

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université 8Mai 1945 – Guelma  
Faculté des sciences et de la Technologie  
Département d'Electronique et Télécommunications



**Mémoire de fin d'étude  
pour l'obtention du diplôme de Master Académique**

Domaine : **Sciences et Technologie**  
Filière : **Télécommunications**  
Spécialité : **Réseaux et Télécommunications**

---

---

**Évaluation de performance et qualité de service des  
réseaux sans fil WLAN**

---

---

Présenté par :

-----  
**DIREM Khaled  
BERTAL Ayyoub**  
-----

Sous la direction de :

**Dr. KASSA BAGHDOUCHE Lazhar**

Juillet 2019



# Remerciement

Nous tenons à remercier DIEU LE TOUT PUISSANT de nous avoir accordé la santé, le courage ainsi que la volonté d'entamer et de terminer notre projet de fin d'étude.

Nous adressons nos vifs remerciements aux membres de jury d'avoir accepté, d'examiner et d'évaluer notre travail.

Nous remercions profondément notre encadreur **Dr. KASSA BAGHDOUCHE Lazhar** pour son excellent encadrement, sa vision objective sans précédent sur tous les aspects concourants à la bonne réalisation de notre mémoire.

Nous remercions également tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, qui sans leur savoir et leur compétence, nous ne serions pas à ce niveau, ainsi que tout le personnel de département pour les moyens offerts.

Que tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce modeste travail, trouvant ici l'expression de nos sentiments de reconnaissance et de respect.

# Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail à:

Mes parents.

Mes frères.

A toutes mes familles.

A mes amis.

Tous ceux qui nous n'avons pas cité leurs noms.

**BERTAL AYYOUB**

# Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert ,

que je dédie mon travail à mes très chers,

Respectueux parents qui m'ont soutenus tout au long de ma vie ainsi à

mes sœurs et toute ma famille,

et aussi à mon binôme et tous mes collègues et amis.

Atout Personne qui m'ont encouragé ou aidé au long de mes étude

**DIREM KHALED**

## Résumé

Aujourd'hui, les réseaux locaux sans fils IEEE 802.11 sont de plus en plus utilisés. Les débits atteints par ces réseaux permettent d'exécuter des applications complexes nécessitant des adaptations de la performance sur les critères de la qualité de service tel que les pertes des paquets, le débit et le délai sur les réseaux sans fils. Plusieurs travaux de recherches ont été proposés pour apporter un support de qualité de service aux réseaux locaux sans fil doté de la norme IEEE802.11. Dans ce mémoire de fin d'étude, nous donnons des explications sur les réseaux sans fil avec leur classement et leurs différentes normes. Ensuite, nous expliquons les critères de qualité (Qualité Of Service) utilisés pour l'étude de performances des réseaux sans fils. Ces critères présentent un ensemble des paramètres qui permet de quantifier la qualité de connexion dans notre réseau. Dans le but de minimiser les pertes des paquets dans les réseaux sans fils IEEE802.11, différents protocoles de routage ont été étudiés et simulés. Le meilleur protocole de routage qui présente une faible perte de paquet a été choisi pour les réseaux sans fils IEEE802.11.

**Mots clés :** les réseaux locaux sans fils IEEE 802.11, les critères de la qualité de service, protocoles de routage

## Abstract

Today, IEEE 802.11 wireless LANs are being more used. The throughputs achieved by these networks allow running complex applications requiring guaranteed performance on the criteria of quality of services such as packet loss, throughput, and delay on wireless networks. Several research projects have been proposed to provide quality of service support to wireless LANs with the IEEE802.11 standard. In this master thesis, we give an explanation of wireless networks with their rankings and standards. Then, we explain the quality criteria (Quality Of Service) used for the performance study of wireless networks. These criteria present a set of parameters that makes it possible to quantify the quality of connection in our network. In order to minimize packet loss in IEEE802.11 wireless networks, different routing protocols have been studied and simulated. The best routing protocol with low packet loss has been chosen for IEEE802.11 wireless networks.

**Key words :** IEEE 802.11 wireless LANs, criteria of quality of services, routing protocol

## ملخص

اليوم ، يتم استخدام الشبكات المحلية اللاسلكية IEEE 802.11 أكثر وأكثر. تمكّن المخرجات التي حققتها هذه الشبكات من تنفيذ التطبيقات المعقدة التي تتطلب أداء مضمونًا على معايير جودة الخدمة مثل فقد الحزمة والإنتاجية وتأخير الشبكات اللاسلكية. تم اقتراح العديد من المشروعات البحثية لتوفير دعم جودة الخدمة لشبكات LAN اللاسلكية باستخدام معيار IEEE802.11. في هذه المشروعات ، نقدم شرحًا للشبكات اللاسلكية بترتيبها ومعاييرها المختلفة. بعد ذلك ، نوضح معايير الجودة (جودة الخدمة) المستخدمة لدراسة أداء الشبكات اللاسلكية. تقدم هذه المعايير مجموعة من المعلومات التي تجعل من الممكن تحديد جودة الاتصال في شبكتنا. لتقليل فقد الحزمة في الشبكات اللاسلكية IEEE802.11 ، تمت دراسة بروتوكولات التوجيه المختلفة ومحاكاتها. تم اختيار أفضل بروتوكول توجيه مع فقدان حزم منخفض للشبكات اللاسلكية IEEE802.11.

**الكلمات المفتاحية:** الشبكات المحلية اللاسلكية IEEE 802.11, معايير جودة الخدمة, بروتوكولات التوجيه.

# Table des matières

<b>Résumé</b> .....	I
<b>Liste des figures</b> .....	II
<b>Liste des tableaux</b> .....	III
<b>Liste des abréviations</b> .....	IV
<b>Introduction Générale</b> .....	1
<b>Chapitre 1 :Généralité sur les réseaux sans fil</b> .....	3
1.1 Introduction .....	4
1.2 L'architecture des réseaux sans fil WLAN .....	4
1.3 Les topologies des réseaux sans fil WLAN .....	6
1.4 Les composants des réseaux WLAN.....	8
1.5 Les classifications des réseaux sans fil .....	9
1.5.1 Les réseaux personnels sans fil WPAN .....	9
1.5.2 Les réseaux locaux sans fil (WLAN).....	11
1.5.3 Les réseaux métropolitain sans fil (Wman) .....	13
1.5.4 Les réseaux étendus sans fil (WWAN).....	15
1.6 Les normes des réseaux sans fil .....	18
1.6.1 La norme 802.11b .....	18
1.6.2 La norme 802.11a .....	19
1.6.3 La norme 802.11g.....	19
1.6.4 La norme 802.11n .....	20
1.6.5 La norme 802.11ac.....	20
1.6.6 La norme 802.11ad .....	20

1.6.7	La norme 802.11ah .....	21
1.6.8	La norme 802.11af .....	21
1.6.9	La norme 802.11ax .....	21
1.7	Conclusion.....	22
<b>Chapitre 2 :Qualités de service (QoS) dans les réseaux WLAN.....</b>		<b>24</b>
2.1	Introduction .....	25
2.2	Les paramètres de qualité de service.....	26
2.2.1	La bande passante (ou débit binaire) .....	26
2.2.2	Le délai (ou latence).....	26
2.2.3	La perte de données .....	26
2.3	Les modèles de QoS.....	27
2.3.1	IntServ (Integrated Service).....	27
2.3.2	Modèle Diffserv .....	30
2.4	Les classes de services .....	31
2.5	Les Protocoles de routage dans les réseaux ad hoc .....	32
2.5.1	Protocoles Proactifs .....	33
2.5.2	Protocoles Réactifs.....	34
2.6	Conclusion.....	37
<b>Chapitre 3 :Résultats de Simulation .....</b>		<b>39</b>
3.1.	Introduction.....	40
3.2.1.	Présentation du simulateur NS2.....	41
3.2.2.	L’outil de visualisation NAM .....	41
3.2.3.	Fichier trace .....	42
3.2.4.	Principaux composants .....	43
3.2.	Architecture du réseau simulé.....	44

3.3. Paramètres de simulation .....	45
3.4. Scenarios de simulation.....	46
3.5.1. Premire Scenario.....	46
3.5.2. Deuxième Scenario .....	55
3.5.3. Etude comparative entre les deux scenarios .....	66
3.5. Conclusion.....	67
<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>69</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>71</b>

# Liste des figures

Figure.1.1 architecture d'un réseau sans fil avec et sans AP .....	6
Figure .1.2 Topologies IEEE 802.11 BSS et ESS.....	7
Figure.1.3 Les composants des réseaux WLAN.....	9
Figure .1.4 Réseau locale sans fil.....	12
Figure.1.5 Architectures d'un réseau wifi.....	13
Figure.1.6 Architectures d'un réseau Wi MAX.....	15
Figure.1.7 Architecture d'un réseau GSM.....	16
Figure 1.8 Architecture d'un réseau GSM+GPRS.....	17
Figure 1.9 Architecture d'un réseau GSM+GPRS+UMTS .....	18
Figure 1.10 Les normes wifi et leurs couvertures.....	22
Figure 2.1 Architecture du modèle IntServ.....	28
Figure 2.2 Opérations de configuration de réservation de ressources de base du protocole de signalisation RSVP .....	29
Figure 2.3 tâches réalisées dans un modèle d'architecture DiffServ .....	31
Figure2.4 découverte des chemins dans AODV .....	35
Figure 2.5 Coupure de route et envoi du RER.....	36
Figure 2.6 Mécanisme de découverte de route dans DSR .....	37
Figure 3.1 L'interface NAM.....	42
Figure 3.2 L'architecteur du réseau simulé.....	45
Figure 3.3 Evolution du débit en fonction du temps pour différents protocoles de routage pour 15noeuds fixe.....	48
Figure.3.4 Evolution des pertes en fonction du temps pour différents protocoles pour 15noeuds fixe .....	48

---

Figure.3.5 Evolution de délai en fonction du temps pour différents protocoles pour 15noeuds fixe .....	49
Figure.3.6 Evolution de débi en fonction du temps pour différents protocoles pour 30noeuds fixe .....	50
Figure.3.7 Evolution de débi en fonction du temps pour AODV et DSR pour 30noeuds fixe.....	50
Figure.3.8 Evolution des pertes en fonction du temps pour différents protocoles pour 30noeuds fixe .....	51
Figure.3.9 Evolution de délai en fonction du temps pour différents protocoles pour 30noeuds fixe .....	52
Figure.3.10 Evolution de débi en fonction du temps pour différents protocoles pour 70noeuds fixe .....	53
Figure.3.11 Evolution des pertes en fonction du temps pour différents protocoles pour 70noeuds fixe .....	54
Figure.3.12 Evolution de délai en fonction du temps pour différents protocoles pour 70noeuds fixe .....	55
Figure.3.13 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 15noeuds mobile .....	57
Figure.3.14 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 15noeuds mobile .....	58
Figure.3.15 Evolution des pertes en fonction du temps pour DSDV et DSR pour 15noeuds mobile .....	58
Figure.3.16 Evolution de délai en fonction du temps pour différents protocoles pour 15noeuds mobile .....	59
Figure 3.17 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 30noeuds mobile .....	60
Figure 3.18 Evolution des pertes en fonction du temps pour différents protocoles pour 30noeuds mobile .....	61
Figure 3.19 Evolution des pertes en fonction du temps pour DSDV et DSR pour 30noeuds mobile .....	61
Figure 3.20 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 70noeuds mobile .....	62

Figure 3.21 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 70noeuds mobile .....	63
Figure 3.22 Evolution des pertes en fonction du temps pour différents protocoles pour 70noeuds mobile .....	65
Figure 3.23 Evolution de délai en fonction du temps pour différents protocoles pour 70noeuds mobile .....	66

# Liste des tableaux

Tableau 3.1 Paramètres de simulation (scénario 1) .....	47
Tableau 3.2 Paramètres de simulation (scénario 2). .....	56
Tableau 3.3 Les valeurs des pertes, débit et délai pour les trois protocoles de routage. Le nombre des nœuds est 70. ....	67

## **Liste des abréviations**

<b>WLAN</b>	Wireless area network
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>WiFi</b>	Wireless Fidélité
<b>Wi MAX</b>	Worldwide Interoperability for Microwave Access
<b>WWAN</b>	Wireless Wide Area Network
<b>WMAN</b>	Wireless metropolitan area network
<b>WPAN</b>	Wireless Personale Area Network
<b>SMSS</b>	Switching and Management Sub-System
<b>SGSN</b>	Serving GPRS Support Node
<b>GGSN</b>	Geteway GPRS Support Node
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>CLS</b>	Controlled Load Service
<b>MAC</b>	Medium Access Control
<b>LLC</b>	Logical link control
<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access
<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access
<b>GSM</b>	Globe systemfor mobile communication
<b>UWB</b>	Ultra wide band
<b>HiperLAN</b>	High Performance European Radio LAN
<b>GPRS</b>	General packet radio system
<b>UMTS</b>	Universell mobile for telecommunication system

<b>IntServ</b>	Integrated service
<b>DiffServ</b>	differentiation of service
<b>RSVP</b>	ReSource Réserveation Protocol
<b>MANET</b>	Mobile Ad hoc NETWORK
<b>VINT</b>	Virtual Inter Network Testbed
<b>NS</b>	Network simulator
<b>AODV</b>	ad hoc On-Demand Distance-Vector
<b>DSDV</b>	Destination Sequenced Distance-Vector Routing
<b>DSR</b>	Dynamic Source Routing
<b>NAM</b>	Network animator
<b>RREQ</b>	Route Request Message
<b>RERP</b>	Route Reply Message
<b>RERR</b>	Route Error Message
<b>AP</b>	Access Point
<b>IBSS</b>	Integrated Basic Service Set
<b>BSSID</b>	Basic Service Set Identifier
<b>ESS</b>	Extended Service Set
<b>BSA</b>	Basic Service Area
<b>BSS</b>	Basic Service Set
<b>NIC</b>	Network interface card
<b>DS</b>	Distribution system
<b>CBR</b>	Constant Bit Rate

<b>TCP</b>	Transport control protocol
<b>UDP</b>	User datagram protocol
<b>CW</b>	Contention Windows
<b>DIFS</b>	DCF Inter Frame Spacing
<b>SIFS</b>	Short inter frame space

# Introduction Générale

Ces dernières années, le développement de la technologie de transmission sans fil a offert de nouvelles perspectives dans le domaine des télécommunications. Les réseaux mobiles ad hoc constituent un nouveau type de réseaux basés sur cette technologie. Cette technologie occupe une large gamme d'équipements mobiles à savoir : les ordinateurs portables, les téléphones mobiles, les assistants numériques personnels, etc. à l'heure actuel la recherche dans les réseaux sans fil est plus en plus actif. Dans un tel contexte, il n'est pas surprenant de voir apparaître des solutions de communication sans fil de plus en plus performantes et évoluées. Un réseau ad hoc ne se base sur aucune infrastructure définie au préalable, ceci revient aux exigences de la nature des applications qui supportent le modèle Ad Hoc (fort dynamisme, surpassez le problème de structure, coût et délai d'installation, etc.). Les communications dans un réseau ad - hoc s'effectuent en absence de toute infrastructure de communication fixe. Si les équipements communicants se trouvent dans la zone de transmission les uns des autres, la communication s'effectue en mode point-à-point. Si encore les nœuds communicants sont éloignés, plusieurs nœuds intermédiaires participent à l'acheminement des données vers leurs destinations. Dans les réseaux Ad Hoc, chaque nœud joue le rôle d'un routeur et ou d'un hôte, alors il doit transmettre les paquets pour les autres nœuds de réseau, d'où la nécessité d'un protocole de routage.

Plusieurs protocoles de routage ont été développés, suivant la manière de création et de maintenance de routes lors de l'acheminement des données. Ces protocoles de routage peuvent être classés en trois catégories : les protocoles réactifs, proactifs et hybrides. Dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude, les différentes classes des protocoles de routage proposées sont étudiées pour les réseaux sans fils. Ce travail repose principalement pour évalué le routage dans les réseaux sans fil, Pour cela nous avons faire une comparaison entre trois protocoles de routage, deux de la même classe (AODV, DSR) et un d'une autre classe (DSDV). Dans le but

d'assurer la connectivité du réseau, malgré l'absence d'infrastructure fixe et la mobilité des stations, chaque nœud est susceptible d'être mis à contribution pour participer au routage et pour retransmettre les paquets d'un nœud qui n'est pas en mesure d'atteindre sa destination, tout nœud joue ainsi le rôle de station et de routeur.

Le problème donc qui se pose dans le contexte des réseaux sans fils est l'adaptation de la méthode d'acheminement utilisée avec le grand nombre d'unités existant dans le cas de fixe et la mobilité des unités avec l'assurance de moins paquets perdus et un débit élevé dans un plus court temps d'acheminement des données. C'est dans ce contexte que s'inscrit ce sujet de master, en exploitant le meilleur protocole de routage, les performances des réseaux sans fils seront optimisées en termes de qualité de service. L'objectif de ce projet est d'analyser en détail les performances et la qualité de service des réseaux sans fil WLAN pour les différents protocoles de routage. Pour analyser les performances de tels réseaux, nous avons utilisé l'outil de simulation de réseau NS2 (Network Simulator 2).

Notre mémoire s'articule autour de trois chapitres. Dans le *premier chapitre*, nous donnerons une présentation générale des réseaux sans fil, et les spécificités générales de la norme IEEE 802.11. Dans le *deuxième chapitre*, nous présenterons les performances en matière de qualité de service (QoS) et les protocoles de routages.

Dans le *troisième chapitre* nous rendrons compte des aspects liés à l'aspect purement des simulations et à la programmation puis nous présenterons les résultats de notre simulation. Enfin, nous finalisons notre mémoire avec une *conclusion générale* et perspective.

# Chapitre 1

## Généralités

### Sur

## Les réseaux

### Sans fil

## 1.1 Introduction

Les réseaux sans fil utilisent des ondes électromagnétiques pour communiquer des informations d'un point à un autre sans aucune connexion physique. Les ondes radio sont souvent appelées des porteuses radio, car elles ont simplement pour fonction de fournir de l'énergie à un récepteur distant. Les données en cours de transmission sont superposées à la porteuse radio afin de pouvoir les extraire avec précision à la réception. Une fois que les données sont superposées (modulées) sur la porteuse radio, le signal radio occupe plus d'une fréquence, car la fréquence ou le débit de l'information modulante s'ajoute à la porteuse. Pour extraire des données, un récepteur radio syntonise une fréquence tout en rejetant toutes les autres fréquences. Le signal modulé, ainsi reçu est ensuite démodulé et les données sont extraites du signal.

Les réseaux sans fil offrent les avantages en termes de productivité, de commodité et de coût par rapport aux réseaux câblés traditionnels. On peut citer par exemple : la mobilité qui permet aux utilisateurs mobiles d'accéder à des informations en temps réel afin de pouvoir se déplacer dans le réseau sans se déconnecter du réseau. La vitesse d'installation et simplicité qui permet d'éviter de tirer le câble à travers les murs et les plafonds. La portée du réseau qui peut être étendu à des endroits qui ne peuvent pas être câblés. La flexibilité qui offrent plus de flexibilité et s'adaptent facilement aux changements de configuration du réseau. Le coût de possession réduit et l'évolutivité qui peuvent être configurés dans diverses topologies pour répondre aux besoins d'applications et d'installations spécifiques.

Dans ce chapitre, nous présentons. Tous les aspects d'un réseau sans fil, où on commence par les topologies et l'architecture des réseaux sans fil avec les composants utilisés dans cette architecture et enfin les classifications et les normes des réseaux sans fil.

## 1.2 L'architecture des réseaux sans fil WLAN

La différence entre le LAN sans fil (WLAN) (également appelé Wifi (Wireless Fidélité) ou réseau IEEE 802.11) et une connexion câblée c'est qu'un WLAN n'utilise pas les câbles comme son moyen de transmission. Plutôt il utilise les ondes électromagnétiques, ondes radio ou la lumière infrarouge. Cela évite les coûts d'installation de câbles et permet d'accéder aux médias

depuis des endroits non fixes. La plupart des réseaux locaux sans fil se composent de deux parties:

Les appareils et les Points d'accès (AP). Chacun de ces éléments est équipé d'une interface sans fil qui traduit les données en un signal radio / IR et le transmet en utilisant une antenne ou émetteur. Chaque AP fonctionne comme un pont après avoir reçu le signal, il passe à l'étape de décodage. L'AP fournit la synchronisation et la coordination des dispositifs au sein d'une zone locale, la transmission des paquets peut-être pointeur des paquets vers une destination à partir d'un réseau filaire. Chaque point d'accès se distingue des autres points d'accès par un matériel dont l'adresse est unique c'est l'adresse de contrôle d'accès au support. Chaque point d'accès d'un réseau sans fil dispose une interface qui comprend le WLAN media et protocole de contrôle d'accès et peut avoir une interface connectée au réseau LAN câblé. La filaire d'interface est presque toujours un port Ethernet.

Un point d'accès pourrait utiliser une antenne externe pour pouvoir envoyer les signaux furtivement dans une direction précise. .

Il y a une mémoire tampon qui contient la trame alors qu'ils sont transférés entre les deux interfaces et l'adresse MAC de chaque port est stockée dans un ensemble de tables internes.

La structure de base d'un WLAN s'appelle un ensemble de services de base (BSS), qui relie les deux serveurs: BSS indépendants et infra structure BSS. Dans un BSS indépendant (IBSS) les serveurs communiquant directement les uns avec les autres et sont généralement composés d'un petit nombre de stations créées dans un but précis, souvent seulement pour une courte période. Les IBSS sont souvent appelés ad hoc réseaux. Voir Figure 1.

Infrastructure BSS comprend un point d'accès et plusieurs périphériques sans fil. Ces dispositifs communiquer entre eux via l'AP [1].

