

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE MATHÉMATIQUES ET  
DE L'INFORMATIQUE

DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE

N° :.....



DOMAINE : Mathématiques et  
Informatique

FILIERE : Informatique

OPTION : Réseaux

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique**

**Par: BOUDOUR Ouissem-eddine Amir**

**Intitulé**

**Conception et implémentation d'un outil de simulation  
de la QoS dans un réseau IP**

**Soutenu devant le jury composé de :**

Dr. SAYAD LAMRI	Université de M'sila	Président
Dr. LAMICHE CHAABANE	Université de M'sila	Rapporteur
Dr. R-MOKHTARI	Université de M'sila	Examineur

**Année universitaire : 2016 /2017**

# Remerciements

*Avant tout on tient notre remerciement à notre dieu tout puissant de nous avoir donné la foi, la force et le courage.*

*Nous tenons à remercier d'abord notre encadreur, **Dr. Chaabane Lamiche** pour avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour son aide, ses conseils, et ses remarques objectives qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.*

*Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi aux Messieurs le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.*

*Enfin nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# Dédicace

*À ma chère mère, que nulle dédicace ne puisse exprimer Ce que je vous dois, pour votre bienveillances, votre affectation et votre soutien morale durant l'élaboration de ce travail, En témoignage de mon profond amour et mes sincères reconnaissances pour les efforts qu'elle a consenti pour l'accomplissement de mes études,*

*À toutes mes sœurs et à tous les membres de ma famille .qui ont tous contribué par leurs encouragements ce travail.*

*À mes très chers amis Hacene, Abd el mouiz.*

*À tous mes collègues de la promo D013 surtout Islam, Lazhar, Nedjmo, Amine et Oussama ...*

*Et finalement à tous Ceux qui m'ont soutenu tout au long de ce projet.*

*Je vous dédie ce modeste travail.*

*BouDouR Ouissem-Eddine Amir*

# Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	2
CHAPITRE 1 GENERALITES SUR LES RESEAUX INFORMATIQUES .....	4
I.1 Introduction à la réseautique (Historique).....	4
I.2 Concept réseau .....	4
I.2.1 Définitions. ....	4
I.2.2 Intérêt d'un réseau .....	5
I.2.3 Les différents types de réseau .....	6
I.2.4 Les différents types de topologies des réseaux .....	6
I.2.5 La nécessité de l'interconnexion .....	9
I.2.6 Les équipements d'interconnexion.....	9
I.2.7 Les réseaux sans fil .....	11
I.3 Internet .....	12
I.3.1 Définition .....	12
I.3.2 Le fonctionnement de l'Internet .....	12
I.3.3 Le routage IP.....	13
I.3.4 Les services d'Internet.....	13
I.4 Conclusion de chapitre .....	14
II. CHAPITRE 2_QUALITE DE SERVICE DANS LES RESEAUX IP.....	16
II.1 Introduction .....	16
II.2 La qualité de service(QoS).....	16
II.2.1 Définitions .....	16
II.2.2 Importance de la qualité de service.....	18
II.2.3 Réseau à Commutation de Circuit .....	19
II.2.4 Réseau à Commutation de Paquets .....	19
II.2.5 Les critères de la QoS .....	19
II.2.6 Les outils de la qualité de service .....	22
II.3 Les mécanismes de la QoS.....	28
II.3.1 Surdimensionnement .....	28
II.3.2 Modèle IntServ .....	29
II.3.3 Protocole de réservation de ressources(RSVP) .....	30

II.3.4	Évaluation d'IntServ .....	30
II.3.5	Le modèle DiffServ .....	31
II.4	Conclusion du chapitre.....	34
III.	CHAPITRE 3 CONCEPTION ET REALISATION .....	36
III.1	Conception .....	36
III.1.1	Introduction .....	36
III.1.2	Exigences méthodologiques.....	36
III.1.3	Modèle fonctionnel .....	37
III.1.4	Modèle structurel.....	38
III.1.5	Modèle dynamique.....	39
III.1.6	Conclusion de la conception .....	43
III.2	Réalisation et implémentation.....	44
III.2.1	Introduction .....	44
III.2.2	Choix du langage et de l'environnement de développement intégré (EDI).....	44
III.2.3	Choix de StarUML .....	44
III.2.4	Choix de sécurité.....	44
III.2.5	Perspective .....	44
III.2.6	Interfaces et fonctionnalités de l'application .....	45
III.2.7	Conclusion de la réalisation .....	54
	CONCLUSION GENERALE .....	56

## TABLE DES ABRIVIATIONS

Abréviations	Description
<b>ARP</b>	<b>Address Resolution Protocol</b>
<b>BA</b>	<b>Behavior Aggregate</b>
<b>BE</b>	<b>Best Effort</b>
<b>CAN</b>	<b>Campus Area Network</b>
<b>CL</b>	<b>Controlled Load</b>
<b>DB</b>	<b>Data Base</b>
<b>DiffServ</b>	<b>Differential Services</b>
<b>DNS</b>	<b>Domain Name Service</b>
<b>DSCP</b>	<b>Diffserv Code Points</b>
<b>ECN</b>	<b>Explicit Congestion Notification</b>
<b>EDI</b>	<b>Education Development International</b>
<b>FA</b>	<b>File d'Attente</b>
<b>FIFO</b>	<b>First-In First-Out</b>
<b>FQ ou RR</b>	<b>Fair Queuing ou Round Robin</b>
<b>GNU</b>	<b>Gnu's Not Unix</b>
<b>GPRS</b>	<b>General packet Radio Service</b>
<b>GS</b>	<b>Guaranteed Service</b>
<b>GSM</b>	<b>Groupe Spéciale Mobile</b>
<b>HTTP</b>	<b>Hyper Text Transfert Protocol</b>
<b>IBM/SNA</b>	<b>International Business Machines Corporation/Systems Network Architecture</b>
<b>IETF</b>	<b>internet engineering task force</b>
<b>Internet</b>	<b>international Network</b>
<b>IntServ</b>	<b>Integrated Services Model</b>
<b>IP</b>	<b>Internet Protocol</b>
<b>IPD</b>	<b>IP Destination</b>
<b>IPS</b>	<b>IP Source</b>
<b>ipv6</b>	<b>Internet Protocol Version 6</b>
<b>LAN</b>	<b>Local Area Network</b>
<b>MAC</b>	<b>Macintosh</b>

<b>MAN</b>	<b>Metropolitan Area Network</b>
<b>MAU</b>	<b>Multi station Access Unit</b>
<b>MF</b>	<b>Multi-Field</b>
<b>MIC</b>	<b>modulation a impulsion codée</b>
<b>NIC</b>	<b>Network Interface Card</b>
<b>NS2</b>	<b>Network Simulator 2</b>
<b>OpNet</b>	<b>Optimized Network Engineering Tool</b>
<b>OS</b>	<b>Operation System</b>
<b>OSI</b>	<b>Open Systems Interconnection</b>
<b>PC</b>	<b>Personal computer</b>
<b>POP</b>	<b>Post Office Protocol</b>
<b>portD</b>	<b>Porte Destination</b>
<b>portS</b>	<b>Porte Source</b>
<b>PQ</b>	<b>Priority Queuing</b>
<b>QoS</b>	<b>Quality of service</b>
<b>RED</b>	<b>Random Early Detection</b>
<b>RIO</b>	<b>RED with In and Out</b>
<b>RLE</b>	<b>Local d'Entreprise</b>
<b>RSVP</b>	<b>Resource Reservation Protocol</b>
<b>SGBD</b>	<b>Système de Gestion des Bases de Données</b>
<b>SLA</b>	<b>Service Level Agreement</b>
<b>SMTP</b>	<b>Simple Mail Transfert Protocol</b>
<b>TAN</b>	<b>Tiny Area Network</b>
<b>TCP</b>	<b>Transmission Control Protocol</b>
<b>Telnet</b>	<b>Télécommunications Network</b>
<b>TOS</b>	<b>Type Of Service</b>
<b>UDP</b>	<b>User Datagram Protocol</b>
<b>UIT</b>	<b>Union Internationale des Télécommunications</b>
<b>UML</b>	<b>Unified Modeling Language</b>
<b>UMTS</b>	<b>Universal Mobile Telecommunications System</b>
<b>UNIX</b>	<b>Uniplexed Information and Computing System</b>
<b>VC</b>	<b>Vidéo Conférence</b>

<b>VoIP</b>	<b>Voix sur IP</b>
<b>VoD</b>	<b>Vidéo à la demande</b>
<b>WPAN</b>	<b>Wireless Personal Area Network</b>
<b>WAN</b>	<b>Wide Area Network</b>
<b>WEB</b>	<b>World Electronic Broadcast</b>
<b>WFQ</b>	<b>Weighted Fair Queuing</b>
<b>WLAN</b>	<b>Wireless Local Area Network</b>
<b>WMAN</b>	<b>Wireless Métropolitain Area Network</b>
<b>WRED</b>	<b>Weighted Random Early Detection</b>
<b>WRR</b>	<b>Weighted Round Robin</b>
<b>WWAN</b>	<b>Wireless Wide Area Network</b>
<b>WWW</b>	<b>World Wide Web</b>



# INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui, le monde se développe avec la technologie et surtout dans le domaine de l'informatique où l'entreprise quelque soit sa taille petite ou grande, pour la rapidité, la fiabilité et l'accès à distance doit se munir d'un outil d'interconnexion capable de traiter les données et d'informatiser son système afin d'améliorer son entreprise.

