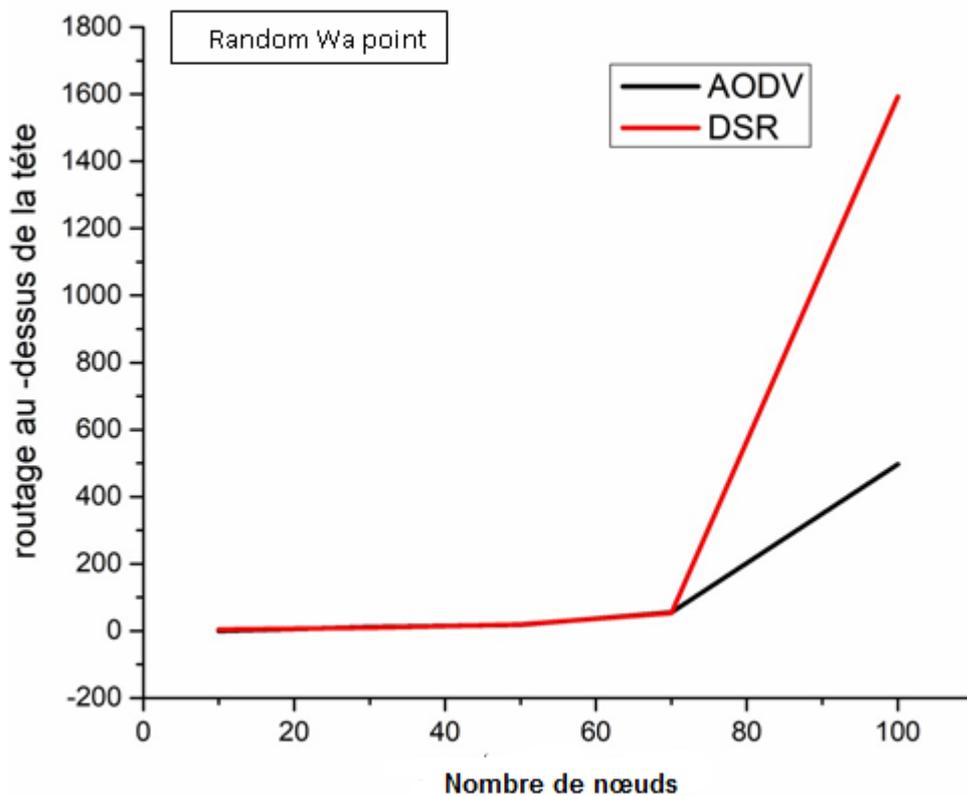
#### Charge de routage normale (Routing Over Head) :

Pour maintenir à jour les informations sur les routes réseau, les algorithmes de routage génèrent des paquets de petite taille, appelés paquets de routage. Un exemple de tels paquets est un paquet HELLO, qui est utilisé pour vérifier si le nœud voisin est actif. Notez que les paquets de routage ne transportent aucun contenu d'application, comme le font les paquets de données.

Les paquets de routage sont considérés comme surchargeant le réseau. Cette surcharge est appelée surcharge de direction. Un bon protocole de routage devrait réduire la charge de routage [5].



**Figure 3.9 :** charge de routage normale (Routing Over Head) d'AODV, DSR mobilité modèle Random Walk



**Figure 3.10 :** charge de routage normale (Routing over Head) d’AODV, DSR mobilité modèle RandomWay point

Les figures 3.9 et 3.10 montrent les résultats relatives aux paramètres “over Head “ les deux modèles de mobilités n'ont pas une influence majeure sur l'over Head tandis que l'augmentation du nombre des nœuds augmente l'over Head pour les deux protocoles, on peut expliquer ceci par le nombre de messages utilisés pour gérer le routage .Ce nombre est important si la taille du réseau est grande en plus avec l'augmentation des nœuds intermédiaires le taux de RREQ augmente aussi due au changement de position des nœuds lors de la mobilité.