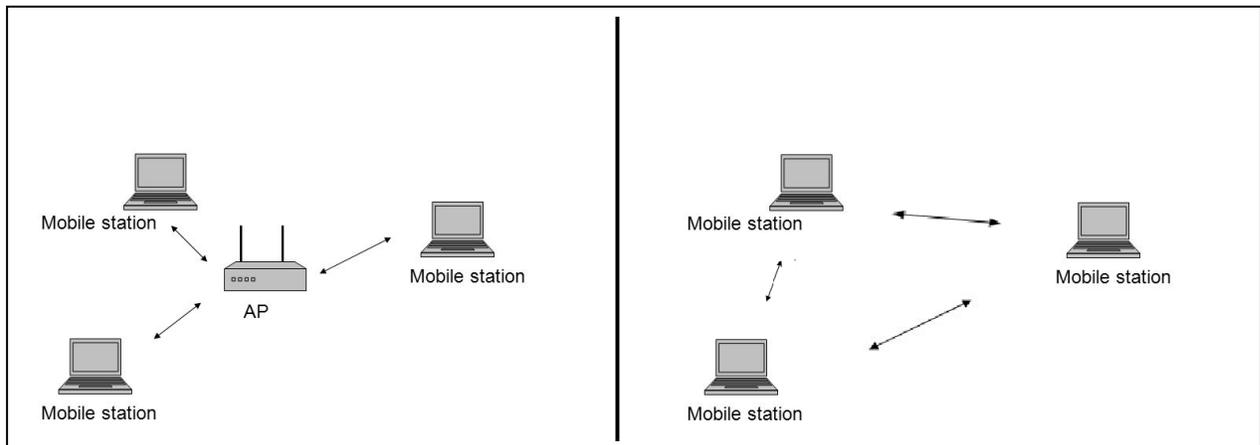


Figure 1.1 Architecture d'un réseau sans fil avec et sans AP

L'AP diffuse son ensemble de services identifié (SSID) pour permettre à d'autres de rejoindre ce réseau spécifique. Chaque BSS se voit attribuer un BSSID, sont des 48 bits identifiant que le distingue des autres BSS. Dans l'infrastructure BSS, le BSSID est le MAC adresse de l'interface sans fil dans le point d'accès créant le BSS. Ad hoc les réseaux génèrent un BSSID aléatoire. Les appareils de l'utilisateur final lancent toujours processus d'association, tandis que les points d'accès choisis d'accorder ou de refuser l'accès sur la base du contents de cette une demande d'association. Au fur et à mesure que les utilisateurs bougent, leur appareil mobile tente de trouver et de vous connectez avec le BSS fournissant le signe le plus fort et le moins du trafic concurrent [1].

### 1.3 Les topologies des réseaux sans fil WLAN

La norme IEEE 802.11 prend en charge trois topologies de base pour les réseaux WLAN: l'ensemble de services de base indépendants (IBSS), l'Ensemble de services de base (BSS) et l'ensemble de services étendus (ESS). Les trois configurations sont supportées par l'implémentation de la couche MAC.

La norme 802.11 définit deux modes: le mode ad hoc et le mode infrastructure. Une configuration ad-hoc est analogue à un réseau de bureau poste à poste dans lequel aucun nœud ne requis infrastructure. Les réseaux locaux sans fil IBSS comprennent un certain nombre de nœuds ou de stations sans fil qui communiquent entre eux directement les uns avec les autres sur une

base ad-hoc, peer-to-peer, construisant un maillage complet ou partiel. En règle générale, les implémentations ad-hoc couvrent une zone limitée et ne sont connectées à aucun autre réseau[2].

En mode infrastructure, le réseau sans fil est composé d'au moins un point d'accès connecté au réseau. Infrastructure de réseau filaire et un ensemble de stations d'extrémité sans fil. Cette configuration s'appelle une base Service Set (BSS). Comme la plupart des réseaux WLAN d'entreprise nécessitent un accès au réseau local câblé pour les services (fichiers serveurs, imprimantes, liens Internet), ils fonctionneront en mode infrastructure et s'appuieront sur un point d'accès (AP) qui agit en tant que serveur logique pour une seule cellule ou un même canal WLAN. Les communications entre deux nœuds A et B circulent en fait du nœud A au point d'accès, puis du point d'accès au nœud B nécessaire pour exécuter une fonction de pontage et connecter plusieurs cellules ou canaux WLAN. Un ensemble des services étendus (ESS) est un ensemble de deux serveurs BSS ou plus formant un seul sous-réseau ESS. Les configurations se composent de plusieurs cellules BSS pouvant être liées par des réseaux dorsaux câblés ou sans fil. La norme IEEE 802.11 prend en charge les configurations ESS dans lesquelles plusieurs cellules utilisent le même canal et utilisent différents canaux pour augmenter le débit global [2].

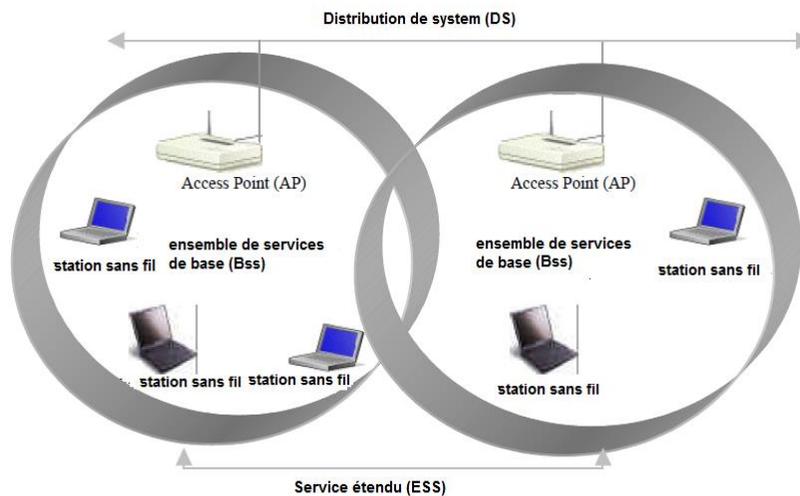


Figure 1.2 Topologies IEEE 802.11 BSS et ESS.

## 1.4 Les composants des réseaux WLAN

La norme 802.11 définit deux équipements, une station sans fil, qui est généralement un PC équipé d'une carte d'interface réseau sans fil (NIC) et un point d'accès (AP) servant de passerelle entre les réseaux sans fil et filaires. Un point d'accès consiste généralement en une radio, une interface réseau câblée (par exemple, 802.3), et un logiciel de pontage conforme à la norme de pontage 802.11d. Le point d'accès agit en tant que station de base du réseau sans fil, regroupant les accès de plusieurs stations sans fil sur le réseau filaire. Les stations finales sans fil peuvent être des cartes réseau 802.11, carte PC, PCI ou ISA, ou des solutions intégrées dans les clients non-PC (comme un combiné téléphonique basé sur 802.11) [2].

Un réseau local sans fil 802.11 est basé sur une architecture cellulaire. Chaque cellule (BSS) est connectée à la station de base ou AP. Tous les points d'accès sont connectés à un système de distribution (DS) similaire à un réseau fédérateur, généralement Ethernet ou sans fil. Tous les composants mentionnés apparaissent en tant que système 802 pour les couches supérieures de l'OSI et sont connus comme l'ESS.

Lorsque le système de distribution est construit avec des composants de type 802, tels que 802.3 (Ethernet) ou 802.5 (Token Ring), le portail et le point d'accès sont identiques, agissant comme un pont de traduction. La norme 802.11 définit le système de distribution comme un élément interconnectant les SRS au sein du ESS via des points d'accès. Le système de distribution prend en charge les types de mobilité 802.11 en fournissant des services nécessaires pour gérer le mappage adresse à destination et l'intégration transparente de plusieurs services BSS. Un point d'accès est une station adressable fournissant une interface au système de distribution pour les stations situées dans divers BSS. Les réseaux BSS et ESS indépendants sont transparents pour la couche LLC [2].

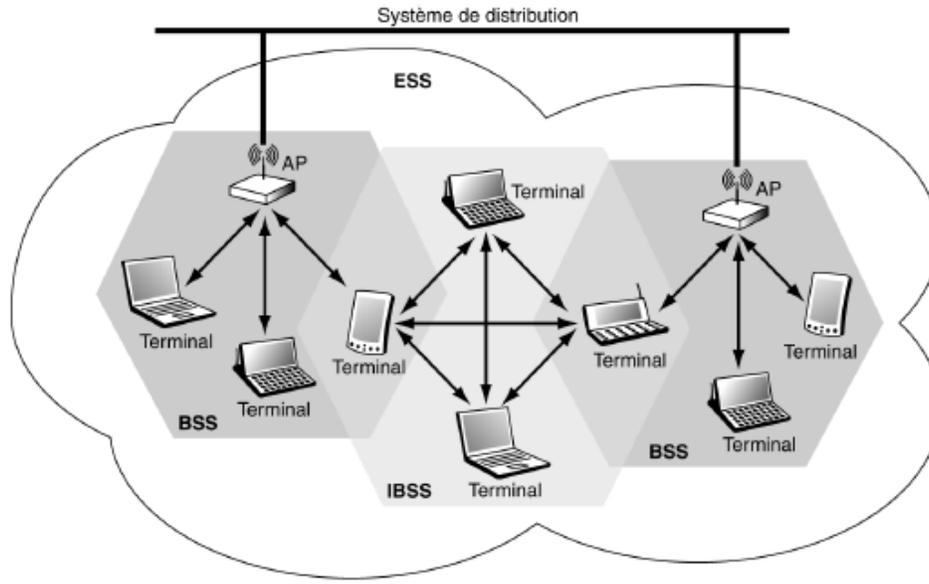


Figure 1.3 Les composants des réseaux WLAN

## 1.5 Les classifications des réseaux sans fil

### 1.5.1 Les réseaux personnels sans fil WPAN

Le groupe IEEE 802.15 a été mis en place en mars 1999 dans le but de réfléchir aux réseaux hertziens d'une portée d'une dizaine de mètres, ou WPAN (Wireless Personal Area Network), avec pour objectif de réaliser des connexions entre les différents portables d'un même utilisateur ou de plusieurs utilisateurs. Ce réseau peut interconnecter un PC portable (laptop), un téléphone portable, un PDA ou tout autre terminal de ce type. Dans ce cadre, trois groupes de services ont été définis, A, B et C.

*Le groupe A* utilise la bande du spectre sans licence d'utilisation (2,4 GHz) en visant un faible coût de mise en place et d'utilisation. La taille de la cellule autour du point d'émission est de l'ordre du mètre. La consommation électrique doit être particulièrement faible pour permettre au terminal de tenir plusieurs mois sans recharge électrique. Le mode de transmission choisi est sans connexion. Le réseau doit pouvoir travailler en parallèle d'un réseau IEEE 802.11. Sur un même emplacement physique, il peut donc y avoir en même temps un réseau de chaque type, les deux pouvant fonctionner, éventuellement de façon dégradée[3].

*Le groupe B* affiche des performances en augmentation, avec un niveau MAC pouvant atteindre un débit de 100 Kbit/s. Le réseau de base doit pouvoir interconnecter au moins seize machines et proposer un algorithme de QoS, ou qualité de service, pour autoriser le fonctionnement de certaines applications, comme la parole téléphonique, qui demande une qualité de service assez stricte. La portée entre l'émetteur et le récepteur atteint une dizaine de mètres, et le temps maximal pour se raccorder au réseau ne doit pas dépasser la seconde. Enfin, cette catégorie de réseau doit posséder des passerelles avec les autres catégories de réseaux 802.15 [3].

*Le groupe C* introduit de nouvelles fonctionnalités importantes pour particuliers ou entreprises, comme la sécurité de la communication, la transmission de la vidéo et la possibilité de roaming, ou itinérance, entre réseaux hertziens. Pour répondre à ces objectifs, des groupements industriels se sont mis en place, comme Bluetooth ou Home RF. Bluetooth regroupe plus de 800 sociétés qui ont réalisé une spécification ouverte de connexion sans fil entre équipements personnels. Bluetooth est fondé sur une liaison radio entre deux équipements, tandis que Home RF s'intéresse à la connexion des PC avec toutes les machines domestiques sur une portée de 50 m.

Le groupe de travail IEEE 802.15 s'est scindé en quatre sous-groupes :

- ✓ IEEE 802.15.1, pour les réseaux de catégorie C ;
- ✓ IEEE 802.15.3 pour les réseaux de catégorie B ;
- ✓ IEEE 802.15.4 pour les réseaux de catégorie A ;
- ✓ IEEE 802.15.2 pour s'occuper des problèmes d'interférences avec les autres réseaux utilisant la bande des 2,4 GHz [3].

Un exemple pour les réseaux WPAN

### **Les réseaux ZigBee**

L'objectif des réseaux ZigBee est consommer extrêmement peu d'énergie, de telle sorte qu'une petite batterie puisse tenir presque toute la durée de vie de l'interface, mais avec une vitesse extrêmement faible.

Deux types de transfert sont privilégiés dans ZigBee : la signalisation et la transmission de données basse vitesse [4].

### **Bluetooth**

Le Bluetooth constitué au départ par Ericsson, IBM, Intel, Nokia, et Toshiba et rejoint par plus de 2 500 sociétés, définit les spécifications de Bluetooth. C'est une technologie peu onéreuse, grâce à sa forte intégration sur une puce unique de 9 mm sur 9 mm. Les fréquences utilisées sont comprises entre 2 400 et 2 483,5 MHz. On retrouve la même gamme de fréquences dans la plupart des réseaux sans fil utilisés dans un environnement privé, que ce dernier soit personnel ou d'entreprise. Cette bande ne demande pas de licence d'exploitation [4].

### **Les liaisons infrarouges**

Elles sont omniprésentes dans la maison. Par exemple, on peut citer les télécommandes. Cette solution est très simple et pas cher. Par contre, elles sont très sensibles au positionnement des appareils (ils doivent être en face l'un de l'autre) et aux perturbations lumineuses. La liaison fonctionne sur quelques mètres pour une vitesse de quelques Mégabits par secondes. [4]

## **1.5.2 Les réseaux locaux sans fil (WLAN)**

Les WLAN offrent aux utilisateurs la possibilité de se déplacer tout en restant connecté pour peu qu'ils se trouvent dans la zone de couverture du point d'accès [3]. Ils appartiennent à la famille des réseaux sans-fil qui sont, comme le présente la figure 1.4, classifiés selon l'étendue de leur zone de service. Cette figure présente pour chaque classe les normes actuellement en vigueur. Des problématiques de planification surviennent principalement dans des réseaux cellulaires où il est nécessaire de trouver les paramètres antennaires des stations de base et dans les réseaux locaux sans-fil [5].

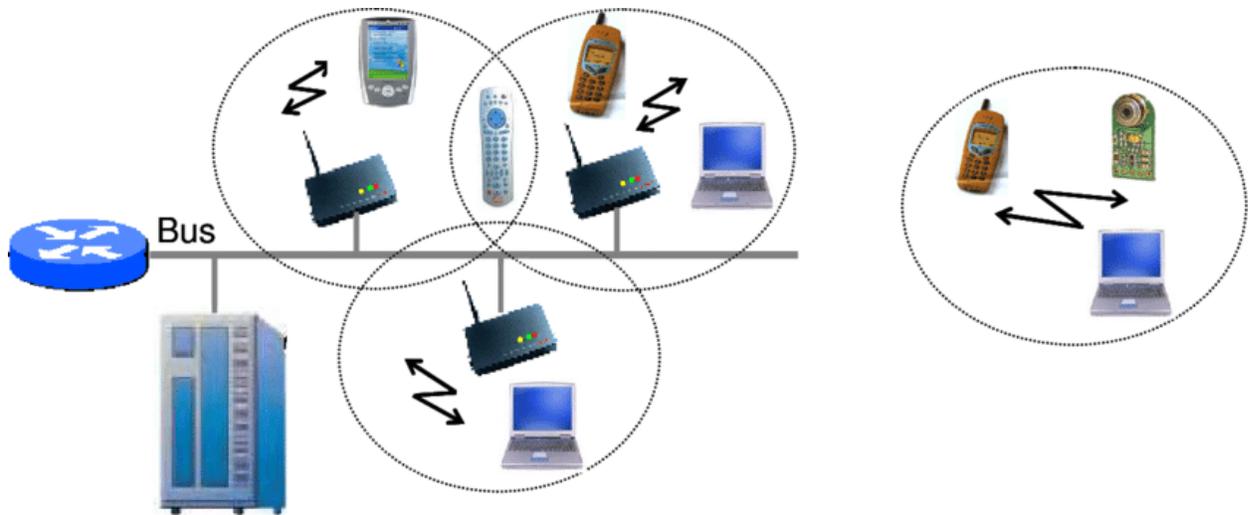


Figure 1.4 Réseau local sans fil.

Le réseau wifi et le réseau hiperlan (high performance european lan) sont deux grands réseaux utilisés dans la famille WLAN.

### Wi-Fi

La technologie Wi-Fi est anciennement connue sous le nom de fidélité sans fil. En gros, le Wi-Fi permet de mettre en réseau des ordinateurs et des appareils numériques sans avoir besoin de fils. Cette technologie est disponible dans les maisons résidentielles et les lieux publics. C'est l'une des technologies de transmission de données les plus populaires disponibles aujourd'hui. Le Wi-Fi utilise une technologie radio connue sous le nom de 802.11. En utilisant des fréquences élevées, ces technologies radio peuvent envoyer des données sur de courtes distances. Exécution 802.11 Sur les périphériques à double canal, la transmission de données peut dépasser la limite de 450 Mbps. Un utilisateur disposant d'un appareil informatique mobile, tel qu'un ordinateur portable, un téléphone portable ou un PDA compatible Wi-Fi, peut se connecter à Internet global lorsqu'il se trouve à portée d'un point d'accès. La région qui est couverte par un ou plusieurs points d'accès appelé hot spot. Les points chauds peuvent aller d'une seule pièce à des milliers de pieds carrés de points chauds qui se chevauchent [5].

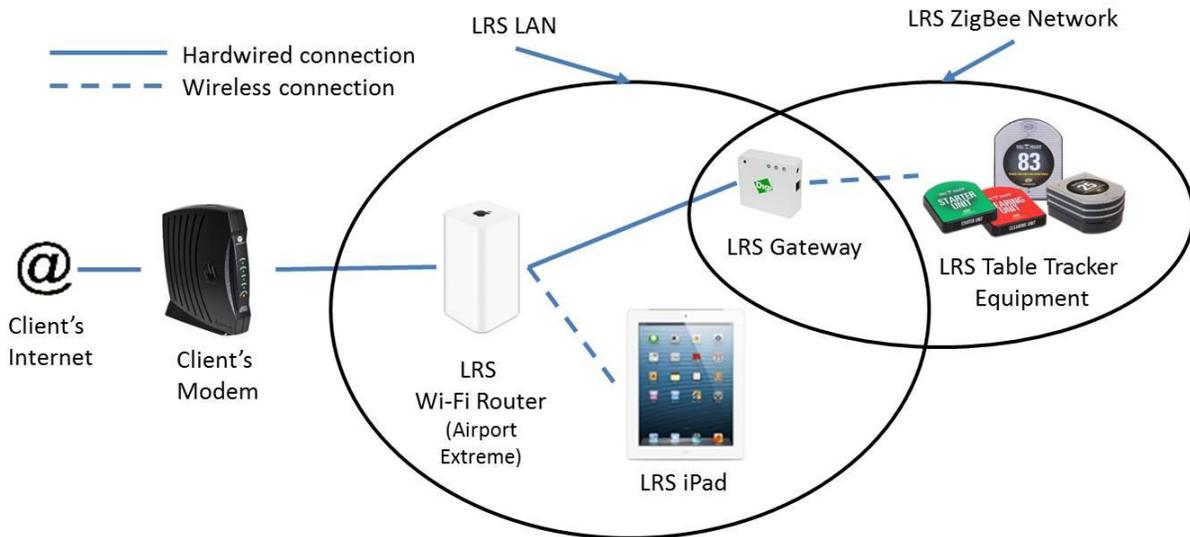


Figure 1.5 Architecture d'un réseau wifi

### Hiperlan

Ce standard de WLAN a été défini dans sa version 1 par le comité RES-10 du projet BRAN (Broadband Radio Access Networks) de l'ETSI le 16 juillet 1998. La norme Hiperlan1 permet des débits de 1 à 2 Mbps. Hiperlan 2 est soutenu par l'H2GF (Hyperlan 2 Global Forum) fondé en 1999 par Bosch, Dell, Ericsson, Nokia, Telia et Texas Instrument. Ils ont été rejoints un an après par d'autres industriels, tels Canon, Motorola ou encore Samsung. Les géants Cisco, Intel, Lucent ou Nortel sont toujours absents de ce forum. Cette deuxième version propose un débit de pointe à 54 Mbps et utilise une bande passante de 5 GHz. Avec chaque terminal mobile se rattache au point d'accès dont il reçoit le meilleur signal et ne discute qu'avec ce dernier [5].

### 1.5.3 Les réseaux métropolitain sans fil (Wman)

Le réseau métropolitain (WMAN) est un réseau informatique couvrant généralement un campus ou une ville, qui connecte généralement quelques réseaux locaux à l'aide de technologies de réseau à grande vitesse. Un MAN fournit souvent des connexions efficaces à un réseau étendu (WWAN). Trois caractéristiques importantes distinguent les MAN des réseaux locaux ou étendus:

1. La taille du réseau est intermédiaire entre les réseaux locaux et les réseaux étendus. Un homme couvre généralement entre 5 et 50 km. De nombreux WMAN couvrent une zone de la

taille d'une ville, bien que dans certains cas, les WMAN puissent être aussi petits qu'un groupe de bâtiments.

2. Un WMAN (comme un réseau étendu) n'appartient généralement pas à une seule organisation. Le WMAN, ses liaisons de communication et son équipement sont généralement détenus par un consortium d'utilisateurs ou par un fournisseur de service de réseau qui vend le service aux utilisateurs.

3. Un WMAN agit souvent comme un réseau haut vitesse permettant le partage des ressources régionales. Il est également fréquemment utilisé pour fournir une connexion partagée à d'autres réseaux via un lien vers un réseau étendu [6].

### **WiMAX**

WiMAX (interopérabilité mondiale pour l'accès par micro-ondes) est caractérisé par la norme IEEE 802.16. Il s'agit d'une technologie d'accès sans fil à large bande qui assure une communication fixe, nomade, fiable et mobile entre connectivité filaire et sans fil. La norme 802.16 a été créée pour répondre aux spécifications des réseaux sans fil Métropolitain Area (WMAN). Il existe deux types principaux de WiMAX: (a) 802.16-2004 (Fixed WiMax) - transmission 802.16-2004 aux dispositifs fixes et remplace les spécifications antérieures, à savoir 802.16 et 802.16a.

(b) 802.16e ou 802.16-2005 (WiMAX mobile) - 802.16e est une extension de 802.16-2004 pour une utilisation mobile dans la bande de 2 à 6 GHz. Il permet aux personnes de communiquer tout en marchant ou en voiture et fournit une voix mobile sur IP et des données à une vitesse supérieure aux réseaux cellulaires (GSM, TDMA, CDMA). Dans la technologie WiMAX, la technique de modulation centrale est OFDM (à savoir le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence), et les deux systèmes utilisent les techniques MIMO (à entrées multiples et sorties multiples) [6].