Ces outils ne sont rien d'autres que les ordinateurs interconnectés par des équipements en vue d'échanger et de partager les données. Afin de garantir un niveau de performance et de qualité de l'interconnexion, la qualité de service a été développée, abrégée par l'acronyme QoS (Quality of Service). La notion de qualité de service (QoS) dans les réseaux consiste à privilégier certaines informations par rapport à d'autres, en offrant des services différenciés en fonction des exigences des applications. Dans les réseaux, l'objectif de la qualité de service est d'atteindre un meilleur comportement de la communication, pour que le contenu de cette dernière soit correctement acheminé, et les ressources du réseau utilisées d'une façon optimale.

Dans ce contexte et pour notre mémoire de fin d'études, on a trouvé que tous les simulateurs de routeur gratuits - tels que Network Simulator (NS2) ou OpNet, qui permettent de faire des simulations sur la QoS d'un réseau- ces simulateurs ne sont pas interactifs et nécessitent un personnel expérimenté. Il existe également des simulateurs payants, que nous n'avons pas pu tester, et qui, pour certains, sont interactifs. C'est la raison pour laquelle nous avons opté à la conception et réalisation d'une application informatique interactive permettant la simulation de la QoS au niveau d'un routeur. Le mémoire est organisé comme suit :

Dans le chapitre 1, nous sommes focalisés sur la généralité des réseaux informatiques. Le deuxième chapitre précise notre champ d'étude. En particulier, les éléments fondamentaux et les concepts de base de la QoS dans les réseaux IP, notamment les algorithmes de gestion des files d'attente, et celles d'ordonnancement de ces files au niveau d'un routeur. Dans le troisième chapitre nous avons détaillé la phase conception par les différents modèles de conception qui sont décrits par de différents diagrammes UML et de décrire la partie implémentation de l'application. On y présente les outils de développement et les différentes vues d'interfaces et résultats de tests effectués sur notre application. Enfin, une conclusion générale termine ce mémoire.

**CHAPITRE 1**  
**GENERALITES SUR LES**  
**RESEAUX**  
**INFORMATIQUES**

# CHAPITRE 1

## GENERALITES SUR LES RESEAUX

### INFORMATIQUES

#### I.1 Introduction à la réseautique (Historique)

Avant l'apparition des réseaux informatiques, la transmission des données entre ordinateurs était difficile. Aujourd'hui, avec l'évolution de la technologie les réseaux sont omniprésents et nous pouvons partager des applications, échanger des informations, consulter des bases de données et effectuer des transferts de fichiers entre plusieurs postes à distance. Toutes ces applications sont possibles grâce aux réseaux informatiques nés du besoin de faire communiquer des terminaux distants avec un site central, des ordinateurs entre eux et des stations de travail avec leurs serveurs.

#### I.2 Concept réseau

##### I.2.1 Définitions.

Un réseau est un ensemble d'objets interconnectés les uns avec les autres. Il permet de faire circuler des éléments entre ces objets selon des règles bien définies. [5]

Réseau informatique:

C'est un ensemble d'ordinateurs (ou de périphériques) autonomes connectés entre eux et qui sont situés dans un certain domaine géographique. [19]

OU

Un réseau informatique, est un ensemble d'équipements matériels et logiciels interconnectés les uns avec les autres dans le but de partager des ressources (données). Ces équipements peuvent être éloignés ou rapprochés.

Suivant l'éloignement entre ces équipements, on distingue les réseaux suivants :

- Les LAN (Local Area Network) à l'intérieur d'un immeuble, ou d'une superficie inférieure à 10 Kilomètres.
- Les MAN (Metropolitan Area Network) circonscrits à une ville, comme par exemple, le réseau du métro.
- Les WAN (Wide Area Network) ont au moins la dimension d'un pays, et ils englobent souvent la planète entière.
- Les CAN (Campus Area Network) pour les campus universitaires (plusieurs immeubles, mais une surface de terrain limitée).

- Les TAN (Tiny Area Network) sont une expression inventée par un journaliste américain, Cheryl Currid, pour désigner les réseaux domestiques, à la maison.
- Les RLE (Réseau Local d'Entreprise). [16]
- **Station de travail** : On appelle station de travail toute machine capable d'envoyer des données vers les réseaux (PC, MAC, SUN Terminal X, ...). [19]
- **Nœud** : C'est une station de travail, une imprimante, un serveur ou toute entité pouvant être adressée par un numéro unique. [19]
- **Serveur** : Dépositaire centrale d'une fonction spécifique : service de base de données, de calcul, de fichier, mail, .... [19]
- **Paquet** : C'est la plus petite unité d'information pouvant être envoyée sur le réseau. Un paquet contient en général l'adresse de l'émetteur, l'adresse du récepteur et les données à transmettre. [19]
- **Topologie** : Organisation physique et logique d'un réseau. L'organisation physique concerne la façon dont les machines sont connectées (Bus, Anneau, Étoile ....). La topologie logique montre comment les informations circulent sur les réseaux (diffusion ou point à point). [19]

## I.2.2 Intérêt d'un réseau

Les réseaux sont bien évidemment nés d'un besoin d'échanger de l'information entre les machines. Ainsi une entreprise possédant plusieurs lieux de productions peut avoir un ordinateur sur chaque site pour, par exemple gérer le stock, la paye, la production...mais le besoin de communication va inciter le management à connecter ces ordinateurs pour pouvoir extraire et échanger des informations concernant toute l'entreprise. [8]

Dans ce cas beaucoup d'objectifs vont apparaître on site :

### I.2.2.1 Partage de ressources

Rendre accessible à chaque membre de réseaux les programmes, données, équipements indépendamment de leur localisation physique :

- De partager les fichiers.
- Le transfert de fichier.
- Le partage d'application : compilateur, système de gestion de base de données (SGBD).
- Partage d'imprimante.

### I.2.2.2 Grande fiabilité

Duplication des données sur plusieurs sites, ainsi si l'une est inutilisable (panne matérielle de la machine..), on peut utiliser une des copies.

Aussi la présence de plusieurs unités centrales fait que si l'une est en panne les autres peuvent prendre en charge son travail. [8]

#### I.2.2.3 Réduction de coûts

Les gros ordinateurs bien qu'ils soient plus performants que les petits ordinateurs sont beaucoup plus chers, l'idée est de construire des systèmes à base de ces derniers afin de réduire le coût même si cela au détriment de la performance. [8]

### I.2.3 Les différents types de réseau

On distingue généralement deux types de réseaux bien différents, ayant tout de même des similitudes.

- Les réseaux poste-à-poste (Peer to Peer / égal à égal)
- Les réseaux organisés autour de serveurs (client /serveur)

Ces deux types de réseau ont des capacités différentes. Le type de réseau à installer dépend des critères suivants :

- Taille de l'entreprise
- Niveau de sécurité nécessaire
- Type d'activité
- Niveau de compétence d'administration disponible
- Volume du trafic sur le réseau, Besoin des utilisateurs sur le réseau... [11]

### I.2.4 Les différents types de topologies des réseaux

Il s'agit de la manière de relier entre eux les équipements informatiques. Selon les topologies on obtient ainsi des performances différentes à savoir :

- Les débits.
- Le nombre d'utilisateurs maximum.
- Le temps d'accès.
- La tolérance aux pannes.
- La longueur de câblage.
- Le type d'applications qui seront utilisées.

Par rapport à une topologie, nous retrouvons: un réseau point à point, relie deux machines entre elles, et un réseau en étoile s'articule autour d'un équipement de communication, il existe trois types des topologies différentes:

- En étoile.
- En Bus.
- En anneau. [11]

#### I.2.4.1 Topologie en ETOILE

Dans ce cas on constate que chaque ordinateur, imprimantes. Est relié au nœud central : hub ou Switch dans le cas d'un réseau Ethernet. Les performances du réseau vont alors dépendent principalement de ce nœud central. Un hub pratique de la diffusion : si un pc envoie un message à un autre pc, l'information suit le parcours suivant: elle part du pc émetteur arrive au hub puis est diffusée sur tous les ports du hub, seul le pc à qui est destiné le message récupère les informations. Un Switch, par contre, réalise de la commutation: lorsqu'un pc veut communiquer avec un autre, l'information arrive au Switch qui la commute uniquement sur le port où est relié le pc concerné par l'information.