**Remarque :**

Le protocole AODV dans le cas de 10 nœuds intermédiaires n'a pas réalisé de transmission de paquets et c'est parce que les nœuds sont éloignés les uns des autres, mais cet espacement n'a pas affecté le DSR, qui peut fonctionner dans une plage plus large que AODV

### Conclusion :

Dans ce chapitre, les performances des deux protocoles de routage MANET AODV et DSR ont été analysées à l'aide du simulateur NS-2. Nous avons fait de manière globale résultats de

- Débit moyen
- Délai moyen de bout en bout
- Débit de routage au-dessus de la tête
- Taux de livraison de paquets

Sur les protocoles de routage, DSR et AODV en variant la taille du réseau. Comparaison du DSR et du protocole AODV, surcharge d'octets dans chaque paquet augmentera chaque fois que la topologie du réseau change puisque le protocole DSR utilise la source routage et cache de route. Par conséquent, DSR est préférable pour un trafic modéré avec un trafic moyen mobilité

Lorsque la charge du réseau est faible, AODV fonctionne mieux en cas de livraison de paquets ratio mais il fonctionne mal en termes de débit moyen. Généralement, DSR surpasse AODV car il a moins de surcharge de routage lorsque les nœuds ont une mobilité élevée

### **Conclusion générale :**

Réseaux souffrent d'inconvénients à la fois liés aux liens de partage du canal de transmission qui engendre un faible débit, mais également aux protocoles de routage. Notre étude est essentiellement basée sur les protocoles de routage qui sont élément indispensable pour la sélection des routes et le transfert de données ainsi ils jouent un rôle important dans l'amélioration de la qualité de service et le partage de la bande passante le réseau MANET doit s'organiser automatiquement pour Peut être déployé rapidement et peut s'adapter aux conditions de propagation, Le trafic possible et les divers mouvements au sein de l'unité mobile. Assurera connectivité du réseau en l'absence d'infrastructure et de réseau Mobilité du site, chaque nœud peut participer au routage et retransmettre les paquets de données à partir de nœuds qui ne sont pas là Capable d'atteindre la destination, de sorte que n'importe quel nœud peut être utilisé comme station routeur. Par conséquent, chaque nœud participe à une stratégie de routage, lui permettant Découvrez les chemins existants pour atteindre d'autres nœuds du réseau.

Ce travail entre dans le cadre de l'étude du problème de routage dans les environnements mobiles caractérisés par l'absence d'infrastructure. Différentes stratégies de routage conçues pour les réseaux *MANETs* ont été étudiées. Dans l'approche réactive une station cherche découvrir une route avant de pouvoir communiquer A travers notre étude des différents protocoles de routage qui existent, nous avons vu que ces protocoles utilisent une variété de techniques afin de résoudre le problème de routage dans l'environnement des réseaux MANETs à l'aide du simulateur NS-2 qui nous a permis de comparer entre ces deux protocoles.

AODV et DSR sont très similaires, mais les mécanismes AODV sont plus facile à mettre en œuvre et à intégrer avec d'autres mécanismes utilisant d'autres protocoles de routage différents.

De plus, AODV a une meilleure l'évolutivité et sa taille d'en-tête sur le paquet de données est relativement constante. Cependant, AODV ne maintient qu'une seule route par destination. C'est l'un des problèmes majeurs de l'AODV, car à chaque fois qu'un itinéraire est cassé; une découverte d'itinéraire doit être initiée. Cela conduit à plus surcharge, délais plus élevés et perte de paquets élevée. D'autre part, DSR semble être plus stable et a moins de surcharge que AODV.