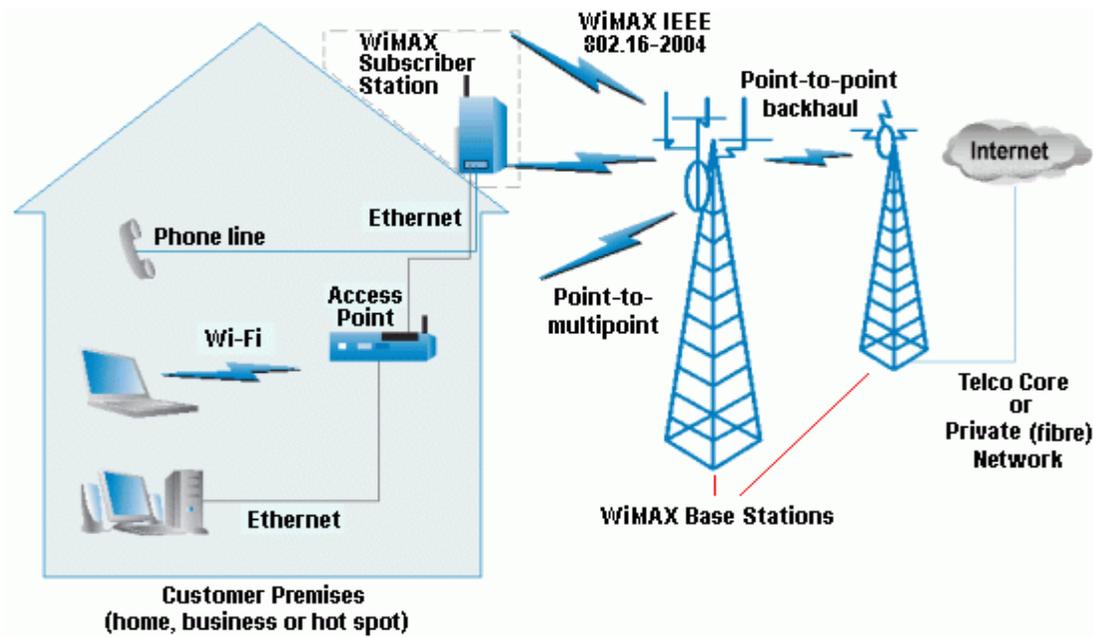


Figure 1.6 Architecture d'un réseau Wi MAX

#### 1.5.4 Les réseaux étendus sans fil (WWAN)

Les réseaux sans fil (WWAN pour Wireless Wide Area Network) possèdent assez peu de technologies à l'heure actuelle. Les seules technologies de WWAN disponibles sont des technologies utilisant les satellites géostationnaires ou en orbite basse pour relayer l'information entre plusieurs points du globe [2]. Les principales technologies sont les suivantes :

##### GSM

Le réseau GSM a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC - réseau fixe). Le réseau GSM s'interface avec le réseau RTC et comprend des commutateurs. Le réseau GSM se distingue par un accès spécifique : la liaison radio.[7]

Le réseau GSM est composé de trois sous ensembles : Le sous système radio - BSS Base Station Sub-system assure et gère les transmissions radios. Le sous système d'acheminement - NSS Network Sub System (on parle aussi de SMSS Switching and Management Sub-System pour parler du sous système d'acheminement). Le NSS comprend l'ensemble des fonctions

nécessaires pour appels et gestion de la mobilité. Le sous-système d'exploitation et de maintenance - OSS (Operation Sub-System) qui permet à l'opérateur d'exploiter son réseau. [8]

La mise en place d'un réseau GSM (en mode circuit) va permettre à un opérateur de proposer des services de type " Voix " à ses clients en donnant l'accès à la mobilité tout en conservant un interfaçage avec le réseau fixe RTC existant [7].

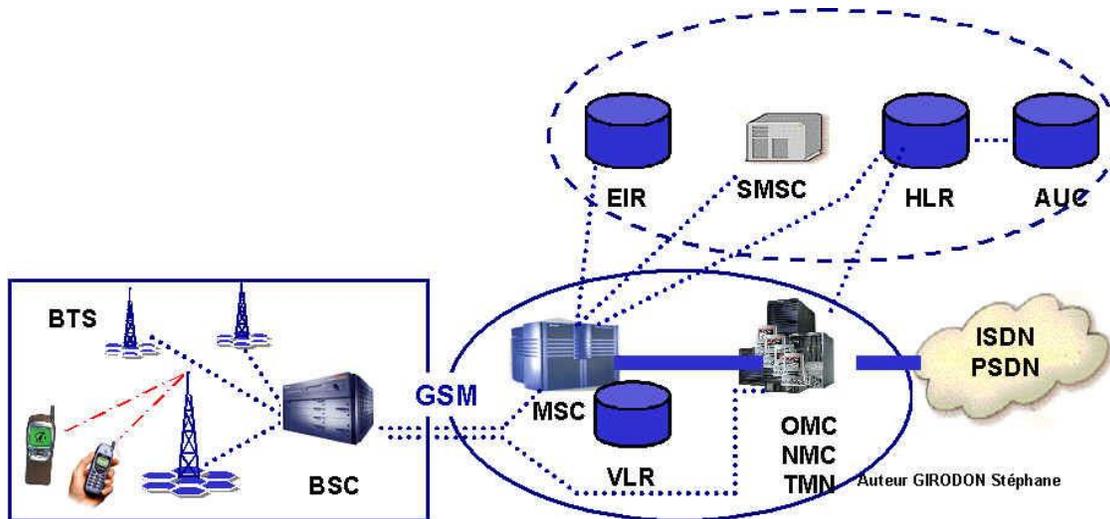


Figure 1.7 Architecture d'un réseau GSM

**GPRS**

Un réseau GPRS est en premier lieu un réseau IP. Le réseau est donc constitué de routeurs IP. L'introduction de la mobilité nécessite par ailleurs la précision de deux nouvelles entités : Le nœud de service - le SGSN. Le nœud de passerelle - le GGSN. Une troisième entité - le BG joue un rôle supplémentaire de sécurité.

Le réseau GPRS vient d'ajouter un certain nombre de " modules " sur le réseau GSM sans changer le réseau existant. Avec la conservation d'un ensemble des modules de l'architecture GSM, nous verrons par ailleurs que certains modules GSM seront utilisés pour le fonctionnement du réseau GPRS [7].

La mise en place d'un réseau GPRS va permettre à un opérateur de proposer de nouveaux services du type " Data " à ses clients.

Le service GPRS permet de considérer le réseau GSM comme un réseau à transmission de données par paquets avec un accès radio et des terminaux mobiles. Le réseau GPRS est compatible avec des protocoles IP et X.25. Des routeurs spécialisés SSGN et GGSN sont introduits sur le réseau. La transmission par paquet sur la voie radio permet d'économiser la ressource radio : un terminal est susceptible de recevoir ou d'émettre des données à tout moment sans qu'un canal radio soit monopolisé en permanence comme c'est le cas en réseau GSM [7].

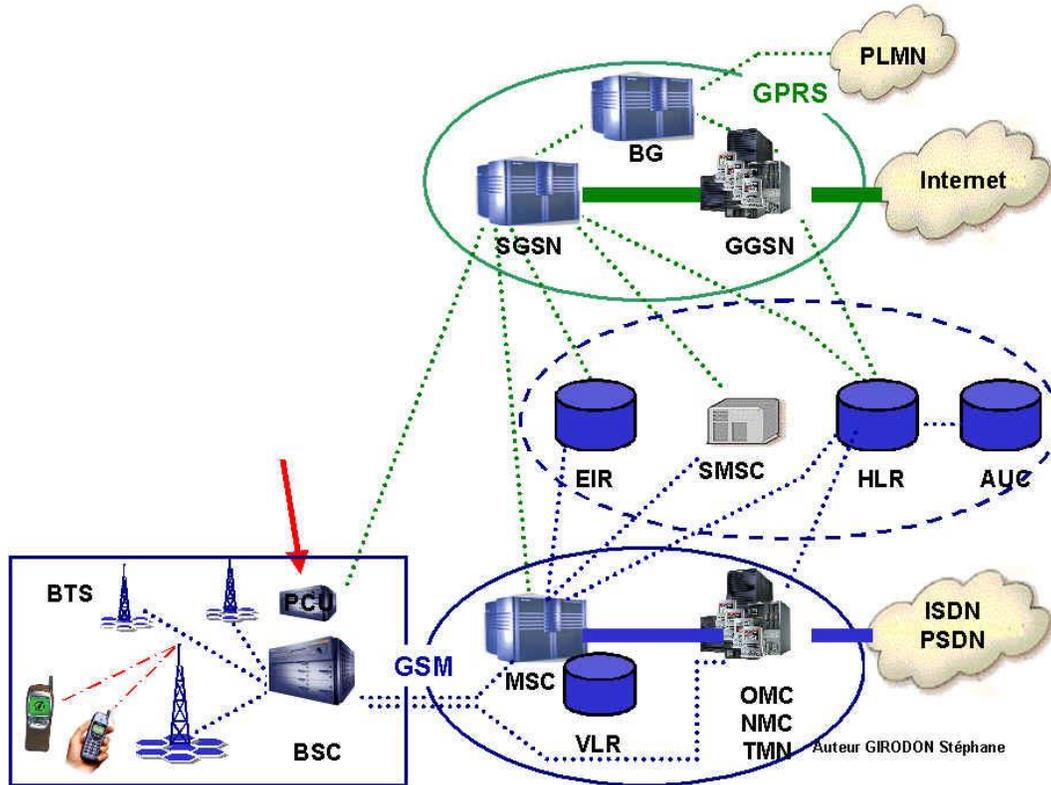


Figure 1.8 Architecture d'un réseau GSM+GPRS

UMTS

Le réseau UMTS vient se combiner aux réseaux déjà existants. Les réseaux existant GSM et GPRS apportent des fonctionnalités respectives de Voix et de Data ; le réseau UMTS apporte ensuite les fonctionnalités Multimédia.

Il est important de noter deux éléments : Le coût élevé de la mise en place d'un système UMTS (achat licence + modification majeures sinon totales des éléments de base du réseau

(station / antenne) répartis de manière massive sur un territoire national). · La difficulté à définir avec précision l'architecture d'un réseau UMTS dans la mesure où le 3GPP et l'UMTS Forum (se référer à la bibliographie pour détail sur ces organisations) travaillent à la définition des normes et des spécifications techniques.[7]

Le réseau UMTS est complémentaire aux réseaux GSM et GPRS. Le réseau GSM couvre les fonctionnalités nécessaires aux services de type Voix en un mode circuit, le réseau GPRS apporte les premières fonctionnalités à la mise en place de services de type Data en mode paquets, et l'UMTS vient compléter ces deux réseaux par une offre de services Voix et Data complémentaires sur un mode paquet. [8]

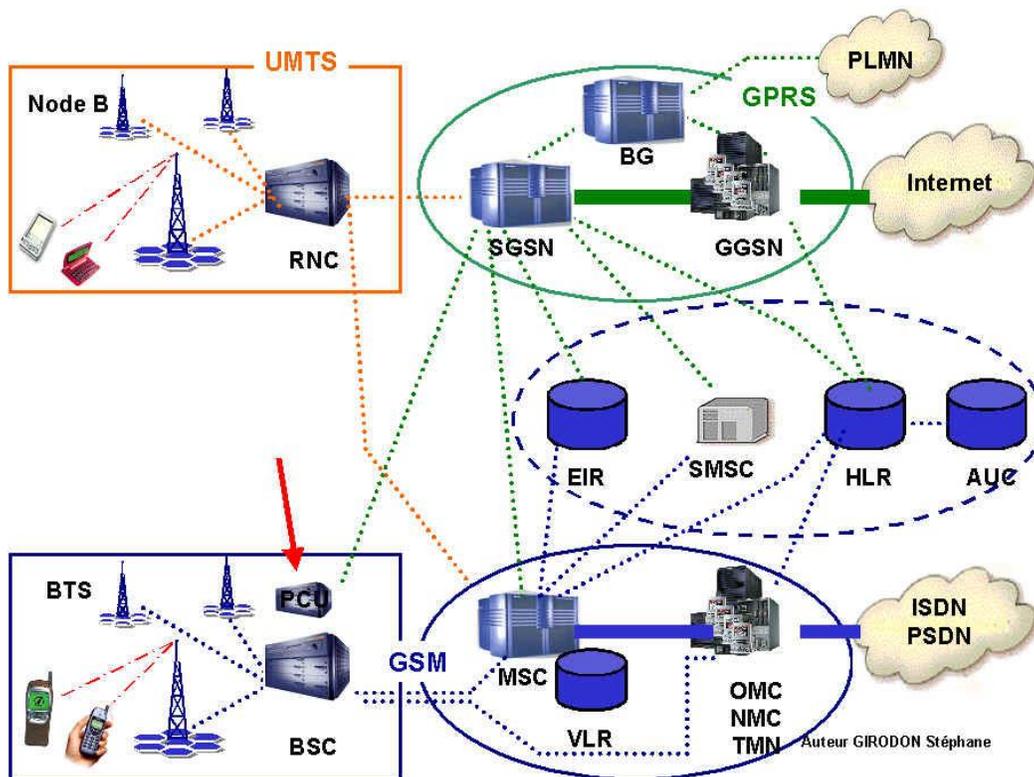


Figure 1.9 Architecture d'un réseau GSM+GPRS+UMTS

## 1.6 Les normes des réseaux sans fil

### 1.6.1 La norme 802.11b

L'IEEE a développé la norme 802.11 d'origine en juillet 1999, créant ainsi la spécification 802.11b. 802.11b prend en charge une vitesse théorique allant jusqu'à 11 Mbps. Une bande passante plus réaliste de 5,9 Mbps (TCP) et de 7,1 Mbps (UDP) est à prévoir.

La norme 802.11b utilise la même fréquence de signalisation radio non réglementée (2,4 GHz) que la norme 802.11 d'origine. Les vendeurs préfèrent souvent utiliser ces fréquences pour réduire leurs coûts de production. En l'absence de régulation, les équipements 802.11b peuvent provoquer des interférences provenant de fours à micro-ondes, de téléphones sans fil et d'autres appareils utilisant la même plage de fréquences 2,4 GHz. Cependant, en installant un réducteur 802.11b à une distance raisonnable des autres appareils, les interférences peuvent facilement être évitées. [9] 802.11b est également appelé Wi-Fi 1 [9].

### 1.6.2 La norme 802.11a

La norme 802.11a prend en charge une bande passante maximale de 54 Mbps et les signaux dans un spectre de fréquence régulée d'environ 5 GHz. Cette fréquence plus élevée par rapport à 802.11b réduit la portée des réseaux 802.11a. La fréquence plus élevée signifie également que les signaux 802.11a ont plus de difficulté à pénétrer les murs et autres obstacles [9].

Etant donné que 802.11a et 802.11b utilisent des fréquences différentes, les deux technologies sont incompatibles. Certains fournisseurs proposent des équipements de réseau hybrides 802.11a / b, mais ces produits ne font que mettre en œuvre les deux normes côte à côte (chaque périphérique connecté doit utiliser l'un ou l'autre) [9]. Cette norme est également appelé Wi-Fi 2

### 1.6.3 La norme 802.11g

En 2002 et 2003, des produits WLAN prenant en charge une norme plus récente appelée 802.11g sont apparus sur le marché. La norme 802.11g tente de combiner le meilleur des technologies 802.11a et 802.11b. La norme 802.11g prend en charge une bande passante allant jusqu'à 54 Mbps et utilise la fréquence de 2,4 GHz pour une plus grande portée. La norme 802.11g est rétro-compatible avec la norme 802.11b, ce qui signifie que les points d'accès 802.11g fonctionneront avec les adaptateurs réseau sans fil 802.11b et inversement [9].

Les avantages de cette norme 802.11g sont: la prise en charge par pratiquement tous les périphériques sans fil et équipements réseau actuellement utilisés; Option la moins coûteuse. Alors que les inconvénients de cette norme réside dans: Tout le réseau ralentit pour correspondre

aux périphériques 802.11b du réseau; norme la plus lente / la plus ancienne encore utilisée 802.11g est également appelé Wi-Fi 3 [10].

#### 1.6.4 La norme 802.11n

La norme 802.11n (également appelé parfois Wireless N) a été conçu pour améliorer la bande passante qu'il prend en charge, en utilisant plusieurs signaux et antennes sans fil (appelée technologie MIMO). Les groupes de normalisation du secteur ont ratifié la norme 802.11n en 2009 avec des spécifications prévoyant une bande passante maximale de 300 Mbps. La norme 802.11n offre également une portée un peu meilleure par rapport aux normes Wi-Fi antérieures en raison de l'intensité accrue de son signal. De plus, elle est rétro-compatible avec les équipements 802.11b / g [10].

Les avantages de cette norme sont: Amélioration significative de la bande passante par rapport aux normes précédentes; large prise en charge des périphériques et des équipements réseau

Les inconvénients de cette norme sont: Plus coûteux à mettre en œuvre que 802.11g; L'utilisation de plusieurs signaux peut interférer avec les réseaux 802.11b / g voisins [10].

#### 1.6.5 La norme 802.11ac

Cette norme utilise la technologie sans fil à double bande, prenant en charge les connexions simultanées sur les bandes Wi-Fi de 2,4 GHz et 5 GHz. La norme 802.11ac offre une compatibilité ascendante avec la norme 802.11b / g / n et une bande passante allant jusqu'à 1 300 Mbits / s sur la bande 5 GHz, ainsi que jusqu'à 450 Mbits / s sur 2,4 GHz. La plupart des routeurs sans fil à domicile sont conformes à cette norme [10].

les améliorations du Wi-Fi 802.11ac ne concernent que la bande des 5 GHz. Elles se décomposent pour le moment en deux vagues : la première – Wave 1 – a été officialisée en 2013, mais des produits étaient déjà disponibles depuis au moins un an dans le commerce [9]. Cette norme est également appelé Wi-Fi 5.

#### 1.6.6 La norme 802.11ad

La norme 802.11ad était initialement connue sous le nom WiGig et poussée par la WiGig Alliance. Elle fait désormais partie de la Wi-Fi Alliance. Cette norme exploite une autre bande

de fréquences dans les 60 GHz. Sa portée est donc très limitée, mais elle permet d'obtenir des débits beaucoup plus importants pouvant atteindre 7 Gb/s. Elle peut notamment trouver une utilité dans une station d'accueil sans fil pour ordinateur portable [9].

Certaines machines disposent d'ailleurs déjà du Wi-Fi 802.11ad et on trouve des routeurs compatibles dans le commerce. Dans tous les cas, les produits certifiés 802.11ad doivent être rétro compatibles avec le 802.11ac et donc avec les normes précédentes .

### **1.6.7 La norme 802.11ah**

La norme 802.11ah, aussi connu sous le petit nom de Wi-Fi HaLow, est une norme récente puisqu'elle a été annoncée officiellement en janvier 2016. Elle est principalement pensée pour les objets connectés avec une portée plus importante que du Wi-Fi classique, tout en consommant moins d'énergie. Les débits sont évidemment assez faibles puisqu'il est question de quelques dizaines de Mb/s [10].

Cette fois-ci, une bande de fréquence bien plus basse est utilisée : elle se situe en dessous du gigahertz. Comme en téléphonie mobile, elle porte plus loin et pénètre mieux dans les bâtiments.

### **1.6.8 La norme 802.11af**

Cette norme est un amendement à la norme de base IEEE 802.11, également connu dans le commerce sous le nom de super Wi-Fi. La principale différence par rapport aux normes bien connues IEEE 802.11a / b / g réside dans le fait que l'IEEE 802.11af est destiné à fonctionner dans les espaces blancs de télévision, c'est-à-dire le spectre déjà attribué aux diffuseurs de télévision mais non utilisé à un endroit et à une heure spécifiques période.

La norme IEEE 802.11af utilise la technologie de la radio cognitive pour identifier les espaces blancs qu'elle peut utiliser. Cette technologie cognitive sera basée sur une base de données de géo localisation autorisée. Cette base de données fournit des informations sur la fréquence, l'heure et les conditions de fonctionnement des réseaux [10].

### **1.6.9 La norme 802.11ax**

Le 802.11ax ou WiFi 6, surnommé le High Efficiency WLAN (HEW), est prévu pour fonctionner sur les deux bandes de fréquences classiques du WiFi actuelles : le 2,4 GHz et le 5

GHz. Il est donc prévu pour être complètement rétro compatible avec l'ensemble des normes précédentes, contrairement au 802.11ac qui ne fonctionnait que sur le 5 GHz. Ainsi, l'idée du 802.11ax est aussi d'étendre au 2,4 GHz les techniques radios et liaison qui ont été mises en place avec le 802.11ac [9].

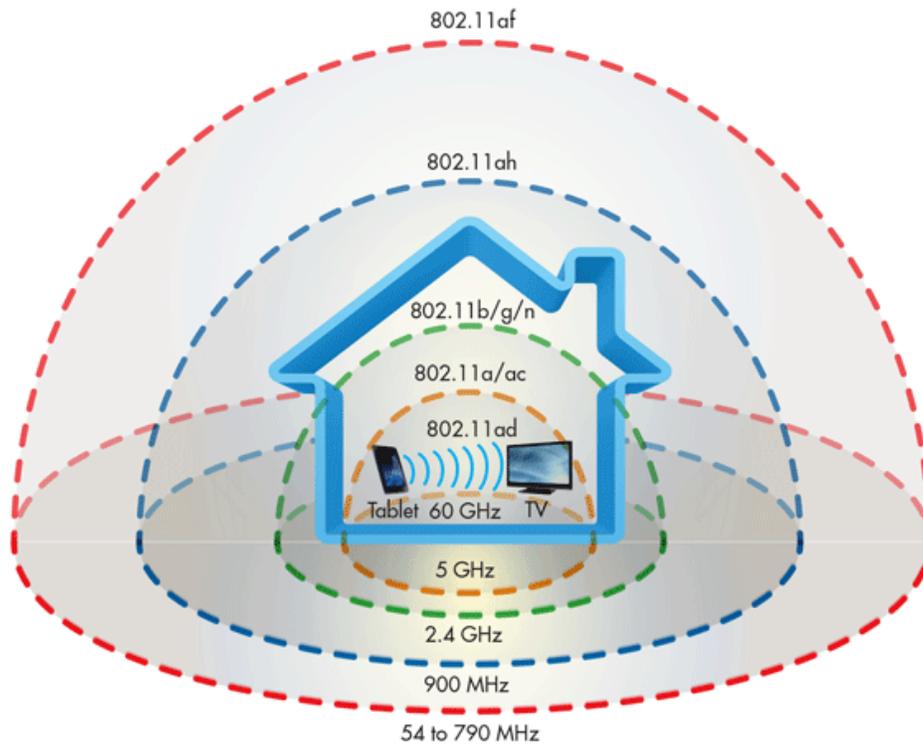


Figure 1.10 Les normes wifi et leurs couvertures.