Pour ce type de réseau, les câbles pairs torsadés sont le plus souvent utilisés. [11]

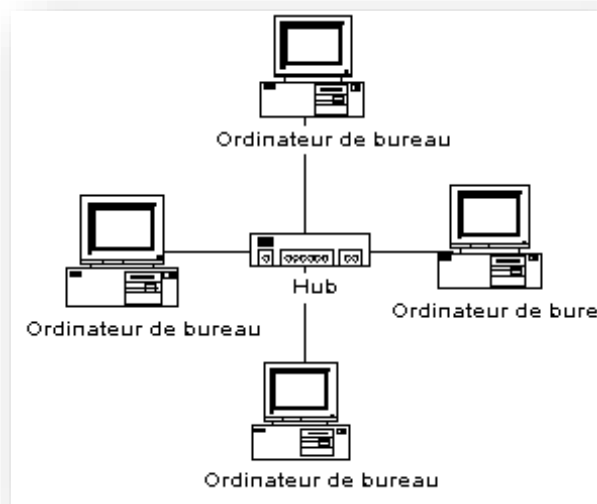


Figure II- 1: Topologie en étoile

Avantage :

Chaque station possède sa propre ligne évite les conflits.

Administration du réseau facilitée (grâce au nœud central).

Inconvénient :

Longueur de câble importante.

#### I.2.4.2 Topologie en ANNEAU

Il s'agit de la forme la plus rencontrée (bien que l'étoile gagne du terrain...) On trouve à chaque extrémité d'un brin des bouchons. Les bouchons servent à ce que le signal ne se réfléchisse pas. On peut choisir l'exemple des réseaux Ethernet (10 base 5) pour comprendre cette topologie. Dans ce type de réseau, on utilise du câble coaxial. Deux brins sont reliés entre eux à l'aide de répéteurs (leur rôle est de ré amplifier le signal). Les stations sont passives, c'est-à-dire qu'elles ne régénèrent pas le signal. [11]

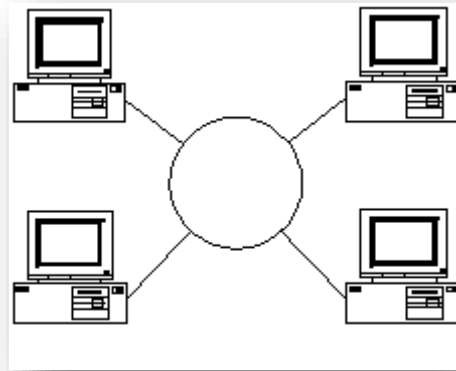


Figure II- 2: Topologie en anneau

Avantage :

Le temps d'accès est déterminé (une machine sait à quel moment elle va pouvoir « parler »).

Inconvénient :

Si un nœud (une station par exemple) ne fonctionne plus, le réseau est coupé. Pour éviter ceci, on remplace les stations par des MAU (Multi station Access Unit): cela ressemble à un Hub mais le dernier port est relié au premier, ce qui revient à un anneau. Dans ce cas, la topologie logique reste en anneau mais la topologie physique est en étoile. [11]

#### I.2.4.3 Topologie en BUS

Il s'agit de la topologie en bus que l'on a refermée sur elle-même. Le sens de parcours du réseau est déterminé ce qui évite les conflits. Les stations sont actives : c'est-à-dire qu'elles régénèrent le signal. [11]

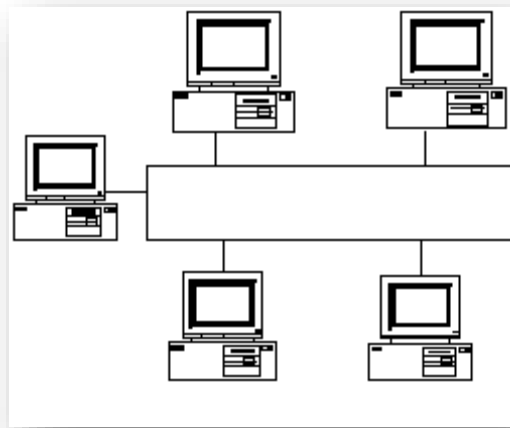


Figure II- 3 : Topologie en bus

Avantage :

La longueur de câble est moins importante que pour la topologie en étoile ou en anneau.

Inconvénient :

Plusieurs machines sont reliées à un seul support -> d'où la nécessité d'un protocole d'accès qui gère le tour de parole des stations afin d'éviter les conflits.

### **I.2.5 La nécessité de l'interconnexion**

Un réseau local sert à interconnecter les ordinateurs d'une organisation, toutefois cette dernière comporte généralement plusieurs réseaux locaux, il est donc parfois indispensable de les relier entre eux. Dans ce cas, des équipements spécifiques sont nécessaires. Lorsqu'il s'agit de deux réseaux de même type, il suffit de faire passer les données (trames) de l'un sur l'autre. Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque les deux réseaux utilisent des protocoles différents, il est indispensable de procéder à une conversion de protocole avant de transférer les trames. Ainsi, les équipements à mettre en œuvre sont différents selon la configuration face à laquelle on se trouve.

### **I.2.6 Les équipements d'interconnexion**

#### **I.2.6.1 Le répéteur**

Un des désavantages du câble à paire torsadé est la limite due à sa longueur maximale dans un réseau. Au-delà de 100m, les signaux s'affaiblissent et deviennent inexploitable. Pour prolonger un réseau, il faut ajouter une unité matérielle appelée répéteur. Celui-ci régénère les signaux au niveau du bit et augmente de ce fait la distance de parcours. Le répéteur est un équipement qui intervient au niveau 1 du model OSI. C'est donc un connecteur car il peut permettre de relier deux réseaux d'ordinateurs. [18]

#### I.2.6.2 Concentrateur

Le concentrateur est un équipement qui intervient au niveau de la couche 1 du modèle OSI. Son avantage est qu'il autorise plusieurs entrées et sorties des signaux (4, 8, 16 ou 24 ports), cet équipement est aussi appelé "hub". Il est surtout utilisé dans les réseaux locaux ayant une topologie en étoile. Il peut avoir une alimentation autonome permettant son fonctionnement même en cas de coupure de courant. Le concentrateur joue le rôle de répéteur en plus plusieurs entrées et sorties. [18]

#### I.2.6.3 Le pont ou Bridge

Le pont est un équipement qui intervient au niveau deux du modèle OSI. Il connecte deux segments de réseau locaux, pour cela il filtre les informations en circulation dans un réseau en empêchant celles destinées aux LAN de se retrouver au dehors. [18]

#### I.2.6.4 Les commutateurs ou Switchs

Le commutateur est une variante du pont. On appelle parfois pont multi port. Il possède des acheminements sélectifs des informations vers certaines machines du réseau en utilisant les adressages correspondants. Par contre le hub réalise un acheminement non sélectif des informations sur le réseau. Toutes les machines reçoivent les mêmes informations, seules celles qui reconnaissent leur adresse effectuent la tâche qui leur incombe. Cette technique s'appelle aussi diffusion des données dans un réseau. C'est une technique facile à mettre en œuvre mais elle devient inadaptée, lorsque le nombre de machines devient important et supérieur à 10. [18]

#### I.2.6.5 Le routeur

Le routeur est un équipement qui intervient au niveau 3 du modèle OSI, il intervient surtout dans la régulation du trafic dans les grands réseaux. Il analyse et peut prendre des décisions et peut prendre des décisions (c'est un équipement intelligent). Son rôle principal consiste à examiner les paquets entrants, à choisir le meilleur chemin pour le transporter vers la machine destinataire. On peut relier un routeur à un ordinateur afin de permettre sa configuration (mot de passe, type de réseau). Le routeur est intelligent parce qu'il est doté:

- D'une mémoire
- D'un programme (algorithme)
- Logiciel d'exploitation. [18]

#### I.2.6.6 Le modem (MOdulateur-DEModulateur)

Le modem est un équipement électrique qui effectue une double conversion des signaux (analogique-numérique) dans le sens ligne téléphonique vers ordinateur et numérique-analogique dans le sens ordinateur vers ligne téléphonique.

Il est surtout caractérisé par son débit binaire qui peut être de 512Kbits/s, 256Kbits/s, 56Kbits/s. Il permet à un ordinateur d'accéder au réseau Internet à partir d'une ligne téléphonique classique. [18]

#### I.2.6.7 La passerelle (Gateway)

Considérée au sens matériel du terme, la passerelle est un équipement recouvrant les 7 couches du modèle OSI. Elle assure l'interconnexion des réseaux n'utilisant pas les mêmes protocoles : exemple : TCP/IP→IBM.SNA

La passerelle permet de résoudre les problèmes d'hétérogénéité des réseaux (matériel et logiciel). La passerelle peut aussi être un ordinateur disposant de 2 cartes réseaux et d'un logiciel spécifique qui se charge de convertir les données en provenance d'un réseau d'expéditeur vers le réseau destinataire.