## Conclusion générale

---

DSR peut utiliser plusieurs chemins et n'envoie pas de message périodique. Paquet comme AODV. De plus, il stocke tous les routages utilisables informations extraites des paquets entendus. Cependant, ces les informations sur l'itinéraire entendues pourraient entraîner des incohérences

### Bibliographie

- [1] [En ligne]. Available: [http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2007/mdouis\\_LaQualiteDeServiceDansLesReseauxAdHoc/adhoc\\_routing.html](http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2007/mdouis_LaQualiteDeServiceDansLesReseauxAdHoc/adhoc_routing.html).
- [2] R. E. Kahn, The organization of computer resources into a packet radio network, Vols. %1 sur %2COM-25, 1977.
- [3] D. D. A. B. R. D. L. F. D. P. Chandra, Wireless Networking, UK, Elsevier Inc, 2008.
- [4] M. Ilyas, The Handbook of Ad Hoc Wireless Networks", USA, CRC Press, 2003.
- [5] k. BEYDOUN, conception d'un protocole de routage hiérarchique, 2009.
- [6] F. D. Tolba, Conservation d'énergie et gestion de la mobilité, 2007.
- [7] K. W. M. Hülsmann, Understanding Autonomous Cooperation and Control in Logistics, Springer,, 2007.
- [8] N. A. e. M. S. ABDEDOU, Détection et Exclusion des Noeuds Egoïstes dans les Réseaux Mobiles ad hoc, Année 2008 -2009.
- [9] g. p. g. v. l. Khaldoun al agha, Réseaux de mobile & réseaux sans fil, Lavoisier, 2006.
- [10] [En ligne]. Available: <http://www.ietf.org/html.charters/>.  
]
- [11] W. H. B. Tavli, Netherlands, Springer,, 2006.
- [12] Y. T. S.L. Wu, Wireless Ad Hoc Networking: Personal-Area, Local-Area, and the, USA, Auerbach publications, 2007.
- [13] W. S. Y. S. I.F. Akyildiz, A survey on sensor networks, vol. 40, IEEE Communications Magazine,, 2002.
- [14] X. W. W. W. I.F. Akyildiz, Wireless mesh networks: a survey, Vols. %1 sur %247, pp., Computer Networks, 2005.
- [15] A. RACHED, Contributions A La Sécurité Dans Les Réseaux Mobiles Ad Hoc, 2012.
- [16] P. S. Padmalaya Nayak, «Analysis of Random Way Point and Random Walk Mobility Model for Reactive,» December 2015. [En ligne]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/309438065>.
- [17] A. ABDULALLI, Réseaux ad-hoc : Etude des modèles de mobilité et de protocoles de routage, UVHC, 12/12/2008, p. 38.

## Bibliographie

---

- [18] M. B. K. Y. Lisa., Evaluation des protocoles de routage, TIZI-OUZOU, FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE, 2012/2013.
- [19] B. P. P. Rahul Desaia, Performance Analysis of Ad Hoc Routing Protocols, Pune, 411015, India, Army Institute of Technology, 2014.
- [20] G. G. G. Jayakumar, Ad Hoc Mobile Wireless Networks Routing Protocols – A Review, vol. vol.3, Journal of compuer Science, 2007, pp. 574-582.
- [21] J. K. C. Liu et ", A Survey of Mobile Ad Hoc network Routing Protocols, Germany, University of ulm, 2003.
- [22] J. W. M. Mauve, A Survey on Position-Based Routing in Mobile Ad Hoc Networks, vol. 15, IEEE Networks, 2001, pp. 30-39.
- [23] B. e. OUHAB.S, routage et qualité de service dans AODV et OSLR, Université A/Mira de Bejaia.
- [24] P. M. UHLETHALER, Routage dans les Réseaux Ad hoc, 2008.
- [25] M. S.Allal, «Expérimentation des réseaux sans fil ", 2007.
- [26] C. e. a. SARR, ABE Un protocole de réservation de bande passante pour les réseaux ad hoc basés sur IEEE 802.11, CFIP, 2006.
- [27] A. N. Thakare et M. M. Y. Joshi, Performance Analysis of AODV & DSR Routing Protocol in, Nagpur, Department of Computer Science & Engineering,, 2010.
- [28] C. a. B. P. Perkins, Highly dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector routing (DSDV) for mobile computers, Commun. Rev, 1994, pp. 234-244.
- [29] R. Bellman, On a Routing Problem, In Quarterly of Applied Mathematics, 1958, pp. 87-90.
- [30] [En ligne]. Available: <http://elearningatria.files.wordpress.com/2013/10/cse-vi-computer-networks-ii-10cs64-notes.pdf>.
- [31] B. Nadhir, ROUTAGE DANS LES RESEauxMOBILES AD HOC, constantine, Faculté des sciences et science de l'ingénieur, 25 / 06 / 2008.
- [32] [En ligne]. Available: <http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2007/Benabdallah-Soulami/fsr.html>.
- [33] [En ligne]. Available: <http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2007/Benabdallah-Soulami/olsr.html>.