## 1.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les réseaux sans fils. Ces réseaux sont très importants dans notre vie grâce à son convenance et avec l'évolution technologique a permis l'avènement des réseaux sans fil (par opposition aux réseaux filaires qui utilisent différents types de câbles) dont le développement est en plein essor à cause du confort de raccordement qu'ils procurent. Selon la portée du réseau et les débits binaires utilisés, différentes technologies de réseaux sans fil sont désormais couramment installées : cela va de la simple liaison entre un périphérique et l'ordinateur, en passant par les WLAN (wireless LAN) ou LAN sans fil, aux réseaux WWAN (wireless WAN) ou WAN sans fil.

Le wifi est dans un constant développement depuis la première norme créée en 1999 jusqu'à aujourd'hui avec le WIFI 6, avec chaque nouvelle norme nous obtenons des meilleurs débits. La nouvelle norme WiFi 6 permet des transferts de données plus rapides. Si vous utilisez un seul appareil avec votre routeur WiFi, les vitesses du WiFi 6 devraient être 40% supérieures aux vitesses de la norme précédente (WiFi 5 = 802.11ac).

# Chapitre 2

## Qualités de service

(QoS)

**Dans les réseaux WLAN**

## 2.1 Introduction

La qualité de service (QoS) est la méthode la plus efficace qui permet de garantir à un trafic de données, quelle que soit sa nature, les meilleures conditions d'acheminement répondant à des exigences prédéfinies. La réponse aux besoins accrus en QoS dans les réseaux sans fil est d'autant plus difficile à cause des caractéristiques spécifiques du médium sans fils. Ce médium présente un taux de perte assez élevé à cause des interférences. En plus, les caractéristiques du support physique ne sont pas constantes et varient dans le temps et dans l'espace. Quand les utilisateurs bougent, les chemins de bout en bout changent et les utilisateurs se réassocient chaque fois à des nouveaux APs. Ces utilisateurs doivent avoir la même QoS indépendamment de leurs associations et du chemin de bout en bout du trafic.

Les travaux de recherche ont pour but d'évaluer les performances de la norme standard IEEE 802.11 quant à sa capacité de répondre aux besoins en termes de QoS des utilisateurs. Ces travaux ont investigué essentiellement les possibilités offertes par la sous couche MAC du standard pour garantir un niveau minimal de QoS pour les utilisateurs. Dans le même objectif, d'autres travaux ont adopté des modèles analytiques ou des approches par simulation.

Dans ce chapitre nous présentons les mécanismes de QoS qui ont été définis durant ces dernières années au niveau de toutes les couches du modèle TCP/IP avec ce paramètre. Nous allons expliquer les paramètres et les modèles de QoS et discuter aussi aux classes de service et finalement nous allons expliquer les protocoles de routage et la manière utilisée pour trouver l'optimale route vers la destination.

### Définition de la Qualité de Service

La qualité de service (QoS) ou quality of service (QoS) est la capacité à véhiculer, dans de bonnes conditions, un type de trafic donné, en termes de disponibilité, débit, délais de transmission, gigue, taux de perte de paquets [10]. Appliquée aux réseaux à commutation de paquets (réseaux basés sur l'utilisation de routeurs) la QoS désigne l'aptitude à pouvoir garantir un niveau acceptable de perte des paquets, défini contractuellement, pour un usage donné (voix sur IP, vidéoconférence, etc.) [3].

## 2.2 Les paramètres de qualité de service

### 2.2.1 La bande passante (ou débit binaire)

C'est la quantité de données pouvant être transmise durant un laps de temps. Le plus souvent, elle est mesurée en nombre de bits/seconde (bits par seconde,- bps) ou un de ses ordres de grandeur : kilobits par seconde ou Kbps (10<sup>3</sup> bps), mégabits par seconde ou Mbps (10<sup>3</sup>Kbps), gigabits par seconde ou Gbps (10<sup>3</sup>Mbps), etc. La bande passante est un paramètre clé de la vitesse de transmission des données : plus la bande passante est élevée, plus la transmission d'un fichier sera rapide. Ce paramètre est également crucial pour les applications temps réel. Par exemple, la vidéo en direct nécessite une bande passante plancher sous laquelle on ne doit pas descendre pour garantir une transmission en temps réel des images. La contrainte de bande passante est donc une valeur seuil de bande passante disponible sous laquelle il ne faut pas descendre [12].

### 2.2.2 Le délai (ou latence)

C'est le temps qui sépare l'émission d'un paquet de données de l'arrivée à sa destination. Il est mesuré en secondes ou un de ses ordres de grandeur (de quelques millisecondes pour les transmissions nécessitant une très grande réactivité à plusieurs minutes pour les applications tolérantes aux délais). Une contrainte de délai définit un temps maximum à ne pas dépasser pour tous les paquets. Les applications temps réel et interactives sont très sensibles au délai. Par exemple un jeu vidéo en ligne nécessite un délai très court (non perceptible par les joueurs) pour garantir la fluidité de l'interaction entre les joueurs et avec le jeu [12].

### 2.2.3 La perte de données

Le taux de perte est la proportion des paquets qui ne parviennent pas à leur destination. Ces pertes dépendent de :

*La fiabilité du support des liaisons* : un support peu fiable entraîne une corruption fréquente des paquets. Si un paquet s'avère corrompu à l'issue de sa vérification grâce aux bits de contrôle (checksum), il sera détruit. On peut toutefois estimer qu'actuellement la fiabilité des liens dans le réseau Internet est relativement élevée, et que par conséquent, les pertes de paquets dues à des défauts de support sont très faibles.

*L'occurrence de surcharges locales (congestions) dans le réseau* : les paquets devant être placés dans une file d'attente pleine sont détruits. Lorsque le protocole de transport garantit l'arrivée de l'information transmise, les paquets perdus doivent être renvoyés. Les pertes ont donc une influence directe sur l'augmentation du délai et sur la gigue. [19]

On distingue donc les services qui peuvent adapter leur fonctionnement vis-à-vis de la congestion du réseau des services qui ont besoin de garanties sur un ou plusieurs critères de QoS pour fonctionner. Premièrement les services "élastiques". qui s'agit typiquement des services IP classique comme le transfert de fichier etc. Certes, la satisfaction de l'utilisateur de ces services est meilleure lorsque la bande passante est la plus élevée possible, lorsque les délais sont faibles et qu'il n'y a pas de pertes. Mais, ces services n'ont pas d'exigences fortes en terme de QoS, ils pourront toujours s'adapter à une dégradation du réseau. À l'inverse, les services "multimédias" ont besoin d'une qualité de service minimale pour fonctionner, ils ne peuvent pas (ou peu) s'adapter à l'état du réseau. Si le débit fournie est inférieur au seuil du débit, leur qualité se dégrade fortement et le service devient inutilisable. Ces services sont aussi sensibles aux autres critères de QoS. Les services "interactifs" sont particulièrement exigeants en termes de délais : il faut que le service réagisse au plus vite à l'action de l'utilisateur [13].

## 2.3 Les modèles de QoS

### 2.3.1 IntServ (Integrated Service)

IntServ est une architecture de QoS qui permet la réservation de ressources sur le réseau pour un flux spécifique. Ce dernier correspond à une séquence de paquets possédant les mêmes adresses IP sources et destinations et les mêmes besoins de QoS. Pour décrire les besoins d'un flux en QoS, IntServ se base sur la description du trafic TSpec qui inclut plusieurs informations: p (débit crête, octets/seconde), b (taille maximale du burst, octets), r (débit moyen, octets/seconde), m (unité minimum contrôlée, octets), M (taille maximum d'un paquet, octets). L'architecture IntServ définit deux types de services principaux, en plus du service Best-Effort :

- *Le service de charge contrôlée (CLS: Controlled Load Service)* : Ce service fournit approximativement la même QoS pour un flux indépendamment de l'état du réseau : état normal ou état de surcharge. La différence entre ce service et le service Best-effort est décelable uniquement quand le réseau est surchargé.

• *Le service garanti (GS : Guaranteed Service)* : Ce service assure une bande passante stricte, un délai de transmission de bout-en-bout borné et une perte de paquet nulle pour un flux [14]. L'idée de base du modèle IntServ est de fournir une QoS individualisée à chaque connexion en utilisant un mécanisme de contrôle d'admission et de réservation de ressources via le protocole RSVP. Avec ce protocole, chaque routeur est interrogé sur ses ressources disponibles. S'il est possible de trouver un chemin entre les deux extrémités de connexion sur lequel tous les routeurs disposent de suffisamment de ressources pour assurer la QoS de la connexion, alors celle-ci est établie, sinon elle est refusée [20].

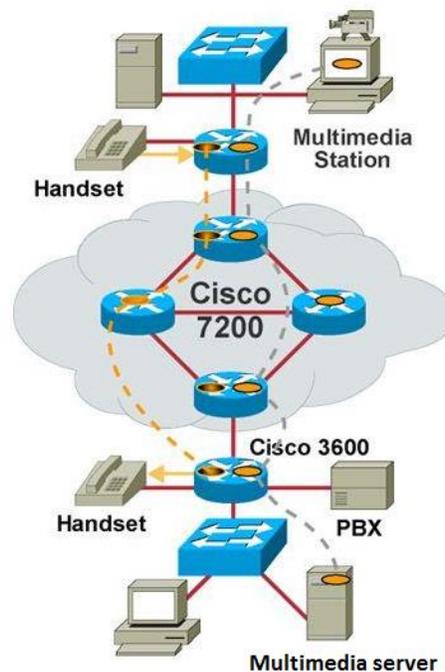


Figure 2.1 Architecture du modèle IntServ

### 2.3.1.1 Fonctionnement du modèle IntServ

L'idée fondamentale de l'architecture IntServ est de réserver des ressources telles que bande passante et tampons. Pour recevoir une assurance de performance du réseau, un L'application doit configurer la réservation de ressources le long de son chemin avant de pouvoir commencer à transmettre des paquets. Il est basé sur l'utilisation du protocole RSVP (ReSource Réserve Protocol) qui a été inventé comme protocole de signalisation pour les applications de réserve Ressources. L'application lance une session à la demande avec le réseau à l'aide de RSVP. [14]

Cette session identifie les exigences de service de l'application, y compris la bande passante et délai. RSVP est un protocole de réservation orienté récepteur pour la configuration réservation de ressources sur Internet, c'est-à-dire que les destinataires sont responsables de quelles ressources seront réservées. Les accusés de réception des destinataires voyagent des destinataires vers l'expéditeur et construisent progressivement un chemin [16].

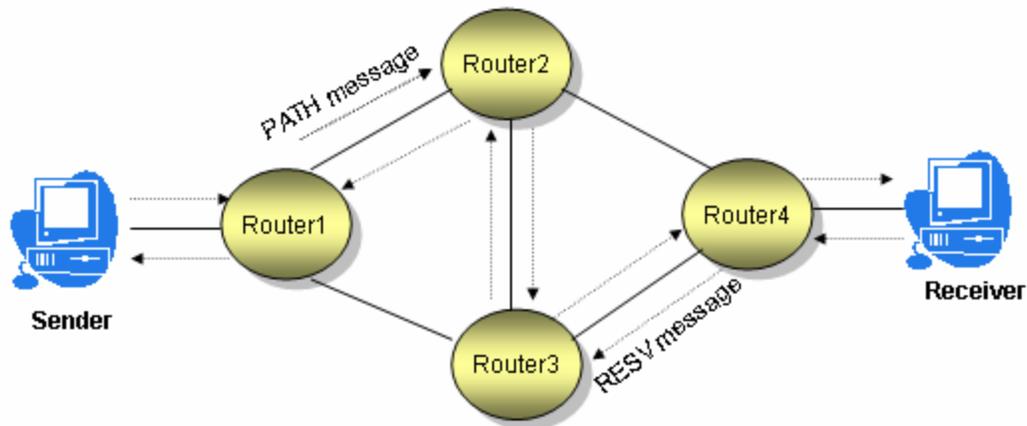


Figure 2.2 Opérations de configuration de réservation de ressources de base du protocole de signalisation RSVP

L'expéditeur envoie un message PATH au destinataire spécifiant les caractéristiques du trafic. Chaque routeur intermédiaire le long du chemin transmet le message PATH au saut suivant déterminé par le protocole de routage. À la réception d'un message PATH, le destinataire répond par un message RESV pour demander des ressources pour le flux. Chaque Le routeur intermédiaire le long du chemin peut rejeter ou accepter la demande du message RESV. Si la demande est rejetée, le routeur enverra un message d'erreur au destinataire et le processus de signalisation se terminera. Si la demande est acceptée, liaison bande passante et tampon espace est alloué pour le flux et les informations d'état de flux associées sont installées dans le routeur [14].

Malgré sa robustesse, l'architecture IntServ n'a pas rencontré le succès escompté pour assurer la QoS au niveau IP. Le premier inconvénient de cette architecture est sa sociabilité. En effet, la nécessité de maintenir l'état des ressources réseau pour chaque flux limite sérieusement le

déploiement à grande échelle d'IntServ. Les autres reproches concernent sa complexité de mise en œuvre et l'overhead introduit sur le réseau en utilisant un protocole de réservation de ressources [17].

### 2.3.2 Modèle Diffserv

Ce modèle définit une architecture de réseau qui permet de différencier les services des données, il a été mis en place afin de pallier aux difficultés de déploiement du modèle définissant l'architecture IntServ. Le mécanisme qui en découle classe et contrôle le trafic, le trafic est séparé en classe de trafic et ces derniers peuvent être identifiés grâce à une valeur codée dans l'en-tête IP. Ces tâches sont réalisées en périphérie du réseau et les routeurs du cœur de ce réseau traitent les paquets en fonction de la classe qui les définit. Une combinaison de ce modèle avec le protocole MPLS fournit un niveau de QoS optimal. Nous reviendrons sur ce modèle, une fois les différents mécanismes de QoS définis [21].

#### 2.3.2.1 Les composants du modèle DiffServ

Dans un domaine DiffServ, il faut distinguer les routeurs d'accès, ou routeurs de bordure (edge routers), et les routeurs du cœur de réseau (core routers).

##### *Les routeurs de bordure*

sont les portes d'entrées obligatoires pour un flot pénétrant dans le domaine DiffServ. Ils effectuent des traitements (figure 2.3) sur les paquets entrant qui ont pour effet :

- de déterminer leur classe de service (classifier) grâce à l'en-tête du paquet (champ Type de service (ToS), adresse source et/ou destination, protocole, port) sur la base d'un contrat avec l'opérateur, et affecter l'information d'élimination possible ou non, selon les mesures qui sont faites (meter) sur les débits moyens et crête, et en accord avec le contrat passé avec l'opérateur [18]. En cas de congestion dans le cœur de réseau, un paquet éliminable (out profile) sera traité dans une classe moins prioritaire, voire détruit. [20].

- de réguler leur débit selon leur classe, souvent par un token bucket (shaper),
- de les détruire ou de les déclasser (dropper, policer) en cas de congestion (s'ils sont marqués out profile). L'opération de déclassement n'est possible que dans les routeurs de bordure [20].

### Les routeurs de cœur de réseau

Les routeurs du cœur de réseau réalisent des opérations simples de bufferization et de routage des paquets en se basant uniquement sur le marquage effectué par les routeurs situés en bordure de domaine DiffServ. La différenciation de service se fait au niveau des deux mécanismes cruciaux du modèle DiffServ: le scheduling (C'est l'un des composants les plus critiques dans l'architecture d'un réseau à QoS.) et le buffer management (Le mécanisme de gestion de tampon consiste à éliminer des paquets en cas de congestion du tampon d'un port de sortie d'un routeur.). Chaque sortie du routeur possède un nombre fixe de files logiques où le routeur dépose les paquets arrivant selon leur classe de service. Les files sont servies en accord avec l'algorithme d'ordonnancement [20].

Dans un modèle d'architecture DiffServ, les tâches de QoS, qui sont le contrôle et la classification du trafic sont réalisées en périphérie du réseau sur les routeurs Edge [11]. Une fois ces tâches réalisées, les routeurs "Core" n'ont plus qu'à traiter ces flux en fonction de leur classification. Voici une figure représentant ces mécanismes:[21]

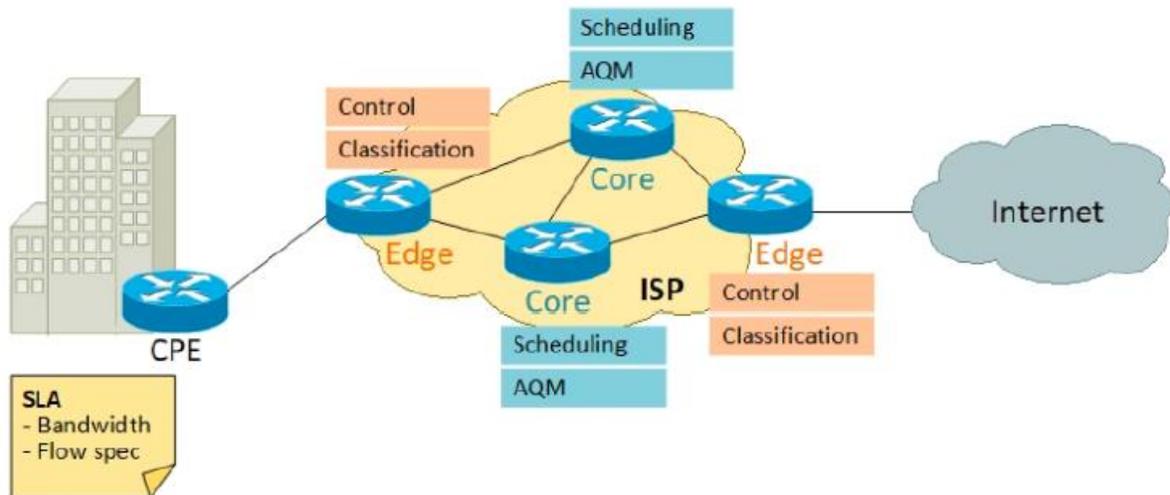


Figure 2.3 Tâches réalisées dans un modèle d'architecture DiffServ

## 2.4 Les classes de services

Une classification des principales applications est présentée comme suit :

- Voix : Regroupe toutes les applications du type conversationnel (Voix, Visio Conférence, ...) ayant pour contrainte forte des objectifs sur le délai et la gigue. Elles sont également sensibles au taux de perte bien qu'il ne soit pas possible de retransmettre les données et requièrent des débits assez faibles [15].

- Vidéo : Regroupe toutes les applications multimédia diffusées ou non (Vidéo à la Demande – VoD, la télévision sur IP – IP TV, ...) ayant pour contrainte forte le taux de perte et le débit et dans une moindre mesure le délai et la gigue [15].

- Donnée : Regroupe toutes les applications de transfert de données ayant pour seule contrainte un taux de perte nul et qui s'accommodent d'un délai et d'une gigue quelconque. Un débit garanti caractérise cette classe sans toutefois en faire une contrainte stricte [15].

## 2.5 Les Protocoles de routage dans les réseaux ad hoc

Dans le cas des réseaux ad hoc, l'architecture est caractérisée par une absence d'infrastructure fixe, les nœuds doivent donc s'organiser automatiquement et réagir rapidement à différents mouvements. Ainsi dans le cas des réseaux ad hoc, les nœuds sont considérés comme des routeurs, chaque nœud participe dans le fonctionnement de routage. Le protocole de routage est un programme qui sert à déterminer la route optimale pour le transfert des données entre deux nœuds. Le routage dans les réseaux mobile ad hoc est différent de routage traditionnel utilisé dans les réseaux à infrastructure ce dernier dépend de plusieurs facteurs dont la mobilité, la topologie, la manière de la sélection de la route [22].

Il est à noter que Les protocoles de routage ad hoc sont divisés en trois catégories, deux principales et la troisième est issue de leur combinaison, ces catégories sont : Les protocoles réactifs, les protocoles proactifs et les protocoles hybrides. La différence entre les deux grandes catégories est que les réactifs doivent initialiser le chemin, entre la source et la destination avant d'envoyer les données par une demande de chemin. Par contre les proactifs ont dans leur table de routage tous les chemins vers tous les nœuds du réseau, il ne leur manque que d'utiliser ce chemin pour envoyer directement les données à la destination. Les protocoles hybrides sont le compromis entre les protocoles réactifs et les protocoles proactifs [23].

### 2.5.1 Protocoles Proactifs

Les protocoles de routage proactifs dans les réseaux ad hoc, sont basés sur le même principe des protocoles de routage utilisés dans les réseaux filaire. Les deux principale méthodes sont la méthode " états des liens" et la méthode "vecteur de distance". Ces deux méthodes essaient de maintenir les meilleurs chemins existants vers toutes les destinations possibles (qui peuvent représenter l'ensemble de tous les nœuds du réseau) au niveau de chaque nœud de réseau. Les routes sont sauvegardées mêmes si elles ne sont pas utilisées [24].

La sauvegarde des routes, permanente des chemins de routage, est assuré par un échange continu des messages de mise à jour des chemins, ce qui induit un contrôle excessif surtout dans le cas des réseaux de grande taille. L'avantage de ces protocoles réside dans la disponibilité des informations de routage pour router un paquet vers n'importe quelle destination. L'inconvénient majeur est le coût de maintenance des connaissances sur la topologie et de routage du a l'envoi périodique des messages. Ceci génère une consommation continue de la bande passante. [25]

#### 2.5.1.1 DSDV (Destination Sequenced Distance-Vector Routing)

Dans son fonctionnement de base, le protocole DSDV partage la même philosophie avec les algorithmes à vecteur de distances. La contribution principale du protocole DSDV est l'utilisation des numéros de séquence qui permettent d'éviter la formation des boucles de routage. Quand un nœud reçoit plusieurs paquets de mise à jour au sujet d'un même nœud destination, il choisit celui avec le numéro de séquence le plus haut. Un nœud qui détecte la rupture d'un lien, génère un paquet de mise à jour dont le numéro de séquence possède une valeur infini. En recevant ce paquet, chaque nœud retire l'entrée correspondante de sa table de routage. Pour assurer la consistance des tables de routage, les mises à jour de ces derniers s'effectuent périodiquement et immédiatement après un changement de topologie. Pour réduire la quantité du trafic que grenèrent ces mises à jour. Principe de fonctionnement de ce protocole est chaque nœud dans le réseau diffusé par inondation un paquet de mise à jour des tables de routage qui inclue les destinations accessible et le nombre de sauts exigé pour atteindre chaque destination avec le numéro de séquence lié à chaque route. Des paquets de mise à jour sont aussi diffusés immédiatement s'il y a un changement dans la topologie du réseau afin de propager les informations de routage aussi rapidement que possible. À la réception d'un paquet de mise à jour, chaque nœud le compare avec les informations existantes dans sa table de routage. Les routes les

plus récentes (qui ont le plus grand numéro de séquence) avec la distance la plus courte sont gardées, les autres sont simplement ignorées [26].