La passerelle est donc utilisée pour différents types d'application:

- Transfert de fichiers
- Accès à des serveurs distants, etc. [18]

### I.2.7 Les réseaux sans fil

#### I.2.7.1 Définition

Un réseau sans fil est un ensemble d'appareils connectés entre eux et qui peuvent s'envoyer et recevoir des données sans qu'aucune connexion « filaire » physique reliant ces différents composants entre eux ne soit nécessaire. [10]

Les réseaux sans fil permettent de relier très facilement, des équipements distants d'une dizaine de mètres à quelques kilomètres.

#### I.2.7.2 Les différents types de réseau sans fil

On distingue plusieurs catégories de réseaux sans fil, selon la zone de couverture.

- Les réseaux personnels sans fil (WPAN)

Le réseau personnel sans fil (appelé également réseau individuel sans fil ou réseau domestique sans fil et noté WPAN: Wireless Personal Area Network), concerne les réseaux sans fil d'une faible distance (environ 10 mètres).

- Les réseaux locaux sans fil (WLAN)

Le réseau local sans fil (WLAN pour Wireless Local Area Network) est un réseau permettant de couvrir, l'équivalent d'un réseau local d'entreprise, soit une portée d'environ une centaine de mètres.

- Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN)

Le réseau métropolitain sans fil (WMAN : Wireless Métropolitain Area Network) est connu sous le nom de Boucle Locale Radio (BLR).

Les WMAN sont basés sur la norme IEEE 802.16. La Boucle locale Radio offre, un débit utile de 1 à 10 Mbit/s pour une portée de 4 à 10 Km, ce qui destine principalement cette technologie aux opérateurs de télécommunication.

- Les réseaux étendus sans fil (WWAN)

Le réseau sans fil (WWAN : Wireless Wide Area Network) est également connu sous le nom de réseau cellulaire mobile.

Il s'agit des réseaux sans fil les plus répandus puisque tous les téléphones mobiles sont connectés à un réseau étendu sans fil. Les principales technologies sont les suivantes :

- GSM (Global System for Mobile Communication (Groupe Spéciale Mobile).
- GPRS (General packet Radio Service).
- UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

## **I.3 Internet**

### **I.3.1 Définition**

Internet signifie « international Network »; c'est un réseau international qui regroupe plusieurs ordinateurs.

### **I.3.2 Le fonctionnement de l'Internet**

L'Internet est le résultat d'interconnexion de différents réseaux physiques par l'intermédiaire des passerelles et de routeurs en respectant certaines conventions.

Chaque ordinateur possède une adresse IP. Elle permet de connaître une connexion réseau Internet d'un ordinateur. L'adresse IP est codée sur 32 bits et est constituée de deux parties : un indicateur réseau et une identification de l'ordinateur pour le réseau.

L'adresse IP est traitée par un routeur qui effectue le routage en se basant sur le numéro du réseau. Un hôte relié à plusieurs réseaux aura plusieurs adresses IP.

En fait, une adresse n'identifie pas simplement une machine mais une connexion réseau.

Les adresses IP Internet sont attribuées par un organisme central appelé NIC. Mais, on peut définir nos propres adresses si on n'est pas connecté à Internet.

Les adresses IP figurantes sur les machines, sont les adresses logiques et c'est les logiciels réseaux qui l'ont converti en adresse physique utilisée pour transmettre le message (trame).

Cette traduction est effectuée au moyen du protocole ARP (Address Resolution Protocol) protocole de résolution des adresses qui permet de même de déterminer l'adresse physique du destinataire.

Pour optimiser le fonctionnement de l'ARP, chaque machine tient à jour, en mémoire une table des adresses résolues (mémoire cache). [11]

### **I.3.3 Le routage IP**

Internet résulte de l'interconnexion de différents réseaux physiques par des machines appelées routeurs. Chaque réseau contenant un ensemble d'hôtes, est connecté éventuellement à un routeur.

Le routeur permet de déterminer l'adresse physique des destinataires et de circuler des messages (paquets). [6]

#### **I.3.3.1 Les différents types de routage**

On divise le routage en deux grandes familles :

– Le routage direct :

Il s'agit de délivrer un datagramme à une machine raccordée au même LAN. L'émetteur trouve l'adresse physique du correspondant (ARP), encapsule le datagramme dans une trame et l'envoie. [20]

– Le routage indirect :

C'est le routage le plus complexe car il consiste à faire envoyer les messages de routeur en routeur jusqu'au destinataire en se servant des tables de routage.

– La table de routage :

C'est une mémoire qui garde l'adresse IP (hôte de destinataire) pour chaque numéro du réseau à atteindre. Elle contient une adresse du routeur par défaut. [11]

### **I.3.4 Les services d'Internet**

- HTTP (Hyper Text Transfert Protocol): Le protocole HTTP est l'un des protocoles de la suite TCP/IP, qui a été développé pour publier et extraire des pages HTML. Le protocole HTTP est utilisé à travers le Web pour le transfert des données et constitue l'un des protocoles d'application les plus utilisés. [3]
- POP (Post Office Protocol): Il permet de récupérer un message sur un serveur.
- SMTP (Simple Mail Transfert Protocol): Il permet de transférer des courriers d'une machine à une autre.

- DNS (Domain Name Service): C'est le mode d'adressage qui permet de référencer, un nom à une adresse IP (ex : http//www.fratmat.info correspond à 110.110.62.1).
- Le WEB: c'est le service le plus utilisé. Il permet à chaque internaute d'avoir accès à toute sorte d'information à travers le monde. Il contient toutes sortes d'informations qui sont stockées sur le serveur web. [11]

#### **I.4 Conclusion de chapitre**

Nous l'avions souligné au passage les réseaux informatiques tout en citant leurs différentes topologies, caractéristiques et leurs spécificités. Nous avons parlé de la nécessité de l'interconnexion, Les équipements d'interconnexion et les utilisations classiques de cette dernière. On a vu de plus près l'internet et sa fonctionnalité, puis le routage IP et ces différents types. Toutes les notions citées ci-dessus seront utiles dans les prochains chapitres.

**CHAPITRE 2**

**QUALITE DE SERVICE**

**DANS LES RESEAUX IP**

## CHAPITRE 2

# QUALITE DE SERVICE DANS LES RESEAUX IP

### II.1 Introduction

Avec l'émergence des réseaux IP, les réseaux informatiques sont omniprésents. Chaque entreprise, université, administration, possède son propre réseau. Ces derniers sont de plus en plus connectés à Internet développant au fil des années de nouvelles applications. Internet est utilisé en grande partie pour l'interconnexion.

Les réseaux convergent d'aujourd'hui, devra permettre le déploiement d'applications multimédia ayant des exigences spécifiques en terme de QoS (Quality of Service). Elle est généralement caractérisée par des critères comme : délai, gigue, taux d'erreur, bande passante ou débit. Pour pouvoir garantir la QoS des flux transportés, il va donc falloir suivre des modèles QoS spécifique et utiliser des mécanismes permettant de traiter de manière différenciée les différentes catégories de trafic dans les organes du réseau, ainsi que des protocoles de signalisation de la QoS pour pouvoir allouer des ressources en fonction des besoins des applications.

La gestion de la QoS est une subtile combinaison de fonctions appliquées sur les paquets transitant dans les nœuds de réseaux. Ces fonctions opèrent des changements de priorité, bloquent ou laissent passer certains paquets ou encore ordonnancent les paquets en sortie dans un ordre différent que celui d'entrée. On distingue généralement ceux qui opèrent dans le plan de contrôle de ceux du plan de données.

Nous allons, le long de ce chapitre, présenter des généralités sur la qualité de service, en décrivant les deux architectures proposées, IntServ et DiffServ.

### II.2 La qualité de service(QoS)

#### II.2.1 Définitions

La Qualité de service est définie dans la recommandation E-800 de l'UIT par « un effet global produit par la qualité de fonctionnement d'un service qui détermine le degré de satisfaction de l'utilisateur d'un service », [4] et en des termes plus spécifiques on a :

Qualité de service vue par l'utilisateur :

Pour celui-ci, débit utile offert par le réseau à son application, délai de transmission de ses trames, variation maximale de ce délai de transmission (gigue ou "jitter"), taux instantané et moyen de pertes de trames pourront participer à la définition de la qualité du service. Ces paramètres pourront être définis pour caractériser soit la demande de service

faite par l'application ou l'utilisateur soit la garantie de service donnée par le réseau pour un flot de données particulier. Le flot pourra être identifié d'application à application, de machine à machine ou de site à site.

La qualité de service demandée pour une certaine communication pourra être définie ponctuellement par un ensemble de valeurs affectées aux attributs mentionnés. Par ailleurs, des qualités de service standards pourront être définies qui spécifieront des valeurs pour ces attributs. On parlera alors de classes de service. L'application pourra alors demander une certaine qualité de service en se référant à la classe de service correspondante.