## Bibliographie

---

- [34] D. M. D. Johnson, Dynamic source routing in ad hoc wireless networks, Ch. 5 (T. Imielinski and H. Korth, eds.) éd., 1996.
- [35] R. Perkins C. E and M, Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing, 1999.
- [36] P. S. V. B. R. Sivakumar, CEDAR: a core extraction distributed ad hoc routing algorithm, vol. 17, 1999, pp. 1454-1465.
- [37] N. G. Fabien Risson, «le routage au sein des Réseaux Ad Hoc,» 2004.
- [38] [En ligne]. Available: [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Zone\\_Routing\\_Protocol](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Zone_Routing_Protocol).
- [39] D. D. ,. A. D. T. L. NadJlb Badache1, «Les protocoles de routage dans les réseaux mobiles Ad Hoc,» Laboratoire des logiciels de base CERIST, 2002.
- [40] [https://www.google.com/search?q=Exemple+d%27un+r%C3%A9seau+ad+hoc&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiG-MCUwrDzAhUcA2MBHUTkDXMQ\\_AUoAXoECAIQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgrc=w5G+Omuvh09AEOM](https://www.google.com/search?q=Exemple+d%27un+r%C3%A9seau+ad+hoc&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiG-MCUwrDzAhUcA2MBHUTkDXMQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgrc=w5G+Omuvh09AEOM)
- [41] [https://www.google.com/search?q=Architecture+ou+topologie+des+r%C3%A9seaux+Ad+Hoc+Architecture+plate&tbm=isch&ved=2ahUKEwj0eLyxDzAhVG8IUkHXNIAJgQ2-cCegQIABAA&oq=Architecture+ou+topologie+des+r%C3%A9seaux+Ad+Hoc+Architecture+plate&gs\\_lcp=CgNpbWcQA1Cz7wFY1fsBYM6MAMgAcAB4AIABpAOIAZ0FkgEHMi0xLjAuMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&scient=img&ei=QthaYeOoDsbglwTzkIHACQ&bih=568&biw=1366#imgrc=kVmielU53ChlmM](https://www.google.com/search?q=Architecture+ou+topologie+des+r%C3%A9seaux+Ad+Hoc+Architecture+plate&tbm=isch&ved=2ahUKEwj0eLyxDzAhVG8IUkHXNIAJgQ2-cCegQIABAA&oq=Architecture+ou+topologie+des+r%C3%A9seaux+Ad+Hoc+Architecture+plate&gs_lcp=CgNpbWcQA1Cz7wFY1fsBYM6MAMgAcAB4AIABpAOIAZ0FkgEHMi0xLjAuMZgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&scient=img&ei=QthaYeOoDsbglwTzkIHACQ&bih=568&biw=1366#imgrc=kVmielU53ChlmM)
- [42] [https://www.google.com/search?q=:+Classification+des+protocoles+par+les+MANET&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj1j9n2hLHzAhVR5eAKHTBjBLEQ\\_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgrc=ICipf1pWwdyn3M](https://www.google.com/search?q=:+Classification+des+protocoles+par+les+MANET&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwj1j9n2hLHzAhVR5eAKHTBjBLEQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgrc=ICipf1pWwdyn3M)
- [43] <https://www.memoireonline.com/12/07/738/effets-mobilite-protocoles-routage-reseaux-ad-hoc30.png>
- [44] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5c/AODV\\_Decouverte\\_Route2.png/680px-AODV\\_Decouverte\\_Route2.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5c/AODV_Decouverte_Route2.png/680px-AODV_Decouverte_Route2.png)
- [45] <https://www.researchgate.net/profile/Mostofa-Nasir/publication/262181860/figure/fig1/AS:296937396948994@1447806800406/Fisheye-State-Routing-Protocol.png>
- [46] <https://www.researchgate.net/profile/Fabrice-Valois/publication/42583594/figure/fig4/AS:668401924063237@1536370845414/Architecture-du-reseau-maille-sans-fil-les-points-dacces-collectent-le-traffic-de.ppm>