### 2.5.2 Protocoles Réactifs

Les protocoles de routage réactifs (ou à la demande) ont été conçus pour minimiser la charge de contrôle des protocoles de routage proactifs en ne maintenant des informations que concernant les chemins actifs. Les protocoles de routage réactifs peuvent être classifiés en deux catégories : à routage source ou à routage saut-par-saut. Dans les protocoles à routage source, les paquets de données portent dans leurs entêtes les adresses de tous les nœuds constituant le chemin à partir de la source jusqu'à destination. De ce fait, les nœuds intermédiaires acheminent les paquets selon les informations qui se trouvent dans l'entête de chaque paquet de données. Cela veut dire que les nœuds intermédiaires ne sont pas besoin de maintenir des informations sur les chemins actifs [22].

De plus, ils ne sont pas besoin de maintenir la connectivité avec leurs voisins. Dans le routage saut-par saut chaque paquet de données porte uniquement l'adresse de la destination et celle du saut prochain. De ce fait, chaque nœud intermédiaire utilise sa table de routage pour acheminer chaque paquet de données [26].

L'avantage de ce type de routage est qu'il permet une meilleure adaptabilité aux changements fréquents de topologie, car chaque nœud utilise les informations les plus fraîches dans le routage. L'efficacité de l'approche réactive commence à se diminuer quand le trafic et la mobilité deviennent plus importants. De plus, les protocoles de routage réactifs possèdent un temps de réponse plus élevé que celui des protocoles de routage proactifs ce qui peut influencer sur les performances des applications interactives [26].

#### 2.5.2.1 AODV (ad hoc On-Demande Distance-Vector)

AODV est un protocole de routage réactif, basé sur le principe des vecteurs de distance, capable à la fois de routage unicast et multicast. Il représente essentiellement une amélioration de protocole DSDV et il repose sur le mécanisme de découverte de chemins à la demande mais il n'utilise pas le routage source, AODV repose sur le routage saut par saut. Chaque nœud dans AODV, maintient une table de routage et utilise les numéros de séquence comme DSDV pour

éviter le problème des boucles de routage. On générale AODV fonctionne par l'utilisation de trois types de messages :[27]

- ✓ Les messages de demande de route RREQ : Route Request Message.
- ✓ Les messages de réponse de route RREP : Route Reply Message.
- ✓ Les messages d'erreur de route RERR : Route Error Message.

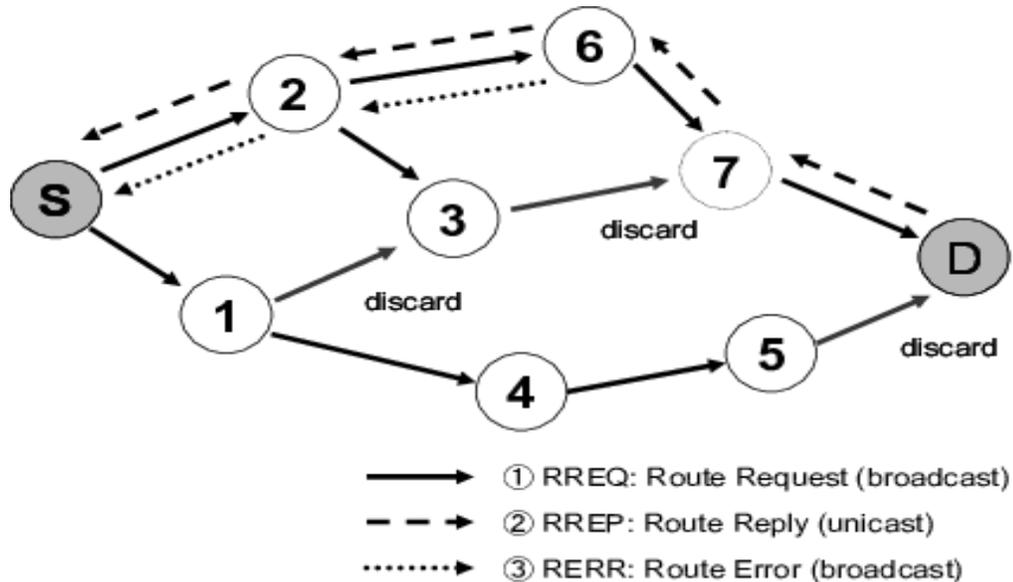


Figure 2.4 Découverte des chemins dans AODV

Et basé sur l'utilisation de deux mécanismes « Découverte de route » et « maintenance de route. »

Lorsque les nœuds veulent établir une communication et il n'existe pas de route valide entre un nœud source et destinataire, AODV diffuse dans le réseau une requête de demande de route RREQ (Route REQuest). Si un nœud quelconque dans le réseau possède une route à la destination il renvoie une réponse par la requête RREP (Route REPLY) à l'émetteur, et si ce dernier ne reçoit pas de réponse RREP pendant une Période appelé (RREP-WAIT-TIME) il inonde encore une fois la requête RREQ [25].

Chaque nœud dans AODV met à jour périodiquement la liste de ses voisins, un nœud transmet un message HELLO, Si un nœud ne reçoit pas d'un voisin trois messages HELLO consécutifs le lien avec le voisin est considéré invalide. Et si ce dernier est invalide (à cause de

la mobilité ou la défaillance d'un nœud), les nœuds utilisant ce lien sont prévenus par un message d'erreur (RERR), ils vont alors diffuser une autre requête. La figure ci-dessous illustre la coupure d'un lien entre deux nœuds et l'envoi du RERR dans AODV [27].

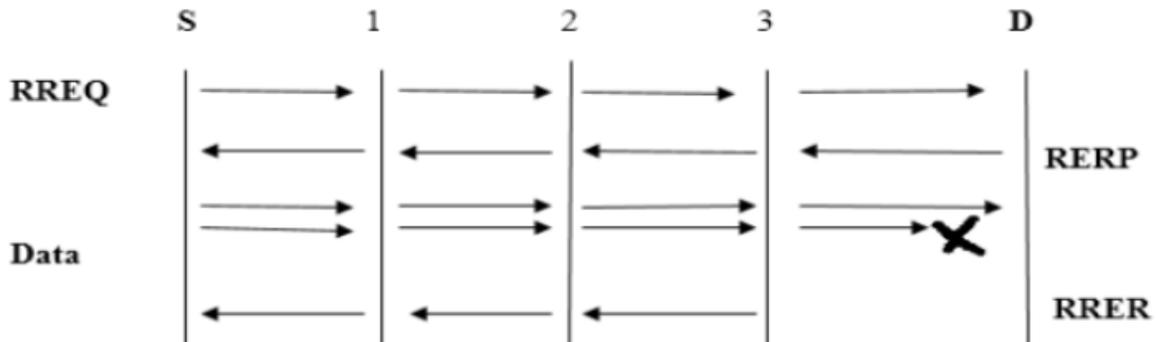


Figure 2.5 Coupure de route et envoi du RERR

### 2.5.2.2 DSR (Dynamic Source Routing)

Le protocole DSR 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 ce dernier sera transmis avec les données. Dans chaque paquet de données transmis, il y a un champ qui contient la séquence de nœuds à suivre pour atteindre la destination.

Si un destinataire est dans le cache du nœud source, la route connue est utilisée. Sinon, une procédure de découverte de route est déclenchée. Les paquets de découverte de route contiennent les adresses source et destination ainsi qu'un identifiant permettant aux nœuds intermédiaires de savoir s'ils ont déjà traité les paquets. Le chemin vers la destination est créé dans le paquet de recherche de route. Chaque nœud qui reçoit ce paquet ajoute à la route préexistante dans ce paquet sa propre adresse. Lorsqu'un des paquets de recherche de route atteint sa destination ou un nœud qui possède une route valide vers la destination, ce nœud répond à la source initiale [28].

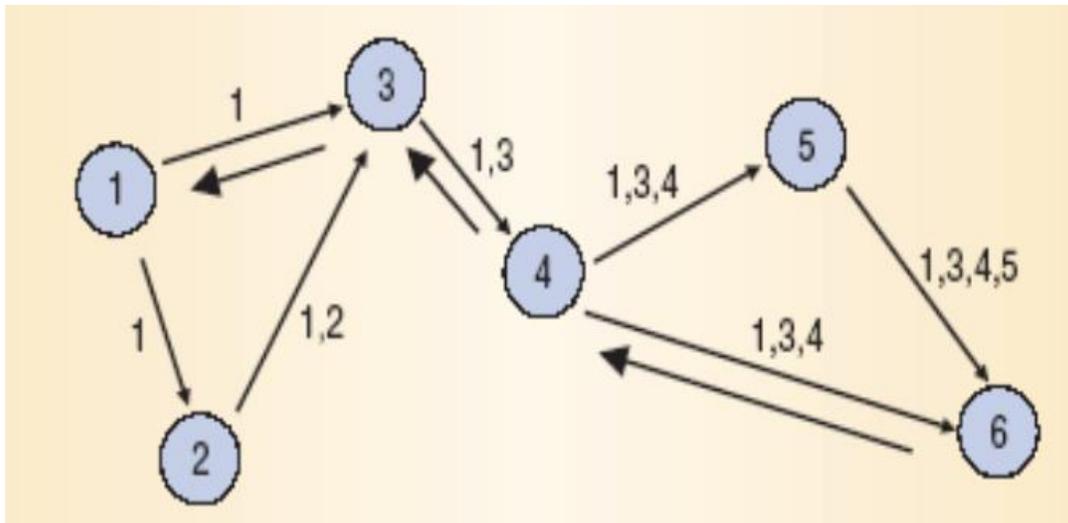


Figure 2.6 Mécanisme de découverte de route dans DSR

Ce nœud ne possède pas de route vers la source initiale, donc une nouvelle recherche de route doit être entreprise. Pour éviter un bouclage infini des recherches de route, la route construite est ajoutée à la nouvelle recherche de route, de sorte que le nœud source connaisse une route valide pour sa réponse[22].

A fin d'assurer la validité des chemins utilisés, DSR exécute une procédure de maintenance de routes. Quand un nœud détecte un problème fatal de transmission, à l'aide de sa couche de liaison, un message RERR est envoyé à l'émetteur original du paquet. Le message d'erreur contient l'adresse du nœud qui a détecté l'erreur et celle du nœud qui le suit dans le chemin [25].

L'un des inconvénients de protocole DSR est l'ajout dans les paquets de données qui accroît le surcoût et consomme plus de bande passante et d'énergie, et aussi le délai avant de commencer la transmission des paquets provoqués par la procédure de découverte de route [28].

## 2.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les caractéristiques et le mécanisme des protocoles proactif et réactif, Nous avons distingué trois protocoles de routage, les protocoles de routage AODV et DSR sont des protocoles réactifs et DSDV est du type proactif. D'après l'étude théorique et la comparaison entre ces trois protocoles on peut dire que, le mécanisme de protocole DSR est le plus efficace par rapport les deux autres protocoles. Les critères de la

qualité de service permettant à nous de choisir les meilleurs protocoles de routage au niveau de performance de protocole et pour réduire la perte des paquets, le délai et augmenter le débit sur les réseaux

# Chapitre 3

## Résultats

de

## Simulation

### 3.1. Introduction

Pour les réseaux sans fil, la simulation permet de tester à moindre coût les nouveaux protocoles de routage ainsi que d'anticiper les problèmes qui pourront se poser dans le futur afin d'implémenter la technologie la plus adaptée aux besoins. Dans ce contexte, le simulateur NS2 est un logiciel de simulation à événements discrets de réseaux informatiques. Ce logiciel a été initialement développé dans le cadre du projet VINT (Virtual Inter Network Testbed), dont l'objectif principal visait la construction d'un simulateur multi-protocole pour faciliter l'étude de l'interaction entre les protocoles et le comportement d'un réseau à différentes échelles.

Ce projet contient des bibliothèques pour la génération de topologies réseau, des trafics ainsi que des outils de visualisation tels que l'animateur réseau NAM (network animator). Il est essentiellement élaboré avec les idées de la conception par objets, de la réutilisation du code et de modularité. Il est aujourd'hui un standard de référence en ce domaine, plusieurs laboratoires de recherche recommandent son utilisation pour tester les nouveaux protocoles. L'objectif de ce chapitre est d'étudier les caractéristiques des trois protocoles AODV, DSDV, et DSR étudiés dans nos simulations. Par conséquent, un nœud qui souhaite envoyer un paquet à un autre nœud, les protocoles réactifs recherchent l'itinéraire sur une base à la demande et établissent une connexion pour transmettre et recevoir un paquet. La découverte de route consiste généralement en une inondation de messages de requête sur l'ensemble du réseau. En revanche, dans le routage proactif, chaque nœud maintient en permanence la route entre deux nœuds.

Dans ce chapitre nous allons étudier les performances et qualité de service d'un réseau sans fil. Nous allons utiliser trois protocoles de routage qui sont : AODV, DSDV et DSR. Nous allons diviser ce chapitre en deux parties : la première partie est consacrée au critère de la qualité. Les paramètres particuliers de QoS que nous avons choisis sont les pertes, le débit utile et le délai de transmission. Dans la deuxième partie, nous présentons les résultats de simulation qui décrivent les performances du réseau simulé pour les trois types de routage. Ces critères de qualité sont étudiés dans le cas des nœuds fixes et mobiles. Enfin, une étude comparative entre les deux scénarios est présentée.

### 3.2.1. Présentation du simulateur NS2

Actuellement, le simulateur NS2 est un simulateur de réseaux orienté objet. Ce simulateur est particulièrement bien adapté aux réseaux à commutation de paquets et à la réalisation de Simulations de grande taille (le test du passage à l'échelle). Ce simulateur est évolué rapidement pour prendre en charge les communications sans fil et contient les fonctionnalités nécessaires à l'étude des protocoles de routage unicast ou multicast, des protocoles de transport, de session, de réservation, des services intégrés et des protocoles d'application. Il est écrit sur la base du langage C++, avec au-devant un interpréteur OTCL (Object Tools Command Language) dérivé de TCL. Avec ce langage, l'utilisateur décrit les conditions de simulation : topologie du réseau, caractéristiques des liens physiques, protocoles utilisés, les communications fil et sans fil [29].

### 3.2.2. L'outil de visualisation NAM

La simulation doit d'abord être saisie sous forme de fichier texte que NS2 utilise pour produire un fichier trace contenant les résultats. NS2 est fourni avec différents utilitaires dont des générateurs aléatoires et un programme de visualisation : Nam. Celui-ci est un outil d'animation basé sur Tcl/TK, utilisé dans NS2 afin de visualiser le tracé de simulation des réseaux, ainsi que les tracés de données. 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 de NS2, pour visualiser directement le résultat de la simulation. Le modèle théorique du Nam a été non seulement créé pour lire un large ensemble de données d'animation, mais aussi suffisamment extensible pour être utilisé quelque soit le type de réseau simulé (fixe, mobile ou mixte), ce qui permet de visualiser tout type de situation possible [29].

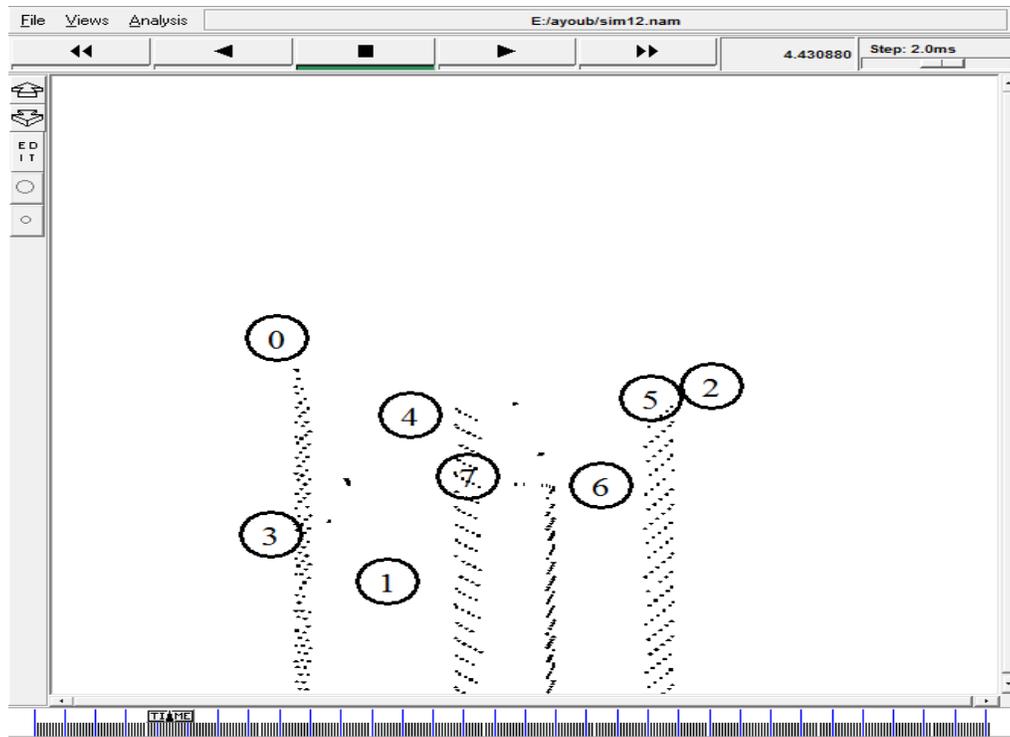


Figure 3.1 L'interface NAM

### 3.2.3. Fichier trace

Les fichiers de trace contiennent les traces d'événement pouvant être traitées ultérieurement pour comprendre les performances du réseau. L'exemple ci-dessous décrit le processus général de la manière dont une simulation de réseau est effectuée sous NS-2. Les fichiers de sortie tels que les fichiers de trace doivent être analysés pour extraire des informations utiles. L'analyse peut être effectuée à l'aide de la commande awk (sous UNIX et LINUX ou le script perl. Les résultats ont été analysés avec un logiciel capable de raccourcir le processus d'analyse des fichiers de trace (Xgraph et Gnuplot) a également été utilisé dans cet article [29].

La signification des différents champs du fichier de trace est décrite comme suit :

Exemple :

```
+  5.7550  0  1  cbr  512 -----  0  2.0  3.0  4562  102
-  7.5469  0  1  cbr  512 -----  1  2.0  3.0  4586  103
```

D	8.7739	2	3	cbr	512-----	1	2.0	3.0	4586	99
R	10.9600	2	3	cbr	512-----	1	2.0	3.0	4596	253

Chacune des lignes correspond à un évènement survenu à un paquet pendant la simulation. Chaque colonne contient des informations comme suit :

- ✓ effectuée sur le paquet. Un « + » signifie que le paquet est reçu dans une file, un « - » signifie que le paquet quitte la file, un « d » signifie que le paquet est jeté et un « r » signifie que le paquet est réceptionné par un agent.
- ✓ Instant où l'action est effectuée.
- ✓ Nœud de départ du lien concerné.
- ✓ Nœud d'arrivée du lien concerné.
- ✓ Type de paquet.
- ✓ Taille du paquet en octets.
- ✓ Flags
- ✓ Identificateur de flux.
- ✓ Agent de départ.
- ✓ Agent d'arrivée.
- ✓ Numéro de séquence.
- ✓ Identificateur unique pour chaque paquet.

### 3.2.4. Principaux composants

La liste des principaux composants disponible dans NS par catégorie est :

- Application : Web, ftp, telnet, générateur de trafic (CBR, ...).
- Transport : TCP, UDP, RTP, SRM .
- Routage : statique ou dynamique (vecteur de distance).
- Routage : Multicast, unicast.

- Gestion de file d'attente : RED, CBQ, Drop-TAI, SFQ...
- Système de transmission : CSMA/CD, CSMA/CA, lien point à point.
- Type d'adresse MAC : 802.3, 802.11, 802.15 ...
- Protocol de routage : AODV, DSDV, DSR.

### 3.2. Architecture du réseau simulé

Dans notre simulation, nous présentons une comparaison entre les trois protocoles de routage AODV, DSDV et DSR. Les simulations de ces trois protocoles ont été faites sur le même modèle de simulation (les mêmes valeurs des paramètres et les mêmes modèles de trafic). Nous avons étudié et analysé les performances et le comportement des deux protocoles de routage dans notre réseau. Au niveau de nos topologies, nous avons varié la configuration du nombre de nœuds, Nous avons simulé pour 15,30 et 70 nœuds. Pour assurer la diversité des configurations et étudier l'impact de la mobilité sur la stabilité du réseau nous avons pris en considération deux cas possibles :

- Simulation où tous les nœuds sont stables.
- Simulation où tous les nœuds sont mobiles.

Trois métriques sont utilisées afin d'évaluer notre approche. Le choix de ces métriques est basé sur le fait que ce sont les critères les plus importants et les plus utilisés pour évaluer les performances d'un réseau exigeant en QoS

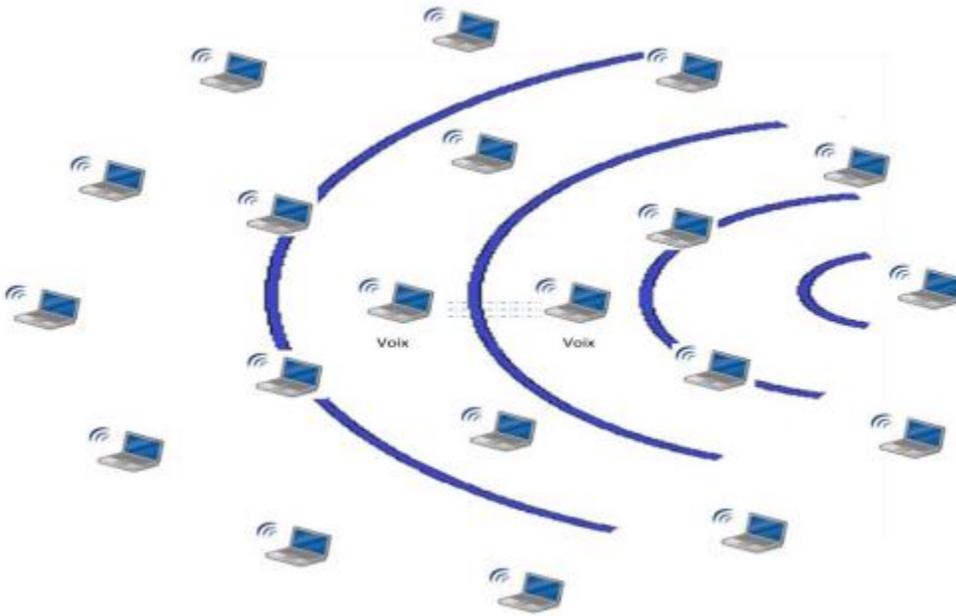


Figure 3.2 L'architecteur du réseau simulé

### 3.3. Paramètres de simulation

Nous avons étudiée les performances du protocole IEEE 802.11 selon les trois critères de Qos suivantes:

#### Débit utile

Le débit utile (ou throughput) est le débit total en réception. Il est calculé pour un intervalle de temps, en divisant la quantité totale d'information reçue pendant cet intervalle, par la durée de l'intervalle en question. La formule générale pour le calcul du débit utile est :

$$\text{Débit utile} = \frac{\text{nbr} * \text{tp}}{\Delta t}$$

Avec :

- nbr : nombre des paquets reçus pendant  $\Delta t$ .
- tp : taille d'un paquet.
- $\Delta t$ : Durée de l'intervalle considéré.