L'obtention de la qualité de service recherchée pourra être le résultat de réservations de ressources (mémoire et processeur dans les routeurs, bande passante sur les liaisons), de gestion de priorités de traitement entre les trames ou de l'utilisation d'autres techniques dans les matériels actifs du réseau.

Un engagement ou contrat de service sera passé entre l'application utilisatrice et le réseau, l'application s'engageant à se comporter d'une certaine manière par rapport au réseau (débit moyen et maximal d'émission, taille maximale de rafales...), le réseau s'engageant à fournir une certaine qualité de service. Ce contrat de service, implicite ou explicite, pourra être conclu de manière statique (par configuration manuelle, par exemple) ou de façon dynamique par une négociation entre l'application utilisatrice et le réseau.

Qualité de service vue par le gestionnaire du réseau :

Le gestionnaire du réseau, quant à lui, sera intéressé par la maîtrise de l'attribution des ressources du réseau en fonction de critères qui définiront la politique d'utilisation du réseau : priorité sera donnée par exemple à tel ou tel applicatif ou catégorie d'utilisateurs ou liste de serveurs et ce en fonction de l'heure de la journée et du jour de la semaine. Le réseau dans son ensemble devra permettre de contrôler l'affectation des ressources parmi les utilisateurs, ce contrôle pouvant se conclure par une facturation. L'attribution des ressources pourra être faite à la demande de l'applicatif, sous réserve d'un contrôle de la validité de cette demande eu égard à la politique d'utilisation du réseau définie, ou par les matériels actifs du réseau qui seront alors chargés de discriminer parmi les différentes communications circulant sur le réseau et de leur attribuer des ressources en fonction de ladite politique.

Qualité de service vue par l'exploitant du réseau :

L'exploitant du réseau à un autre objectif qui ressort de la qualité de service offerte par celui-ci et qui y concourt. Cet objectif est de veiller à ce que les ressources dont dispose l'infrastructure, commutateurs, routeurs, liaisons, soient constamment utilisées au mieux.

Ceci est d'autant plus vrai que ces ressources sont chères et la préoccupation correspondante se fera notamment sentir dans le contexte du réseau à grande distance avec ses liaisons coûteuses et ses routeurs très performants. On parle ici d'ingénierie de réseau. [8]

### **II.2.2 Importance de la qualité de service**

A l'heure actuelle, la QoS est utilisée par les entreprises utilisant les applications de type Triple Play, soucieuses de rentabiliser leur installation réseau tout en ayant une qualité élevée. Malgré l'existence de plusieurs protocoles et l'investissement des constructeurs, la QoS reste inexploitée.

Les vitesses de transmission et les performances des réseaux connaissant un développement accru, on pourrait se demander en quoi la mise en place de la QoS est importante. Pourquoi ne pas continuer à sur dimensionner les réseaux comme le font les opérateurs, et ainsi diminuer les congestions dans les liens. Cette solution serait à terme trop coûteuse et ne permettrait pas une utilisation intelligente des équipements.

La QoS permet d'utiliser l'infrastructure réseau préexistante sans sur dimensionner le réseau et engendrer des dépenses supplémentaires. Afin de garantir une qualité de service, il est important de différencier plusieurs types de trafic et de ne pas offrir les mêmes performances et services pour chaque application. D'autre part, la Qualité de Service s'applique sur tout le réseau. L'objectif est d'avoir une qualité autant en périphérie des réseaux (entreprise) qu'en communication inter réseaux (Internet Service Provider ou opérateur).

Pour que la QoS soit optimale, elle doit être mise en place de bout en bout.

Les applications en Temps Réels comme la voix sur IP ou la vidéo requièrent des délais de transmission faible, de jigue et des exigences en termes de bande passante. Les données étant transportées dans des trames IP, si la trame 2 arrive avant la trame 1, l'image ou le son ne sera pas à l'arrivée identique à l'original. [15]

La qualité de service permet :

- ❖ De s'adapter de façon économique aux besoins de l'entreprise en termes d'allocation de bande passante, et de garantir un niveau minimal de fonctionnement même en période de congestion.
- ❖ De mettre en place une politique de priorité différente de celle du protocole IP (Best Effort), afin d'offrir des services de type Triple Play de qualité.

### **II.2.3 Réseau à Commutation de Circuit**

Le réseau téléphonique est un type de réseau à commutation de circuits. Une demande acceptée se voit offrir à son usage exclusif un circuit (circuit électrique continu, ou intervalle de temps d'une trame MIC) pour toute la durée de la connexion. La QoS est définie en premier lieu par la possibilité de ne d'obtenir de circuit lors de la demande. On la mesure par la probabilité de succès. [15]

### **II.2.4 Réseau à Commutation de Paquets**

Dans un réseau offrant le service à commutation de paquets, l'information des sources est fragmentée en blocs élémentaires qui circulent dans le réseau indépendamment les uns des autres. Ces blocs ne possèdent aucune ressource en propre (comme dans le cas du circuit). Les paquets d'une connexion se retrouvent en compétition avec d'autres pour accéder aux mémoires ou aux lignes de transmission. [15]

### **II.2.5 Les critères de la QoS**

La notion de qualité de service est en général traduite en termes de critères quantifiables de performance des transmissions des différents services. Ces critères de QoS (parfois appelés aussi métriques, ou paramètres) s'appuient sur l'analyse des flux individuels dans le réseau et sont généralement évalués de bout en bout, c'est-à-dire entre la source et la destination. Les critères de la QoS sont les suivants :

#### **II.2.5.1 Le délai**

- Le délai est la métrique de performance la plus importante pour les applications temps réel.
- Le délai de bout en bout est le temps écoulé entre l'envoi d'un paquet par un émetteur et sa réception par le destinataire.
- Le délai tient compte du délai de propagation le long du chemin et du délai de transmission induit par la mise en file d'attente des paquets. [15]

#### **II.2.5.2 La gigue**

La gigue désigne la variation du délai de bout en bout au cours de la transmission. Une trop forte gigue affecte en particulier les flux multimédias temps-réel en détruisant les relations temporelles des trains de données transmis régulièrement par le flux multimédia, entravant ensuite la compréhension du flux par le récepteur. [15]

### II.2.5.3 La bande passante

Il s'agit du taux de transfert maximum pouvant être maintenu entre la source et la destination.

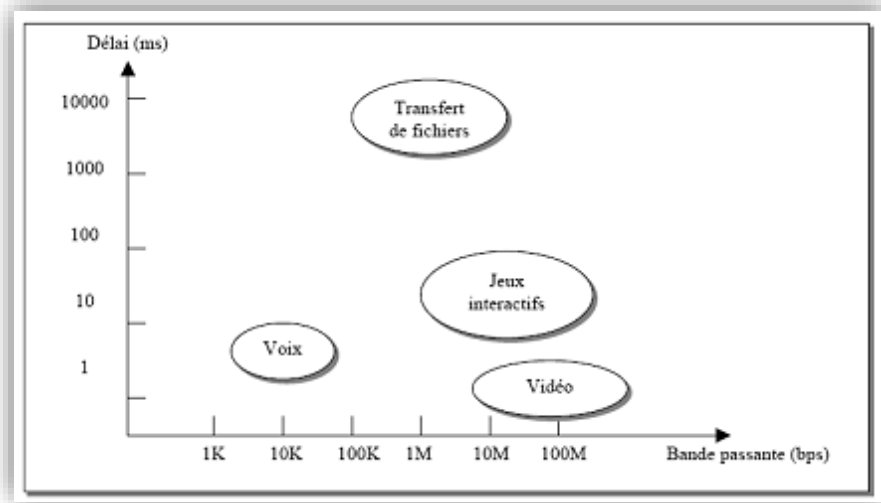


Figure II- 4 La bande passante et délai pour les Applications

### II.2.5.4 Le taux de perte

Ce paramètre représente le pourcentage des unités de données qui ne peuvent pas atteindre leur destination dans un intervalle de temps spécifique. Cette perte peut être le résultat d'un rejet de paquets lorsque les ressources sont saturées ou d'un dépassement d'échéance sachant que pour une application temps-réel un paquet arrivant au-delà de son échéance ne fournira aucune information utile à l'application. Le taux de perte est communément représenté par la « probabilité » de perte. [15]

Application	Taux erreurs	Délai	Gigue	Débit
Messagerie électronique	élevée	faible	faible	Faible
Transfert de fichiers	élevée	faible	faible	Moyenne
Accès web	élevée	moyenne	faible	Moyenne
Accès distant	élevée	moyenne	moyenne	Faible
Audio sur demande	faible	faible	élevée	Moyenne
Vidéo sur demande	faible	faible	élevée	Elevée
téléphonie	faible	élevée	élevée	Faible
Vidéoconférence	faible	élevée	élevée	Elevée

Tableau 1 : le niveau d'exigence de quelques applications.

### II.2.5.5 Description des applications

Les applications considérées sont :

- Vidéo Conférence (VC)

Ce service est caractérisé par un flot de communication duplex UDP dans lequel le serveur et les clients peuvent envoyer et recevoir les trafics audio et vidéo à un débit constant de 150 Kbps.