## Résumé :

Le réseau mobile ad hoc est généralement appelé MANET (Mobile Ad hoc Network) Il s'agit d'UN nouveau type de réseau basé sur la technologie sans fil. Le réseau autoorganisé est Se compose d'un ensemble d'unités informatiques portables, telles que les PDA (personale digital Assistant) et un ordinateur portable qui peut être déplacé et combiné librement Réseau d'interconnexion dynamique. Le réseau ad hoc ne dépend d'aucune infrastructure les nœuds mobiles prédéterminés doivent travailler ensemble pour gérer leur la communication le routage est le problème le plus important dans les réseaux ad hoc car la mobilité des nœuds est difficile de localiser la destination un instant donné.

Plusieurs protocoles de routage pour réseaux autoorganisé ont été proposés.

Simuler plusieurs scénarios afin d'évaluer les performances des protocoles de routage les plus utilisés dans les MANETs pour l'envoi des données multimédia utilisant différents critères d'évaluation tels que la charge sur le réseau.

## Abstract:

The mobile ad hoc network is generally called MANET (Mobile Ad hoc Network). It is a new type of network based on wireless technology. The self-organized network is Consists of a comfortable computing unit, such as PDAs (personal digital assistants) and a laptop which can be moved and combined freely Dynamic interconnect network. The ad hoc network does not depend on any infrastructure Predetermined mobile nodes must work together to manage their communication Routing is the most important problem in ad hoc networks because Node mobility is difficult to locate the destination at any given time.

Several routing protocols for self-organizing networks have been proposed. Simulate several scenarios in order to evaluate the performance of the routing protocols most used in MANETs for sending multimedia data using different evaluation criteria such as the load on the network.

## ملخص:

يشار إلى شبكة الجوال المخصصة بشكل عام باسم (MANET (Mobile Ad hoc Network وهي نوع جديد من الشبكات تعتمد على التكنولوجيا اللاسلكية. تتكون الشبكة ذاتية التنظيم من مجموعة من وحدات الحوسبة المحمولة، مثل المساعد الرقمي الشخصي وجهاز كمبيوتر محمول يمكن نقله وضمه بحرية إلى شبكة ربط ديناميكي. لا تعتمد شبكة الأقران على أي بنية أساسية يجب أن تعمل العقد المحمولة المحددة مسبقًا معًا لإدارة اتصالاتها.

يعد التوجيه أهم مشكلة في الشبكات المخصصة نظراً لأنه من الصعب تحديد موقع الوجهة في أي وقت. تم اقتراح العديد من بروتوكولات التوجيه لشبكات التنظيم الذاتي.

لإرسال بيانات الوسائط MANETs محاكاة عدة سيناريوهات لتقييم أداء بروتوكولات التوجيه الأكثر استخدامًا في

المتعددة

باستخدام معايير تقييم مختلفة مثل الحمل على الشبكة.