**Le taux de pertes**

Nous avons modélisé le taux de pertes par le nombre de paquets perdus en fonction du temps. Pour cela, nous avons utilisé (l'agent Loss Monitor) qui enregistre le nombre de paquets perdus.

**Le délai**

Le délai est le temps entre l'envoi d'un paquet par un émetteur et son temps de la réception par le destinataire.

Délai = (temps de réception du paquet) – ( le temps de transmission du paquet).

**3.4. Scénarios de simulation**

Pour bien analyser notre réseau, nous avons choisi de mettre en œuvre différents scénarios de simulation avec différents protocoles de routage. Dans ce cadre nous allons faire une comparaison entre les protocoles de routage suivants : AODV, DSDV et DSR. Cette comparaison est réalisée dans deux cas : cas pour les nœuds fixe et le cas pour les nœuds mobile. Pour chaque scénario de simulation on augmente les nombres des nœuds de 15 à 70 nœuds.

**3.5.1. Premier Scénario**

Dans ce scénario nous avons retenu un réseau non-chargé de 15 nœuds fixe, et un type de trafic CBR qui envoie des paquets de taille 512 octets avec 1Mbps. Le tableau suivant résume les différents paramètres utilisés dans ce scénario :

Paramètres	Valeurs
nombre nœuds	15, 30,70
La mobilité des nœuds	Fixe
La dimension de topographié	500*500 m
Les protocoles de routage	AODV, DSDV, DSR
Data Rate	11Mb
MAC type	Mac/802_11
SIFS	10us
DIFS	50us
A slot time	20us
CWmin	31

CWmax	1023
aPreambleLength	144 bit
aPLCPHeaderLength	48 bits
Traffic	CBR
Taille du Paquet	512 octets
Bit rate	1Mbps
Temps de simulation	200s

Tableau 3.1 Paramètres de simulation (scénario 1)

DIFS (DCF inter fram spac) : Si le canal est libre pendant un temps DIFS, la station peut transmettre son paquet. Si le canal est resté libre durant une période DIFS, les stations qui veulent émettre choisissent, dans une fenêtre appelée fenêtre de contention (CW), un backoff aléatoire exprimé en un nombre de time slots d'une durée fixe de 20  $\mu$ s.

Short IFS (SIFS): Est le plus court des IFS. Il est utilisé pour séparer les différentes trames transmises au sein d'un même dialogue.

*Pour scenario de 15 nœuds fixe*

### Le débit

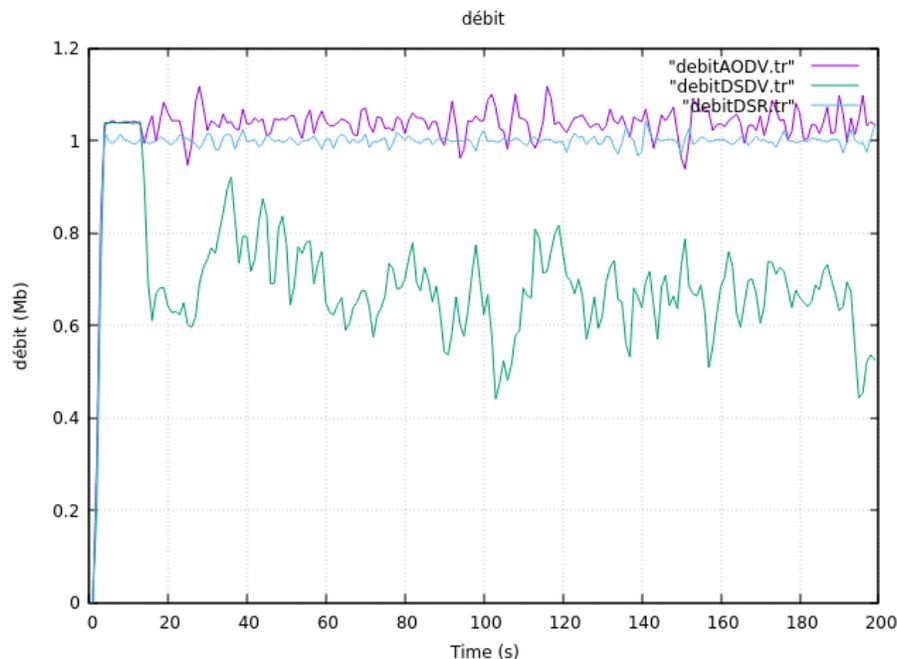


Figure 3.3 Evolution du débit en fonction du temps pour différents protocoles de routage pour 15 nœuds fixe

D'après la figure des différents protocoles on remarque que, le débit de protocole (DSDV) est plus faible que les deux protocoles (AODV et DSR). Dans autre part le moyen des débits des protocoles (AODV et DSR) est presque le même dans l'intervalle de temps (le débit =1MP).

### Les pertes

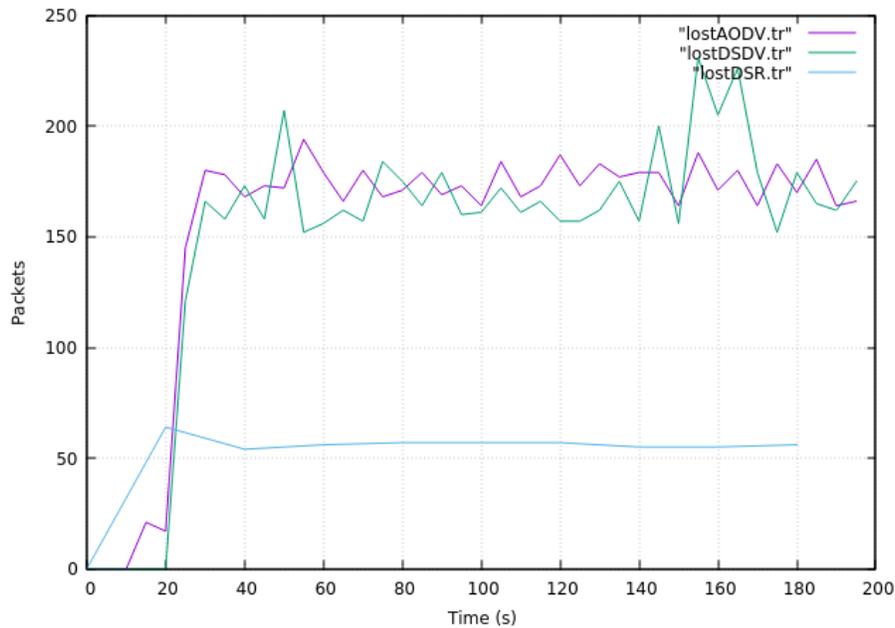


Figure 3.4 Evolution des pertes en fonction du temps pour différents protocoles pour 15 nœuds fixe

D'après les résultats obtenus dans la figure, on peut remarquer que la différence est bien claire entre le protocole de routage. On peut dire que le protocole de routage DSR présente des pertes plus faibles (presque 60 paquets perdus au sein du temps de la simulation). Alors que, pour le protocole de routage les pertes des paquets sont moyennes (175 paquets perdus). Le protocole de routage DSDV donné plus des paquets perdus (jusqu'à 230 paquets perdus).

### Le délai

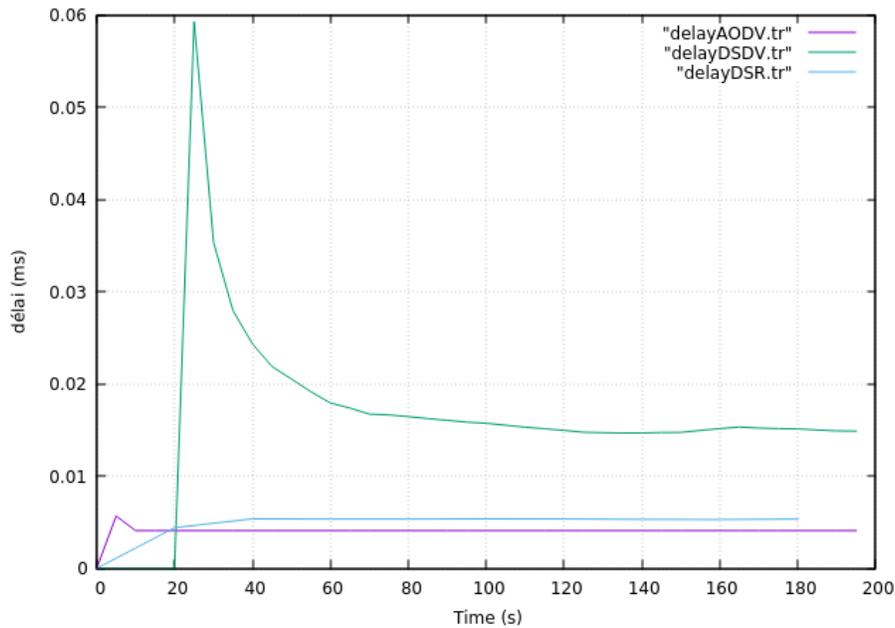


Figure 3.5 Evolution de délai en fonction du temps pour différents protocoles pour 15 nœuds fixe

D'après la figure, nous remarquons que la différence du délai est bien visible pour les trois types de protocoles. En effet, les résultats obtenus montrent que le protocole DSDV atteint le délai le plus grand par rapport les deux autres protocoles (AODV et DSR).

### *Pour 30 nœuds fixes*

Dans cette partie et dans le but d'assurer le fonctionnement des protocoles du routage, nous avons réalisé un réseau moins chargé avec l'augmentation de nombre des nœuds à 30 nœuds.

Le débit

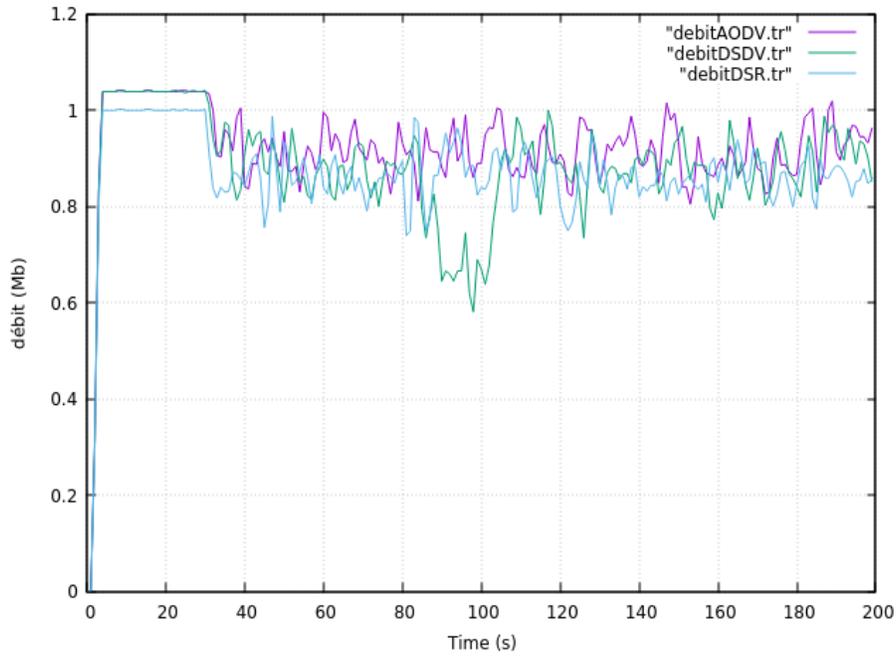


Figure 3.6 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 30 nœuds fixe

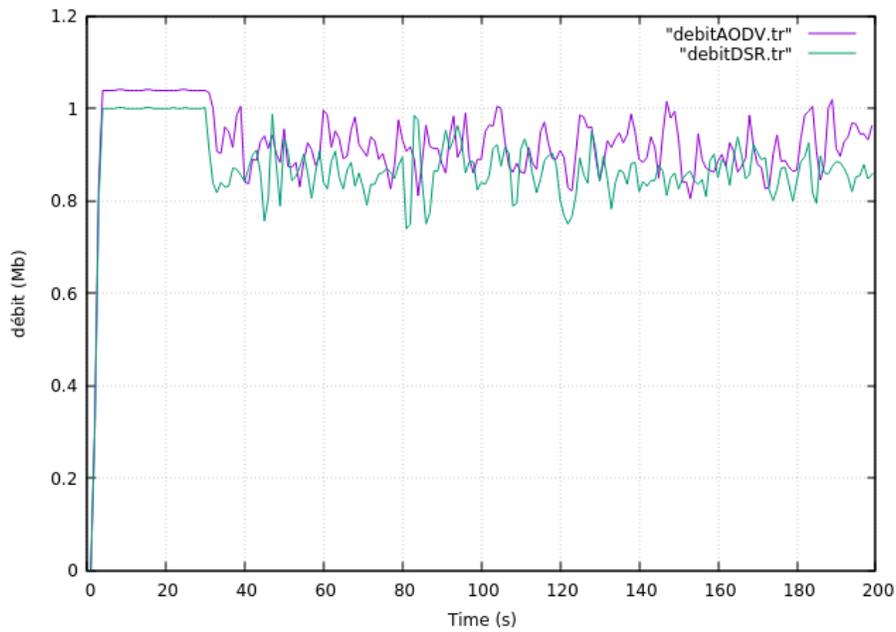


Figure 3.7 Evolution de débit en fonction du temps pour AODV et DSR pour 30 nœuds fixe

D'après les résultats nous remarquons que le débit de protocole DSDV donne des résultats mauvais par rapport aux autres protocoles (AODV et DSR).

D'après les résultats aussi on remarque que la moyenne de deux protocoles (AODV et DSR) est restée presque la même avec une petite priorité pour le protocole AODV malgré l'augmentation du nombre des nœuds. D'autre part on remarque que le débit est moins dégradé à celui de scénario de 15 nœuds.

### Les pertes

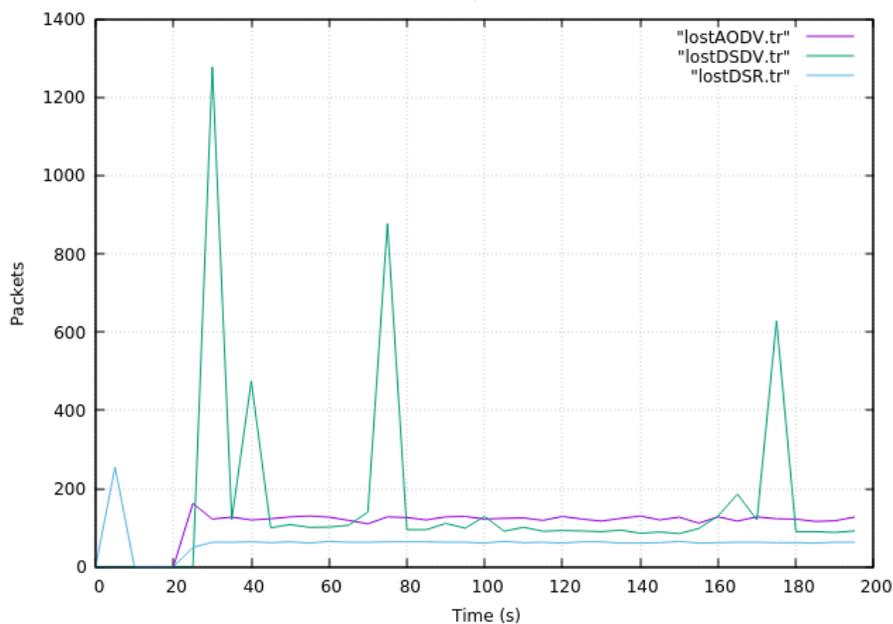


Figure 3.8 Evolution des pertes en fonction du temps pour différents protocoles pour 30 nœuds fixe

D'après les résultats des pertes on remarque que, les résultats obtenus avec le protocole DSR sont meilleurs que les résultats d'AODV, le protocole DSDV marque une grande quantité de pertes de paquets tel que le protocole DSDV marque presque 1200 paquets perdus et la différence entre les résultats de scénario de 15 nœuds et 30 nœuds est plus grande, et pour le protocole AODV marque presque 170 paquets perdus durant le temps de simulation, les résultats de protocole DSR sont les meilleurs avec 80 paquets perdus.

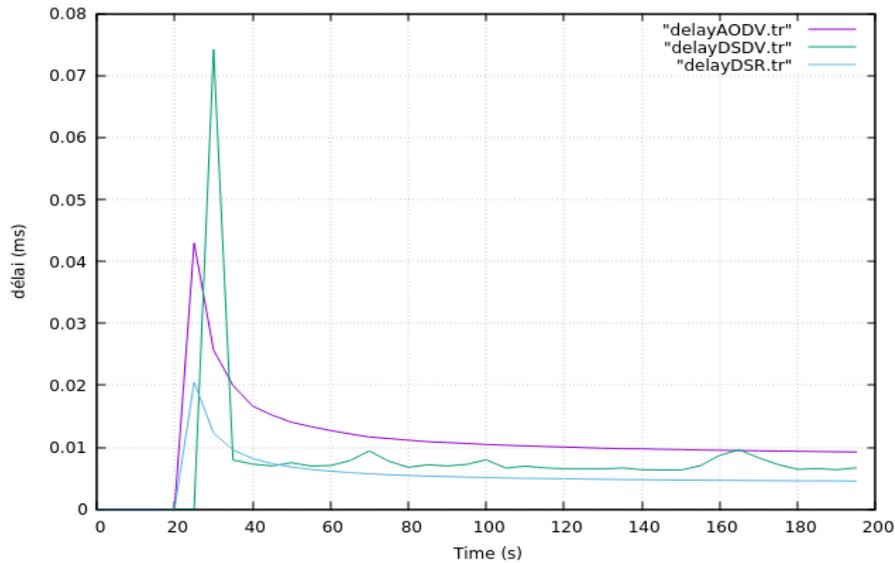
Le délai

Figure 3.9 Evolution de délai en fonction du temps pour différents protocoles pour 30 nœuds fixe

D'après la figure on peut dire que les meilleurs résultats obtenus sont les résultats de protocole DSR qui prend le plus court chemin vers la destination grâce à son mécanisme de détermination de route le plus court, le protocole DSR trouve le chemin avant d'envoyer les paquets. Donc ce mécanisme est très efficace dans un réseau chargé. Le protocole AODV est resté avec une moyenne de délai durant la simulation. Les résultats de protocole DSDV sont plus loin à ces deux protocoles que marquent des résultats mauvais avec un grand délai, donc le mécanisme de protocole DSDV est utilisé plus de sauts pour arriver à la destination et ça explique le grand délai obtenu.

*Pour 70 nœuds fixes*

*Le débit*

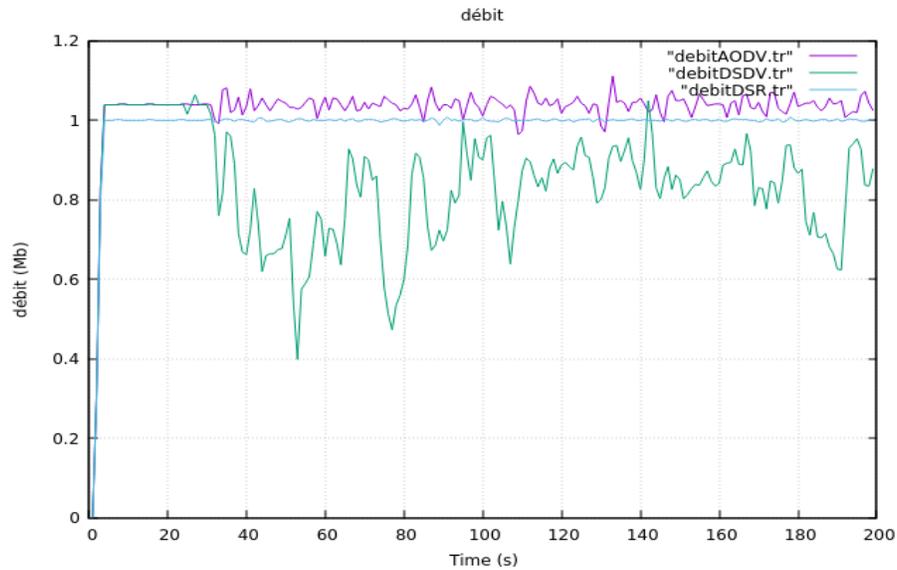


Figure 3.10 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 70 nœuds fixe

On remarque que les résultats de débit pour le protocole DSDV sont très faibles par rapport aux protocoles (AODV et DSR). On remarque que le protocole AODV est donné un débit mieux que le débit de protocole DSR, la mise à jour des tables de routage pour le protocole AODV permet de donner un bon débit dans un réseau chargé avec 70 nœuds.

Le débit donné avec le protocole DSR est plus stable (1MP dans tous le temps de simulation) que le débit d'AODV, que donner un débit entre (1MP – 1.1MP).

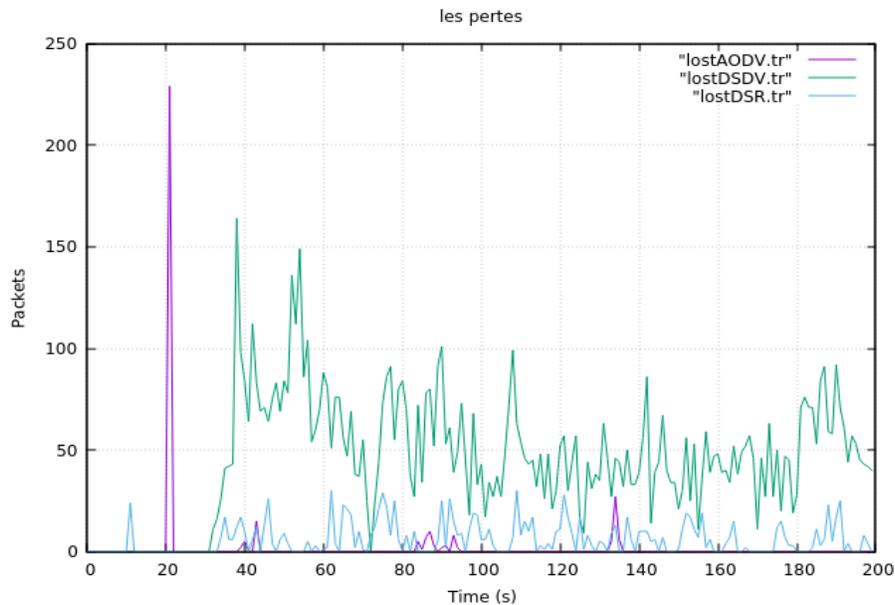
Les pertes

Figure 3.11 Evolution des pertes en fonction du temps pour différents protocoles pour 70 nœuds fixe

D'après les résultats du graphe, nous remarquons que, en général, le protocole AODV donne la meilleure performance et une perte plus faible. Dans les premiers 20 secondes, le protocole AODV essaie de faire la mise à jour de la table de routage et cela explique les pertes élevées du protocole. Après le temps de faire des mises à jour des tables de routage, le protocole AODV détermine le meilleur chemin vers la destination, donc un moins des sauts, donc une faible perte.