- Vidéo à la demande (VoD)

Ce service est caractérisé par un flot média UDP avec un trafic de 10 trames par seconde et où chaque trame a une taille ayant une distribution exponentielle de valeur moyenne égale à 2.5 Kbps.

- Voix sur IP (VoIP)

Ce service est caractérisé par un flot duplex de conversation de qualité téléphonie GSM, le trafic a un débit constant de 35 Kbps.

- Web (Http)

Cette application est caractérisée par une séquence des connexions Http où chaque connexion correspond au téléchargement d'une page. Le temps entre le téléchargement de deux pages est distribué selon une loi exponentielle de valeur moyenne égale à 15 secondes. Chaque page contient un nombre d'objets ayant une distribution exponentielle de moyenne égale à 5 objets et chaque objet contenu dans la page a une taille variant entre 500 et 20000 octets.

- e- Mail (Email)

Chaque client peut envoyer et recevoir des messages caractérisés par : la taille d'un message est distribuée selon une loi exponentielle de valeur moyenne égale à 10 KOctets. Le temps entre deux courriers arrivés (ou envoyés) est distribué exponentiellement et de valeur moyenne de 360 secondes.

- Base de données (DB)

Chaque client envoie une petite question au serveur de base de données et reçoit le résultat, le volume d'une connexion est distribué selon une loi exponentielle de valeur moyenne égale à 2 Kbps, le temps entre deux questions arrivées est distribué exponentiellement et a une valeur moyenne de 12 secondes.

- Telnet (Telnet)

Chaque client peut envoyer et recevoir un flot de commandes caractérisé par : Le temps entre deux commandes arrivées est distribué normalement et ayant une moyenne de 30 secondes et une variance de 5 secondes. La taille d'une commande est distribuée normalement et ayant une moyenne de 25 octets et une variance de 25 octets. [6]

## II.2.6 Les outils de la qualité de service

Les caractéristiques de délai, débit et perte de paquets de chaque réseau sont finalement déterminées par les propriétés QoS des connexions et la gestion des files d'attente à l'intérieur de chaque routeur.

Si la charge du réseau dépasse le taux de service, une seule file en chaque point interne de congestion ne suffit plus. Dans ce cas on a besoin d'une file d'attente pour chaque classe de trafic pour laquelle des caractéristiques indépendantes de délai, débit et taux de perte sont requises. Chacune de ces files doit avoir sa propre politique de rejet de paquets. Les files multiples pour chaque interface de sortie sont cependant inutiles sans un mécanisme pour diriger les paquets vers les files appropriées. Une méthode de classification est nécessaire en plus de la simple tâche consistant à trouver le saut prochain des routeurs traditionnels.

Finalement les files doivent toutes partager la capacité finie de la connexion de sortie qu'elles servent.

Ce besoin implique l'ajout d'un mécanisme d'ordonnancement pour le mixage des paquets de chaque file, et ainsi accorder l'accès à la connexion d'une manière contrôlable et prédictible. Les exigences précédentes peuvent être résumées dans l'affirmation que les réseaux tenant compte de QoS demandent des routeurs qui peuvent classifier, gérer et ordonnancer de manière différente tous les types de trafic selon leurs besoins.

### II.2.6.1 La Classification

Les routeurs classifient les paquets pour déterminer le flux auquel ils appartiennent et pour décider quel est le niveau de service qu'ils vont recevoir. La classification peut se faire sur un nombre arbitraire de champs dans l'en-tête du paquet, il y en a deux modes pour classer les paquets : mode multi-champs (Multi-Field (MF)): La Classification des datagrammes examine chaque datagramme entrant pour l'identifier en fonction de différents paramètres (@IPS, #portS, @IPD, #portD, protocole, étiquette (ipv6), champ TOS,...), qui permet de retrouver le contexte du flot.

Mode Comportement d'ensemble (Behavior Aggregate (BA)) : basée sur un seul champ comme la valeur du champ DSCP. [15]

### II.2.6.2 Les Outils de traitement de la congestion

Les mécanismes de gestion de files d'attente permettent de gérer et de contrôler l'état de surcharge du réseau afin d'éviter une congestion due à l'arrivée en rafale des flux partageant les ressources du réseau. En effet, l'arrivée simultanée en rafale de plusieurs flux qui dépasse la capacité de service peut conduire à la saturation des files d'attente.

Les mécanismes de gestion des files d'attente assurent principalement deux fonctions :

- Détection d'une congestion en comparant l'état de remplissage des files à un seuil dont le dépassement signifie le début d'une congestion.
- Rejet des paquets selon une certaine discipline lors de l'occurrence d'une congestion.
- On distingue plusieurs mécanismes qui sont développés à cet effet. Nous présentons dans la suite les algorithmes les plus connus. [15]

#### II.2.6.2.1 Rejet du dernier paquet (Drop Tail)

Le principe de la politique DropTail est très élémentaire et est souvent utilisé pour sa simplicité d'implémentation dans les routeurs. Cette technique permet d'écouler en priorité les paquets qui arrivent en premier dans la file d'attente. Si cette dernière se trouve saturée, c'est-à-dire que sa taille maximale est atteinte, les nouveaux paquets qui arrivent sont automatiquement éliminés. L'état de saturation est, trivialement, dû au phénomène suivant : le débit d'arrivée des paquets dans la file est supérieur au débit de sortie. [13]

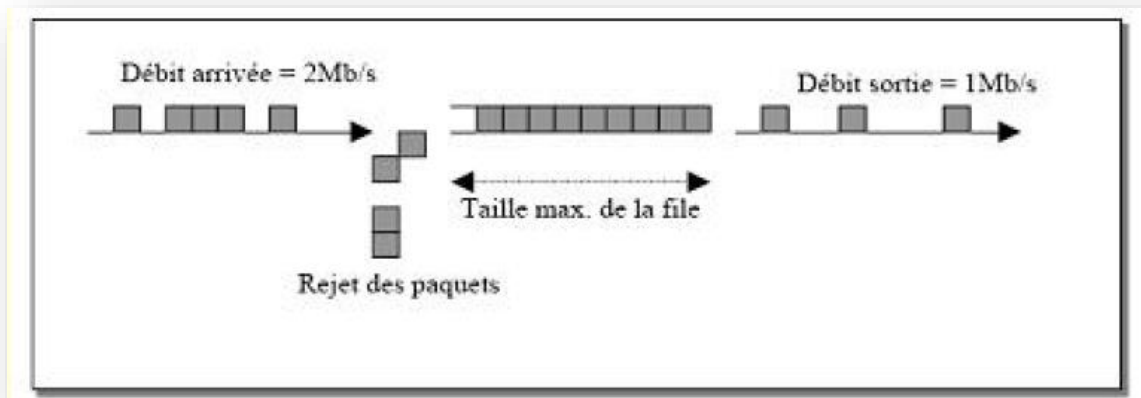


Figure II- 1 : Drop Tail.

#### II.2.6.2.2 Détection aléatoire avancée (RED)

La détection aléatoire avancée (Random Early Detection, RED) est une technique de Gestion active déployée actuellement dans les grands réseaux IP. RED utilise un profil de rejet pour contrôler l'agressivité du processus d'élimination de paquet

Le profil de rejet définit la probabilité de rejet en fonction de l'état d'occupation de la file d'attente. Si l'état d'occupation de la file reste inférieur à la valeur du seuil minimal (Seuil Min), alors le paquet n'est jamais rejeté et est inséré dans la file. Si l'état d'occupation de la file est supérieur à la valeur du seuil maximal (Seuil Max), la file rejette tous les paquets qui arrivent comme si elle était complètement pleine. Si l'état d'occupation de la file est compris entre Seuil Min et Seuil Max, les paquets sont alors rejetés selon une certaine probabilité. [15]

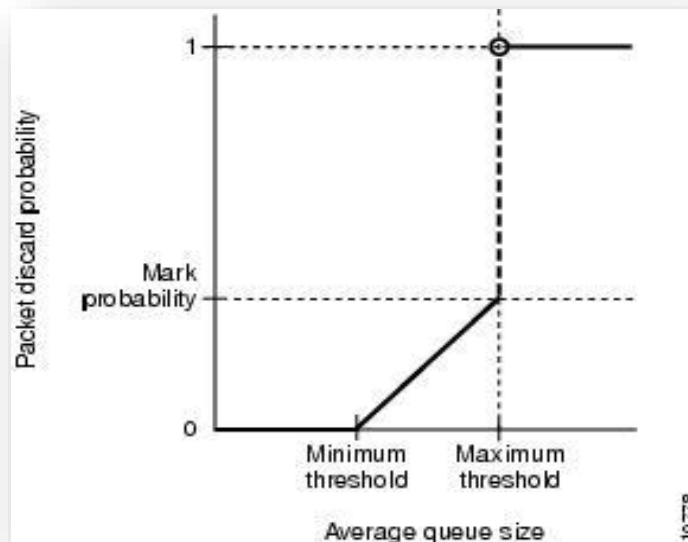


Figure II- 2 : Random Early Detection

### II.2.6.2.3 Détection aléatoire avancée avec poids (WRED)

La détection aléatoire avancée avec poids (Weighted Random Early Detection, WRED) est une extension du RED qui permet d'assigner des profils de perte RED différents pour différents types de trafic. Elle offre ainsi une granularité accrue du contrôle du fait que certaines classes de trafic sont traitées de manière moins agressive que d'autres. [15]

La figure suivante présente un scénario de WRED agissant sur trois niveaux de priorité : les paquets de faible précedence se voient rapidement éliminés, dès que la moyenne de la taille de la file atteint un niveau relativement bas ; la probabilité d'élimination des paquets de plus haute priorité est moindre, et s'effectue au moment où la moyenne de la taille de la file est plus importante. [13]

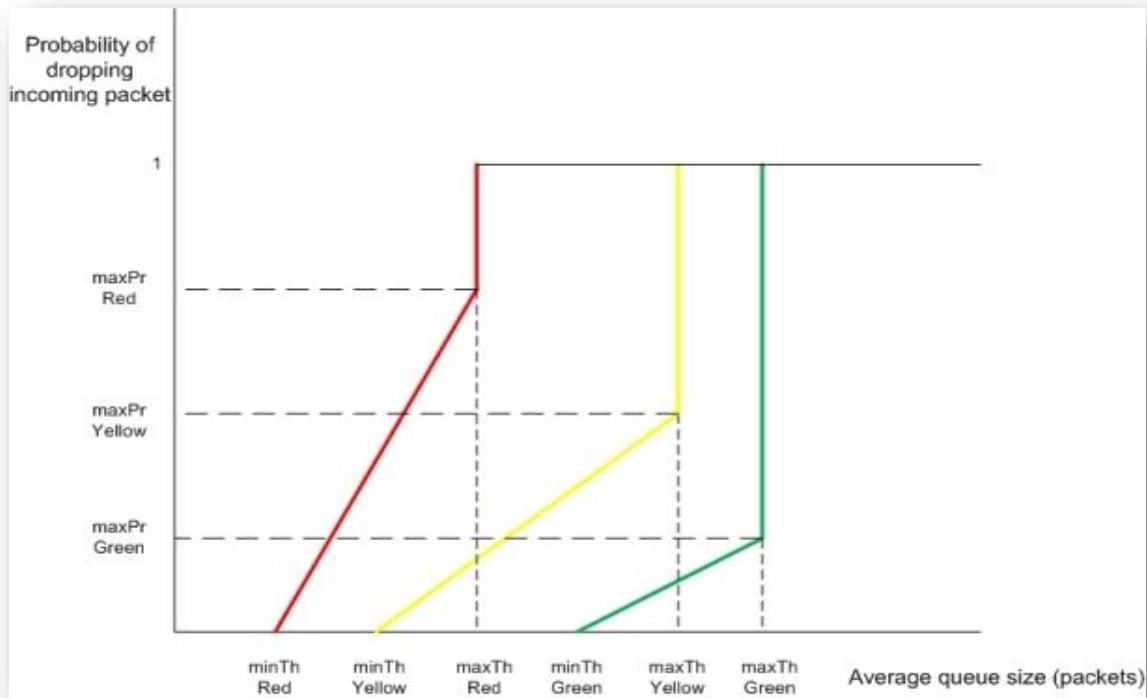


Figure II- 3 : Weighted Random Early Detection

#### II.2.6.2.4 RED dans et en dehors des limites (RIO)

La méthode RED dans et en dehors des limites (RED with In and Out, RIO) est une technique qui emploie deux algorithmes RED avec des profils de perte différents. Les mots dans et en dehors se réfèrent au contrat de prestation (Service Level Agreement, SLA) et ses spécifications de prestation.

Un des algorithmes est utilisé pour les paquets dans les limites (pour lesquels la bande passante ne dépasse pas le taux de SLA négocié) et l'autre pour les paquets en dehors des limites, c'est-à-dire les excédants.

Dans ce cas pour chaque file il y a deux seuils. Tant que l'occupation de la file d'attente est en dessous du premier seuil aucun paquet n'est rejeté. Quand l'occupation est entre les deux seuils, seuls les paquets en dehors des limites sont rejetés. Si l'occupation dépasse le second seuil, indiquant une possible congestion du réseau, les paquets dans et en dehors des limites à la fois sont rejetés de façon aléatoire, mais les paquets en dehors sont rejetés plus agressivement. [15]

#### II.2.6.2.5 Notification explicite de congestion (ECN)

Ce mécanisme permettant aux machines et aux routeurs de s'échanger des informations sur l'état de congestion du réseau. Ainsi, on peut améliorer la gestion de cette congestion qui auparavant se faisait en ralentissant la retransmission des paquets non pas parvenus à destination. [6]

### II.2.6.3 Les Outils de traitement des files d'attente

Les mécanismes d'ordonnancement permettent d'assurer le partage des ressources selon une politique de service spécifique à la nature de garantie à fournir aux applications en concurrence d'accès aux ressources. Voici les disciplines de file d'attente rencontrées les plus souvent dans des implémentations réelles. [15]

#### II.2.6.3.1 Premier entré, premier sorti (FIFO)

Premier entré, premier sorti (First-In First-Out, FIFO) est la discipline d'ordonnancement la plus élémentaire dans laquelle tous les paquets sont traités de façon égale en les plaçant dans une seule file d'attente et en les expédiant dans l'ordre dans lequel ils ont été placés dans la file. Elle a une complexité de calcul très réduite, mais ne permet pas une différenciation de services entre les flux de données.

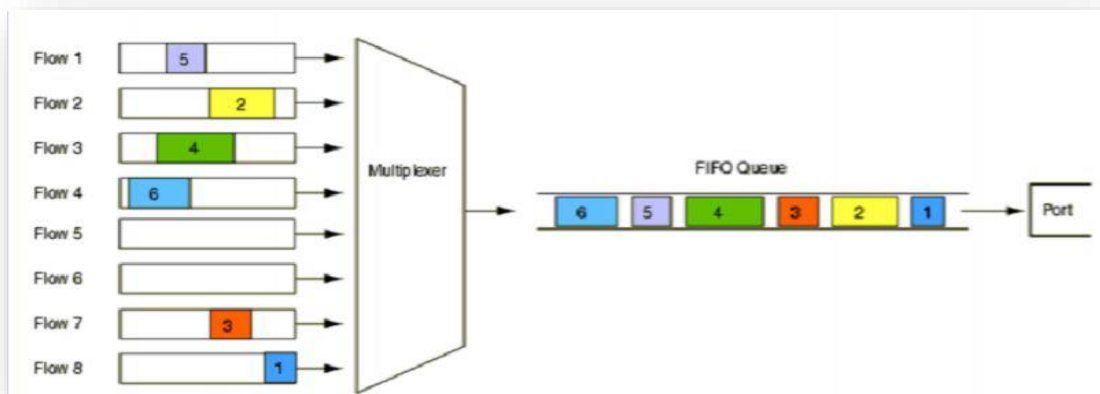


Figure II- 4 : First In First Out

#### II.2.6.3.2 Attente prioritaire (Priority Queuing)

Les paquets sont d'abord classifiés par le système, puis placés dans des files d'attente différentes par priorité, mais elle présente un inconvénient, un volume excessif de trafic de priorité haute peut conduire à un complet refus d'allocation des ressources pour le trafic de priorité plus basse. [15]

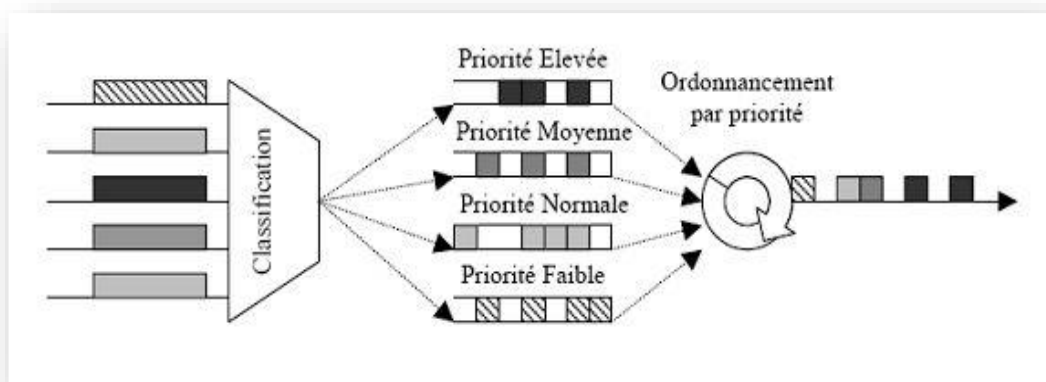


Figure II- 5 : Priority Queuing

II.2.6.3.3 Attente équitable FQ (Fair Queuing)