Pour les deux autres protocoles DSDV et DSR, nous remarquons que le protocole DSDV donne des pertes élevées durant tout le temps de simulation par rapport au protocole DSR, qui donne des pertes moyennes et acceptables.

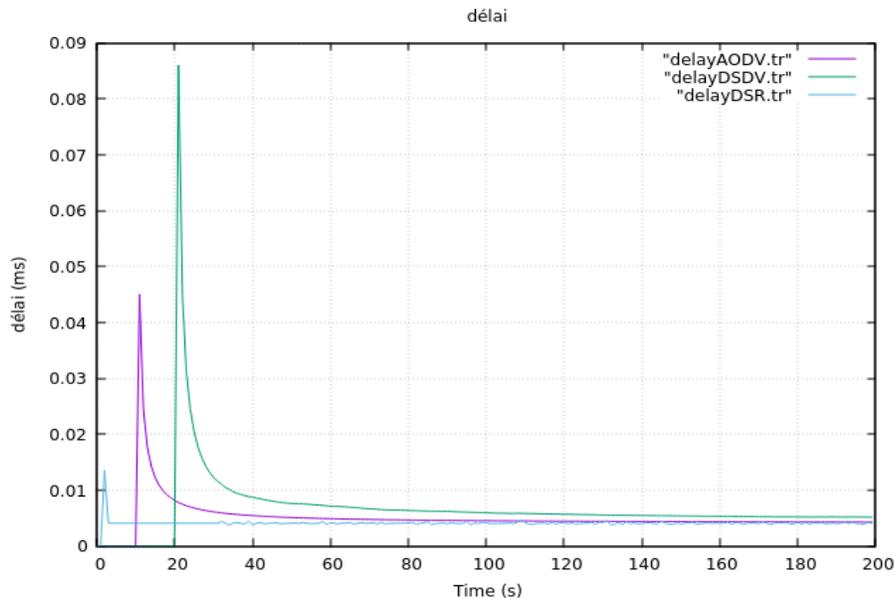
Le délai

Figure 3.12 Evolution de délai en fonction du temps pour différents protocoles pour 70 nœuds fixe

D'après la figure de délai on voit que la différence est bien visible telle que DSR donne les meilleurs résultats, et AODV donne des résultats acceptables, et les résultats de DSDV sont loin des résultats obtenus de AODV et DSR.

D'après les résultats obtenus dans ce premier scénario de simulation, nous constatons que le protocole DSR donne le meilleur comportement. Ce protocole de routage permet d'obtenir un minimum de perte de paquets, et un débit élevé et stable. Ainsi que le protocole AODV permet de donner des résultats plus proches de celui de DSR. Ce protocole se comporte donc globalement assez satisfaisamment, grâce à ces mécanismes bien améliorés. Par conséquent nous pouvons dire que les deux protocoles sont très similaires en termes de qualité de service et performances.

### 3.5.2. Deuxième Scénario

Dans le deuxième scénario de simulation, nous avons effectué la mobilité des nœuds sur le même réseau précédent, pour voir les performances des protocoles de routage (AODV, DSDV et DSR) dans le cas de la mobilité des nœuds.

Donc on garde les mêmes paramètres de simulation de scénario1, juste en utilisant une mobilité aléatoire, qui vont être considérés comme des clients.

Paramètres	Valeurs
nombre nœuds	15, 30, 70
La mobilité des nœuds	Mobile
La dimension de topographie	500*500 m
Les protocoles de routage	AODV, DSDV, DSR
DataRate	11Mb
MAC type	Mac/802_11
SIFS	10us
DIFS	50us
A slot time	20us
CWmin	31
CWmax	1023
APreambleLength	144 bit
APLCPHeaderLength	48 bits
Traffic	CBR
Taille du Paquet	512 octets
Bit rate	1Mbps
Temps de simulation	200s

Tableau3.2 Paramètres de simulation (scénario 2).

Trois métriques sont utilisées afin d'évaluer notre simulation, ce sont les critères les plus pertinents et les plus utilisés pour évaluer les performances d'un QoS. En effet, nous avons étudié l'effet de la mobilité des nœuds pour les différents nombres de nœuds (15, 30 et 60).

Dans une topologie mobile, la manière de trouver une route pour atteindre une destination est très importante. Dans cette situation, le nœud veut émettre des données, il cherche sa destination puisque la topologie est mobile il ne va pas la trouver facilement donc chaque protocole de routage va utiliser ce mécanisme pour essayer de trouver la destination dans un temps limité pour assurer une bonne performance de réseaux.

### *Pour 15 nœuds mobiles*

#### *Le débit*

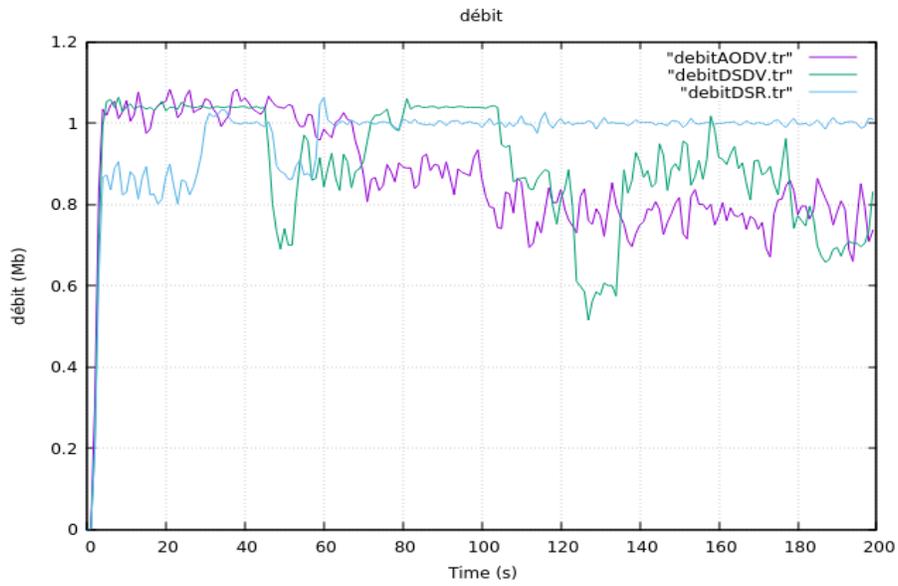


Figure 3.13 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 15 nœuds mobile

Selon cette figure, il montre que le DSR donne un bon débit par rapport aux autres protocoles. DSR sélectionne le meilleur chemin vers la destination avec un petit nombre de sauts et a un acheminement minimal car il est de nature réactive et ne construit pas de table de routage.

Les pertes

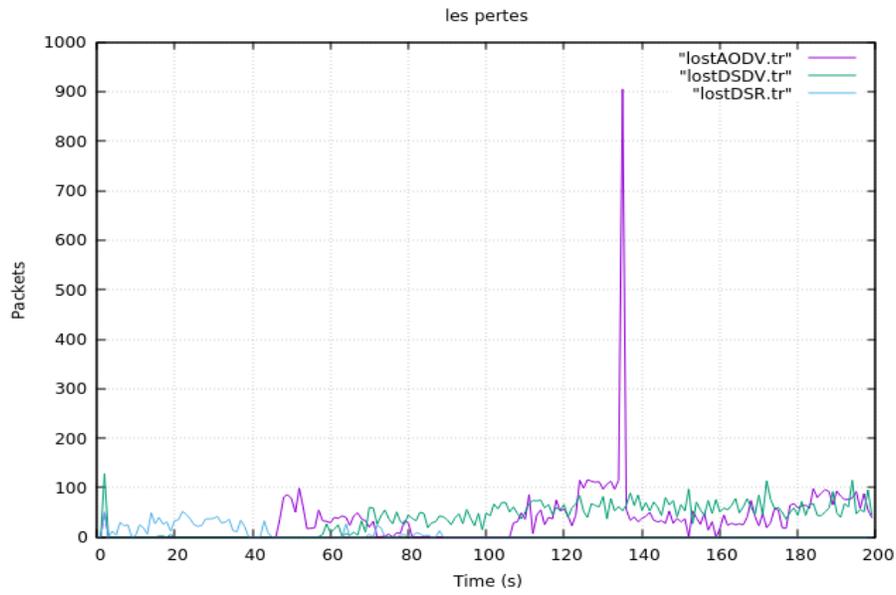


Figure 3.14 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 15 nœuds mobile

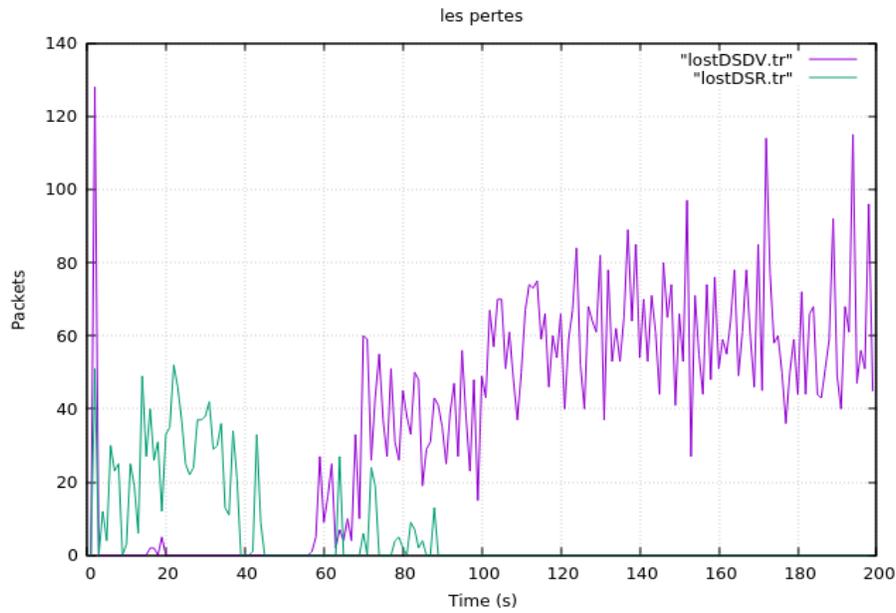


Figure 3.15 Evolution des pertes en fonction du temps pour DSDV et DSR pour 15 nœuds mobile

La différence est bien visible sur les deux courbes entre les trois protocoles. Sur la première figure AODV se retrouve le numéro 1 des paquets perdus. DSDV assure moyennement la préservation des paquets. DSR a une perte presque négligeable.

Ces deux derniers ont un comportement presque identique malgré l'augmentation de la mobilité. Par contre, AODV perd de plus en plus de paquets avec une forte mobilité à cause des chemins qui ne restent plus valides.

### Le délai

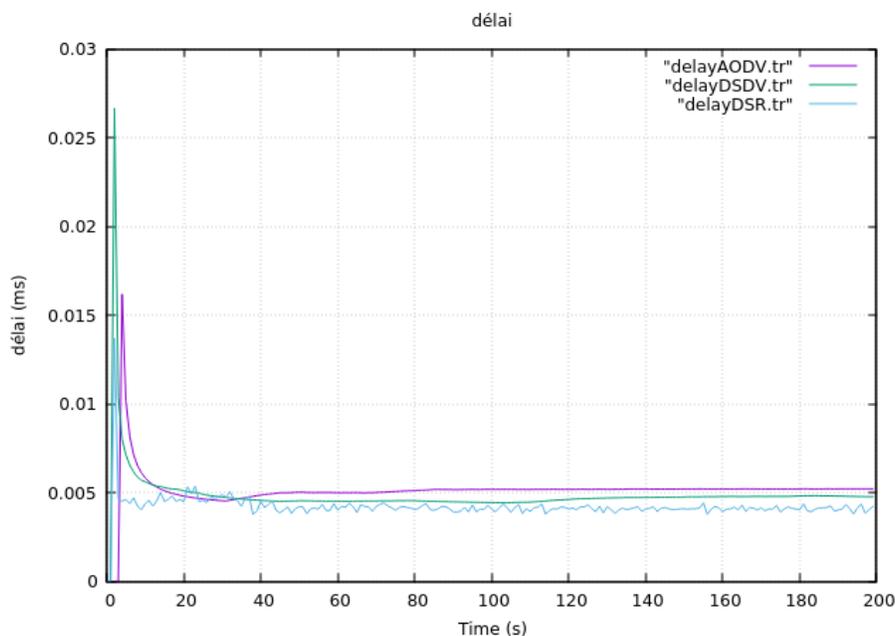


Figure 3.16 Evolution de délai en fonction du temps pour différents protocoles pour 15 nœuds mobile

D'après la figure est bien claire que le délai le plus faible est celui de protocole DSR, car il est choisie les plus courts chemins. L'opération de découverte de routes de protocole DSR est bien réussie, pour les deux autres protocoles DSDV et AODV prends un temps de mise à jour des tables de routage avant de découvrir la route, et après cette période tous les protocoles donnent un délai convergé.

*Pour un scenario de 30 nœuds mobile*

*Le débit*

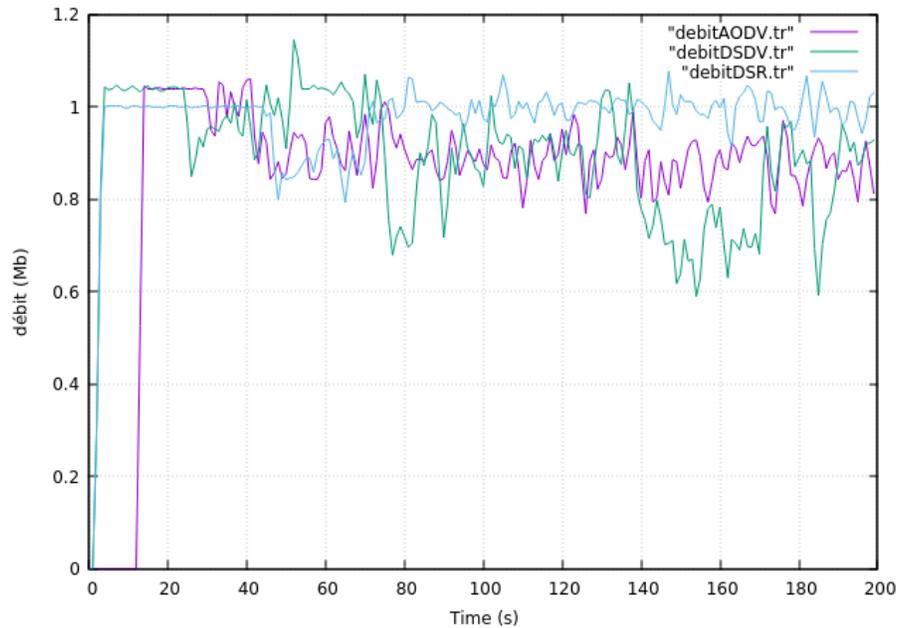


Figure 3.17 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 30 nœuds mobile

D'après les deux figures ci-dessus, nous remarquons que le protocole de routage DSR offre un meilleur débit que les deux autres protocoles de routage DSDV et AODV. La stabilité du débit montre que le protocole DSR est bien performant que les deux autres protocoles (DSDV et DSR).

Les pertes

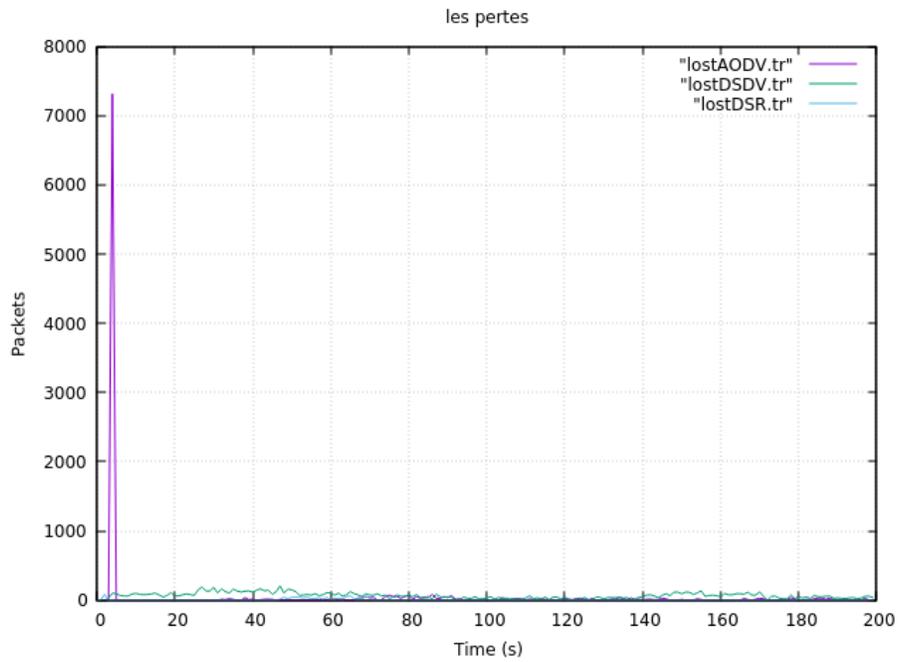


Figure 3.18 Evolution des pertes en fonction du temps pour différents protocoles pour 30 nœuds mobile

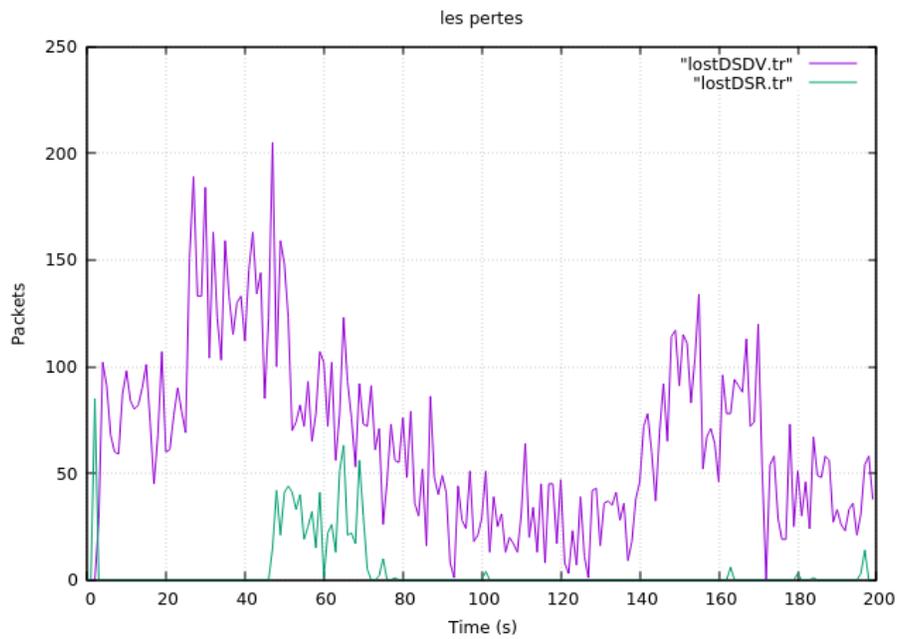


Figure 3.19 Evolution des pertes en fonction du temps pour DSDV et DSR pour 30 nœuds mobile

D'après les deux figures ci-dessus les résultats des pertes des paquets de protocole AODV est trié loin que les résultats des autres protocoles. Nous remarquons aussi que la moyenne des résultats de protocoles DSR offre une perte des paquets négligeable durant le temps de simulation malgré on augmente le nombre des nœuds mobiles à 30 nœuds dans notre réseau. Les résultats de, protocoles DSDV est resté moyenne est acceptable.

### Le délai

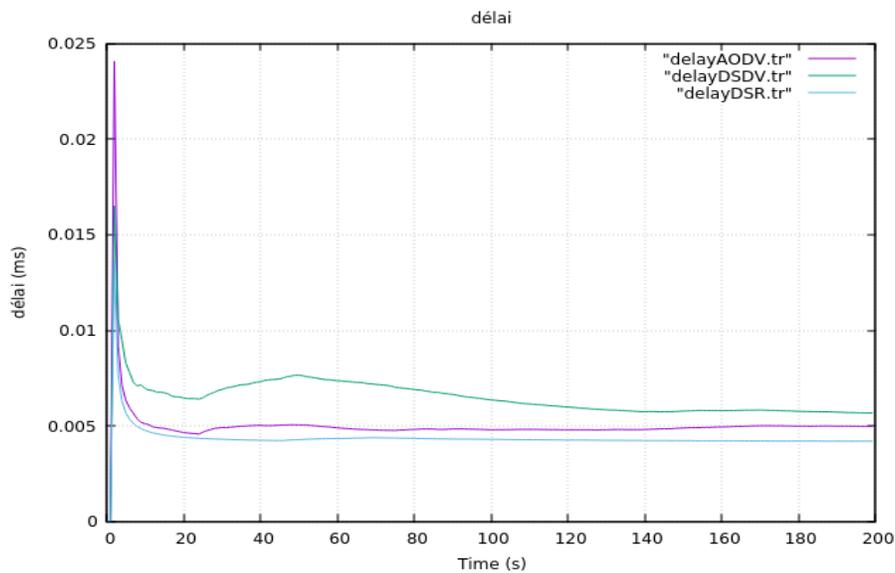


Figure 3.20 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 30 nœuds mobile

Les résultats montrent qu'en général, DSR a un meilleur taux de transfert de paquets que DSDV et AODV. En effet, le mécanisme proactif de DSDV l'oblige à utiliser beaucoup de paquets de contrôle pour mettre à jour continuellement la table de routage ce qui diminue le taux des vrais paquets de données. AODV performe moins que DSR, car les délais de mises à jour de tables de routage doivent être attendus plus de temps pour mettre à jour les tables de routage.

### *Pour un scenario de 70 nœuds mobile*

Dans ce cas on augmente le nombre des nœuds mobile jusqu'à 70 nœuds et ça permet de réaliser un réseau chargé, donc la différence entre les protocoles de routage va bien déterminer car découvrir des chemins pour faire le routage est difficile.

### Le débit

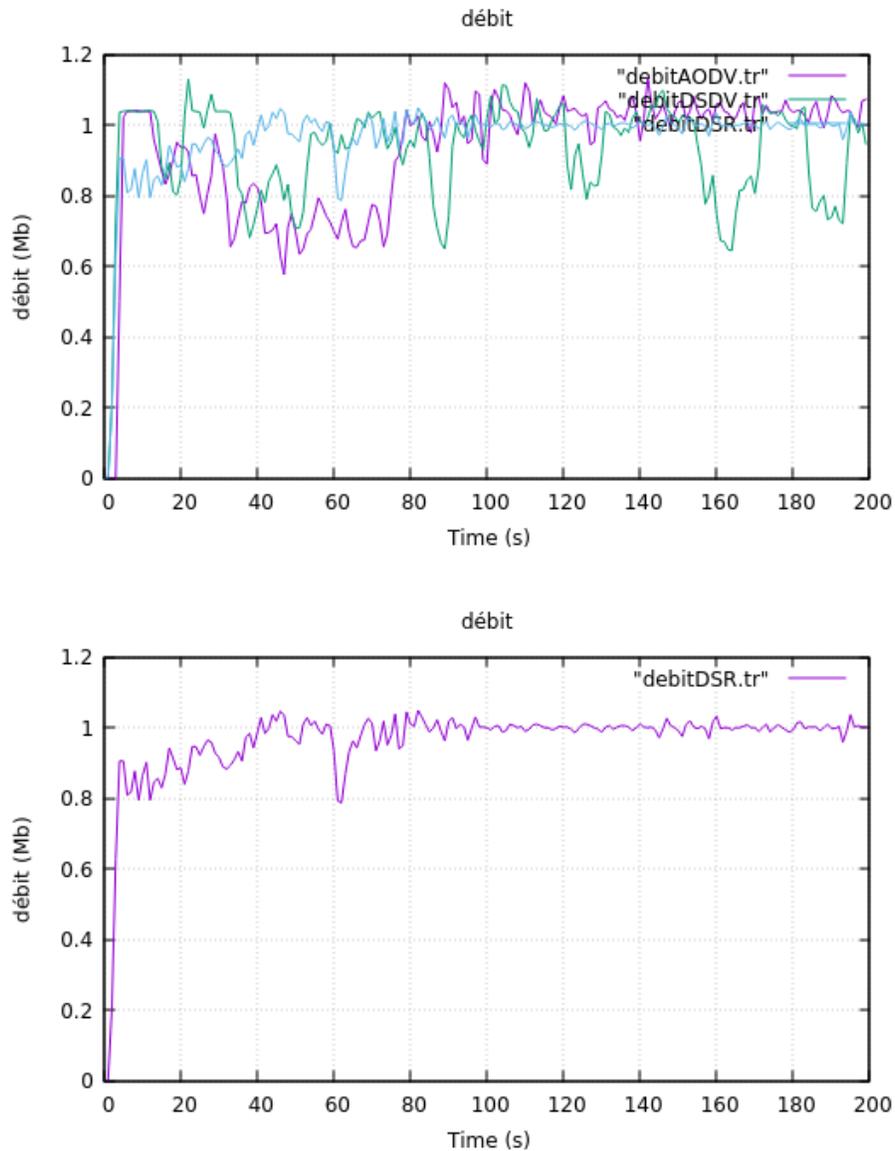


Figure 3.21 Evolution de débit en fonction du temps pour différents protocoles pour 70 nœuds mobile

Les résultats de simulation montre que le débit offre par le protocole DSR est la meilleur, le protocole DSR assure une bonne liaison avant d’envoyer les paquets, et ca montre que le protocole offre un débit plus élevé. Lorsque on augment les nombre des nœuds les paquets de control des protocoles est augment pour trouver le meilleur chemin ver la destination, donc la mise a jour es table de routage prends plus de temps pour faire la mise a jour, donc un plus de temps pour trouver le meilleur chemin ver la destination, et ca expliqué les résultats des protocoles AODV et DSDV. Tell qu’après ce temps le protocole AODV offre un bon débit, et marque un débit mielleux que le protocole DSR.

Les pertes

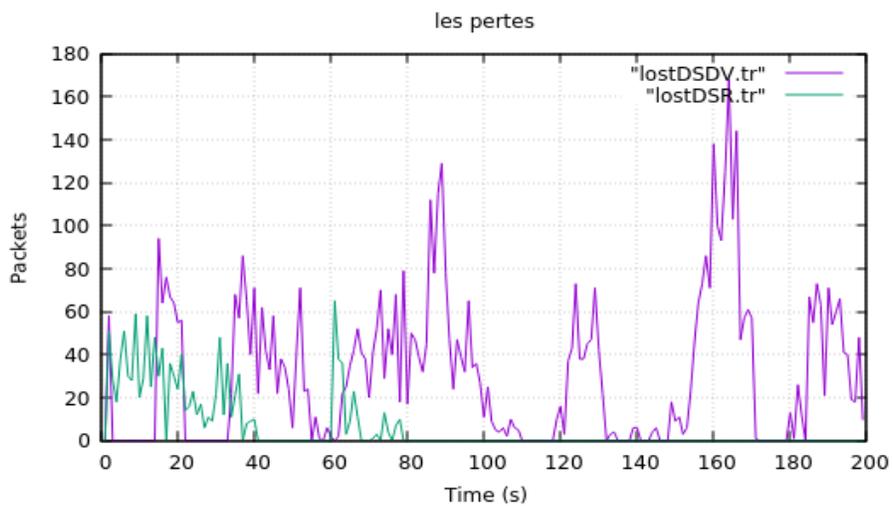
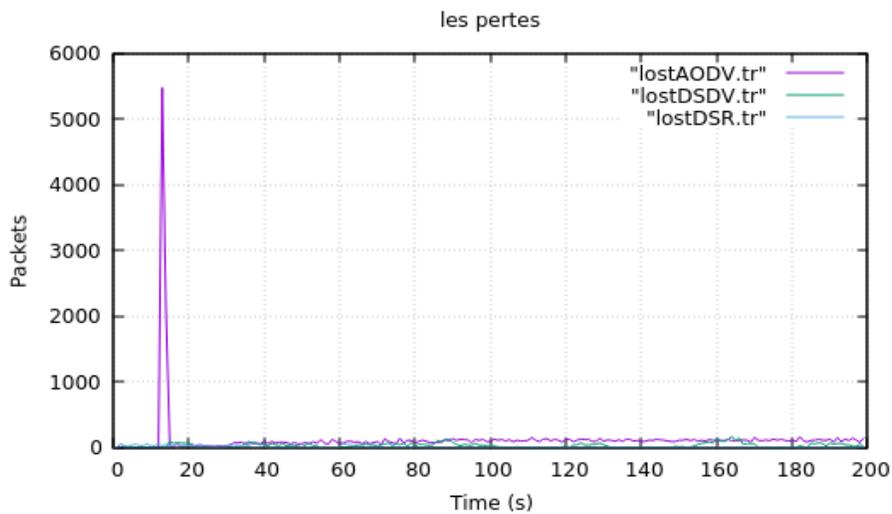
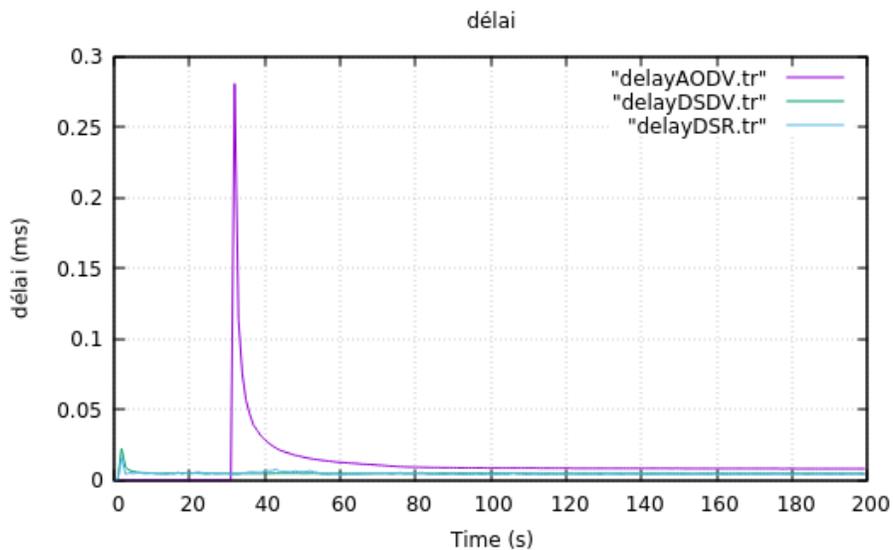


Figure 3.22 Evolution des pertes en fonction du temps pour différents protocoles pour 70 nœuds mobile

On remarque que le protocole AODV donner une mauvaise congestion pour les pertes des paquets par rapport les deux autre protocoles elle arrive jusqu'a (5000 paquets perdue).

Toujours les résultats marquer pour le protocole DSR est le plus performant, et donner des valeurs de pertes on générale négligeable (<60 paquets perdus). Le protocole DSDV donner des résultats moyenne et acceptable, une moyenne des pertes arrive jusqu'à (180 paquets perdus).on dit que le résultat de DSDV est aussi bien performant.

### Le délai



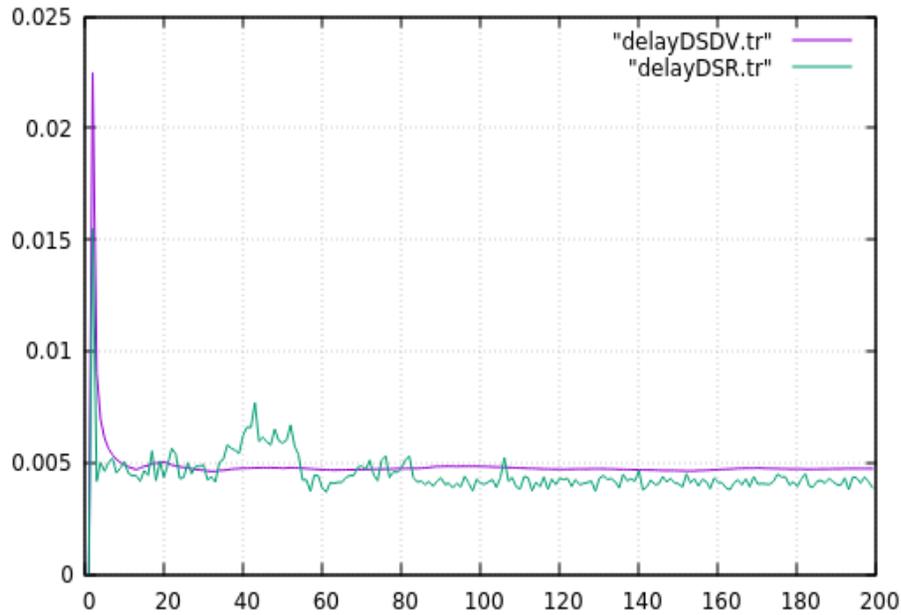


Figure 3.23 Evolution de délai en fonction du temps pour différents protocoles pour 70 nœuds mobile

Les résultats donner pour le protocole AODV offre un délai trie grand et trie loin a les résultats de DSDV et DSR, car il est choisi le chemin le plus long grâce à ca algorithme de routage utilisé .on remarque que le protocole DSR est trouver le plus court chemin dans une courte tempe, par contre le protocole DSDV est fallu une grande tempe pour trouver son meilleur chemin.

### 3.5.3. Etude comparative entre les deux scenarios

Le tableau ci-dessus résume les résultats obtenu des pertes, débit et délai pour les trois protocoles de routage (AODV, DSDV et DSR). Ces résultats sont obtenus pour les deux scenarios : nœuds fixe et mobile. Le nombre des nœuds est 70.

	Scenario 1			Scenario 2		
	AODV	DSDV	DSR	AODV	DSDV	DSR
Pertes des parquets	225	150	20	180	160	30
Débit (Mb)	1.1	0.8	1	0.8	0.8	0.9
Délai (ms)	0.045	0.085	0.005	0.5	0.0125	0.0125

Tableau 3.3 Les valeurs des pertes, débit et délai pour les trois protocoles de routage. Le nombre des nœuds est 70.

D'après les résultats obtenu, nous remarquons que, le protocole DSR donne la meilleure performance par rapport les deux autre protocoles de routage. Pour ce protocole, les pertes de paquets est faible (de l'ordre de 20) et donc moins des paquets est perdus. Ainsi que pour ce protocole, un débit élevé et un court délai de transmission est obtenus. En effet, pour ce protocole, nous avons obtenus 20 paquets perdus dans le premier scenario et 30 paquets perdus pour le deuxième scenario. Nous pouvons dire donc que ces pertes des paquets sont négligeable par rapport les deux autre protocoles. Alors que, pour le protocole AODV, le nombre des paquets perdus est de 225 paquets pour le premier scenario et 180 pour le deuxième scenario. Pour le protocole DSDV, le nombre des paquets perdus est de 150 paquets le premier scenario et 160 pour le deuxième scenario. Par conséquent, les résultats montre que la différence entre le protocole DSR et les deux autre protocoles est bien clair, et le protocole DSR est plus performant par rapport aux protocoles AODV et DSDV.

### 3.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié la qualité de service (QoS) des protocoles de routage DSDV et AODV. Cette qualité a été mesurée à l'aide de différents critères, a savoir : le débit, les pertes de paquets et le délai ainsi que deux scénarios différents pour les nœuds : fixe et mobile pour 15,30 et 70 nœuds.

Les résultats obtenus montrent que le meilleur comportement que nous avons enregistré est celui de DSR. Cet algorithme proactif requiert un minimum de paquets de control pour acheminer un maximum de données avec une perte presque négligeable, nous avons enregistré un maximum des paquets perdus de (60 paquets) dans le cas des nœuds fixe, et (30 paquets) dans le cas de mobilité des nœuds. Par rapport le débit de protocole DSR nous avons marqué presque les même valeurs dans tous les cas de simulation, et nous avons marqué (1 Mb) comme une valeur moyen. Par rapport les valeurs de délai nous remarque que le délai est augmente lorsque le nombre des nœuds est augment. La diversité des scénarios appliqués à cet algorithme, ne semble pas beaucoup l'impacter. Il arrive à garder presque toutes ses valeurs pour une grande

mobilité ou dans un réseau dense. Le protocole AODV affiche également de meilleures performances que DSDV en cas des nœuds fixe, tel que au niveau de pertes des paquets, le protocole AODV marqué (175 paquets perdus) comme une valeur maximale, par contre le protocole DSDV est arrivé jusqu'à (600 paquets perdus). Dans le cas des nœuds mobile les résultats de protocole DSDV est plus performant que le protocole AODV. Tell que, nous avons enregistré (100paquets perdus) comme une valeur maximal pour le protocole DSDV et (7000 paquet perdus) pour le protocole AODV. D'après tous les résultats obtenu on conclue que, les résultats de protocole DSR est donné la meilleur performance par rapport les deux autre protocoles. Sur un ordre général, le protocole DSR emporte la première place par rapport à tous les résultats que nous avons enregistrés durant nos simulations.

# Conclusion Générale

Ce travail présente l'étude du problème de routage dans les réseaux sans fil. Notre étude offre principalement une étude synthétique des travaux de recherche qui ont été fait, et qui se font à l'heure actuelle, dans le but de résoudre le problème d'acheminement de données entre les hôtes mobiles et fixe et avec un meilleur performance et bon qualité de service du réseau ad hoc sans fil. Comme nous allons voir le problème de routage est très compliqué, cela est dû essentiellement à la propriété qui caractérise les réseaux sans fil.

Tout au long de ce mémoire, nous avons tout d'abord présenté le problème de routage dans les réseaux sans fil et distingue le protocole de routage le plus performant. Dans un premier temps nous avons présenté les réseaux sans fil en générale et donné leur caractéristique. Puis nous avons exposé la définition de la qualité de service d'un réseau sans fil. Les performances et la qualité de service sont les principales caractéristiques sur lesquelles les travaux de recherche proposant d'améliorer les performances des réseaux sans fils avec les protocoles de routage.

Durant les deux phases de notre étude théorique et simulation, nous nous sommes rendu compte que le protocole réactif DSR se comporte globalement d'une manière assez satisfaisante par rapport aux deux autres. Il craint les fortes mobilités ainsi que les flux de données importants où il enregistre une perte de paquets en générale est négligeable par rapport au volume des données et la densité de réseau, et un débit élevé et un temps d'acheminement plus court dans les déférant cas de notre simulation. En le comparant à AODV qui est de la même catégorie nous avons constaté qu'ils ont presque les mêmes tendances sur un ordre général. Les résultats de protocoles proactif DSDV assez très loin pour donner plus au domaine des réseaux sans fil.

La maintenance de la route et le mécanisme de découvert de la route pour le protocole de routage DSR lui permet de donner la meilleure performance par rapport les deux autres protocoles.

Ce travail de préparation des simulations nécessite beaucoup de recherche et de développements. Notre modeste contribution a besoin d'être élargie avec des simulations sur d'autres paramètres. Pour améliorer les stratégies de routage existantes, comme perspective on propose l'étude un protocole de routage hybride entre les protocoles proactifs et réactifs qui doivent prendre en compte les limitations des réseaux sans fils et offrir une meilleure évaluation de performance à la mobilité de ces environnements.

## Références bibliographiques

- [1] Bouazzaoui Samira ,Dekali Zahira. « Conception des reseaux sans fils ieee 802.11 en modes infrastructure et ad hoc», Mémoire de master. Université abou bekr belkaid.2016.
- [2] Saida Hedna. « Gestion De L'économie D'énergie Dans Les Réseaux Sans Fil 802.11 Ad Hoc». Mémoire de fin d'études. Université El Hadj Lakhdhar 2011
- [3] Belabdelli Abdelheq,Oukaz Mokhtar . « Dimensionnement D'un Réseau Sans Fil Wifi », Mémoire de fin d'études. Universite abou bekr belkaid .2012.
- [4] Julien Henaut. « Architecture de traitement du signal pour les couches physiques très haut débit pour les réseaux de capteur :Application à la métrologie dans un contexte aéronautique et spatial », Thèse doctorat. Université de Toulouse. 2013
- [5] Katia Runser. « Méthodologies pour la planification de réseaux locaux sans-fil.», Thèse doctorat 27. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.2005
- [6] Lucien Loiseau. « De l'exploitation des réceptions opportunistes dans les mécanismes de relayage pour les réseaux sans fil».Thèse doctorat. Université de Rennes 1.2013
- [7] Emmanuel Tonye,Landry Ewoussoua. «Plannification et ingenieurie des reseaux de telecoms», Mémoire de Master pro 2. University of yaounde I.2013
- [8] Tarek Bejaoui. « Gestion des ressources et Qualité de Service dans les réseaux mobiles multimédias », Thèse doctorat. Université Paris-Sud XI.2005
- [9] Didi née Lahfa Fedoua . « Qualité de Service dans les réseaux locaux sans fil de type IEEE 802.11 », Thèse doctorat. Université Abou Bekr Belkaid.2010 .
- [10] Dufresne Loïc. «Quel est l'effet de la QoS sur des petits réseaux de labo ?», Thèse doctorat. Haute école d'ingénierie et d'architecture fribourg.2018 .

- [11] Emna Trigui. « Gestion multi-agents du spectre pour des terminaux mobiles à radio cognitive », Thèse doctorat. Université de technologie Troyes.2013 .
- [12] Mohamed Lamine Lamali . «Qualité de service et calcul de chemins dans les réseaux inter-domaine et multicouches», Thèse doctorat. Université de Versailles Saint-Quentin.2015.
- [13] Antoine Mahul. « Apprentissage de la qualité de service dans les réseaux multiservices: applications au routage optimal sous contraintes », Thèse doctorat. Université Blaise pascal - clermont-ferrand II. 2012.
- [14] Bouatia Wassila,Meziane Tani Fadia Selma. «étude et evaluation des performances du réseau wifi mesh (802.11s)». Mémoire de fin d'études. Université *abou bakr belkaid*. 2013.
- [15] Bessaih Aldja, Bouchakel Siham. «Routage et simulation dans les réseaux mobiles ad hoc», Mémoire de Fin de cycle. Université de bejaia.2017.
- [16] Kyeongja Lee. «Global QoS model in the ISP networks: DiffServ aware MPLS Traffic Engineering», Thèse doctorat. Université des sciences et technologies de lille.2006.
- [17] Ismail Adel Djama. «Adaptations inter-couches pour la diffusion des servicesvidéo sans fil Cross-Layer Adaptations for wireless video streaming services», Thèse doctorat. université bordeaux I.2008.
- [18] Boudour Ouissem-eddine Amir. «Conception et implémentation d'un outil de simulation de la QoS dans un réseau IP», Mémoire Master.Université mohamed Boudiaf.2008.
- [19] Said Hoceini . «Techniques d'Apprentissage par Renforcement pour le Routage Adaptatif dans les Réseaux de Télécommunication à Trafic Irrégulier», Thèse de doctorat, Université de PARIS XII – VAL DE MARNE.2005.
- [20] David Gauchard . «Simulation hybride des réseaux IP-DiffServ-MPLS multi-services sur environnement d'exécution distribuée», Thèse doctorat. Université Toulouse III.2005.
- [21] Guerrou el-Hachemi . «Optimisation des Protocoles de Routage avec la méthode de Colonie de Fourmis ». Mémoire de fin d'études. Institut National de formation en Informatique.2007.

- [22] Kamil Chebira, «Etude et analyse de la stabilité des protocoles de routage dans les réseaux ad-hoc» , Mémoire de Magister, Université Hadj Lakhdar BATNA, 2007
- [23] M .Bouzaher Abdelaziz, « Approche agent mobile pour l'adaptation des réseaux mobiles ad hoc» Mémoire de Magister. Université Mohamed Khider Biskra. 2013.
- [24] N. Boukhechem, «routage dans les réseaux mobiles Ad Hoc par une approche à base d'agents», Mémoire Magister. Université Mentouri de Constantine.2008
- [25] Bessaih Aldja et Bouchakel Siham, «Routage et simulation dans les réseaux mobiles ad hoc», diplôme de master professionnel, Université A/Mira de Béjaia, 2017
- [26] Perkins, C. E., & Bhagwat « Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers ». In *ACM SIGCOMM computer communication review* (Vol. 24, No. 4, pp. 234-244). 2015
- [27] MISHRA, Shubhangi, DAS, Ashish Xavier, et JAISAWAL, A. K. «Effect of mobility and different data traffic in wireless ad-hoc network through qualnet». *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, vol. 2, no 5, p. 364-368. 2013
- [28] SUBRAMANYA BHAT, M., SHWETHA, D., et DEVARAJU, J. T. A «performance study of proactive, reactive and hybrid routing protocols using qualnet simulator». *International Journal of Computer Applications*, vol. 28, no 5, p. 10-17. 2011
- [29] The network simulator, NS version 2, <https://ns2tutor.weebly.com/>