L'ordonnancement par l'algorithme du Round Robin (RR, ou Fair Queuing, FQ) assure à chaque flux un accès équitable aux ressources du réseau et empêcher les flux en salve de consommer plus que leur quote-part de bande passante du port de sortie. Dans RR les flux en salve ou avec un comportement incorrect ne dégradent pas la QoS délivrée aux autres flux. [15]

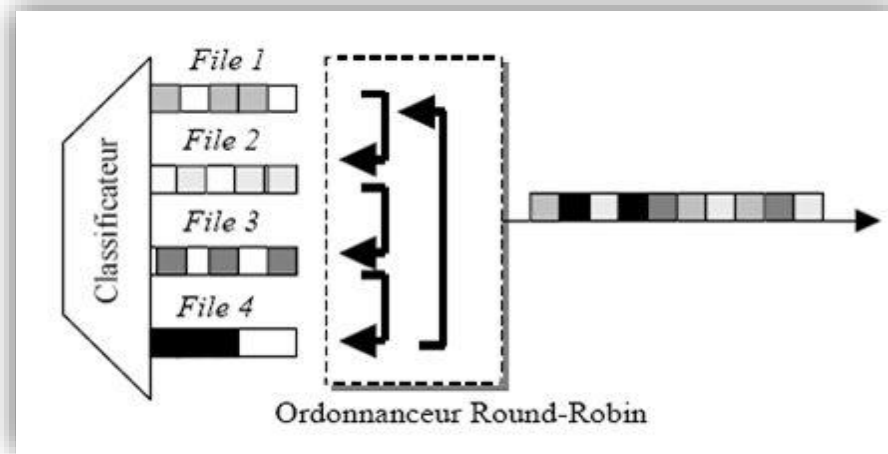


Figure II-6 : Fair Queuing (Round Robin)

II.2.6.3.4 Ordonnancement équitable avec poids (WFQ)

L'ordonnancement équitable avec poids (Weighted Fair Queuing, WFQ) est une discipline d'ordonnancement basée sur FQ qui supporte des flux ayant des besoins différents en bande passante en associant à chaque file un poids qui lui assigne un pourcentage différent de la bande passante du port de sortie. Elle supporte des paquets de taille variable parce que L'ordonnanceur en sortie consulte les différentes files les une après les autres avançant octet par octet et dès qu'un paquet entier peut être transféré il le fait.

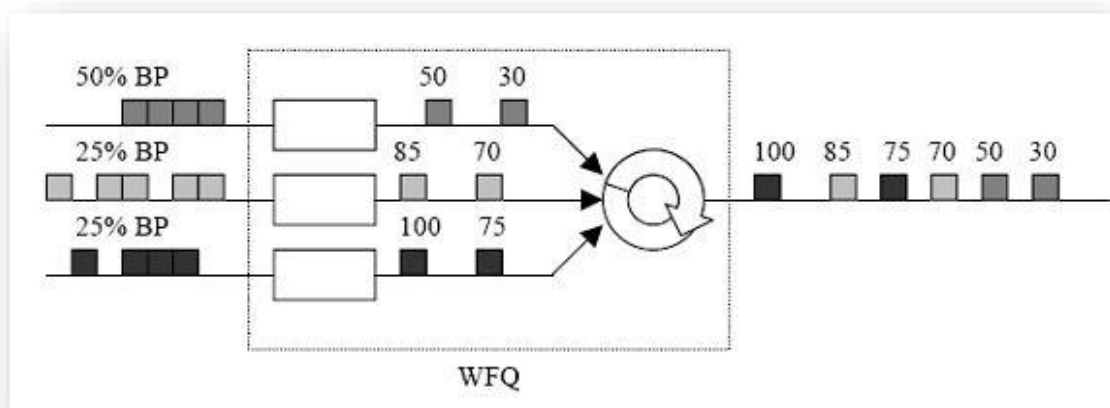


Figure II- 6: Weighted Fair Queuing

### II.2.6.3.5 Attente par classe(WRR)

L'algorithme WRR (encore appelé Class Based Queuing CBQ) tente de remédier aux insuffisances des algorithmes Fair Queuing et Priority Queuing. D'une part, CBQ est destiné à traiter des flots avec différents besoins de bande-passante.

L'ordonnanceur parcourt les différentes files et les sert en fonction du poids associé à chacune d'elles.

Cet ordonnanceur reste simple. L'équité est vérifiée si les paquets des différentes files ont la même longueur. Dans le cas contraire, ce sont les files avec les paquets de plus grandes tailles qui seront favorisées. [15]

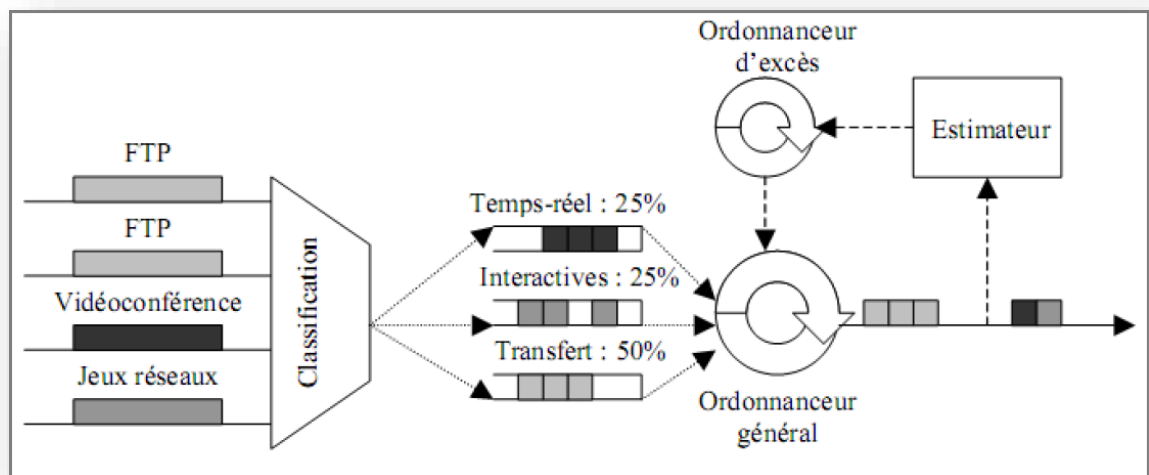


Figure II-8: Weighted Round Robin

## II.3 Les mécanismes de la QoS

### II.3.1 Surdimensionnement

Le surdimensionnement consiste à doter le réseau d'une capacité qui dépasse largement la charge demandée. Le principe est d'augmenter toujours la bande passante disponible pour éviter la congestion, les délais dans les files d'attente et les pertes de paquets. Donc la garantie de service est assurée seulement s'il y a suffisamment de capacité réseau. Malgré tout, il y aura toujours à un moment donné une surcharge sur un segment ou se plaindre de performances insuffisantes sur un service important. Le surdimensionnement ne fera que repousser à plus tard les problèmes actuels sans pour autant garantir quoi que ce soit.

Par ailleurs, cette solution n'est pas viable économiquement, car elle conduit à une mauvaise utilisation des ressources. En effet, de grandes quantités de bande passante restent sans utilisation. Aussi, avec la généralisation des applications multimédias, la saturation

rapide de la totalité des ressources du réseau est prévue, ce qui nous ramène de nouveau à la situation de début. Par ailleurs, les fournisseurs d'accès sont désireux de différencier les services pour réduire volontairement la qualité des classes non prioritaires dans le but d'offrir un meilleur service à ceux qui peuvent payer le plus. [15]

Il est facile de se rendre compte que le surdimensionnement n'est pas une solution définitive, le réseau sera un jour ou l'autre porté à ses limites et adoptera un comportement imprévisible.

### **II.3.2 Modèle IntServ**

L'approche IntServ est basée sur l'idée d'allocation des ressources dans le réseau pour donner à chaque application les garanties dont elle a besoin, donc un contrôle d'admission doit avoir lieu.

IntServ repose sur RSVP pour établir et supprimer les réservations de bande passante. On distingue trois classes de service :

#### **II.3.2.1 Best Effort (BE)**

Ce sont les applications élastiques, ou non temps réels, qui n'offrent pas de garantie de délai, par exemple: connexion à distance, transfert de fichiers, messagerie...etc. [9]

#### **II.3.2.2 Controlled Load (CL)**

Pour les services temps réels tolérant une variation du délai de transit. Le CL correspond à un service Best Effort sur un réseau non chargé, cela revient à donner à l'utilisateur des garanties sur le débit disponible. [9]

#### **II.3.2.3 Guaranteed Service (GS)**

Offre à la fois un contrôle du délai de bout en bout pour les applications audio et vidéo à contraintes temporelles strictes, un contrôle de la gigue et du débit.

Pour mettre en place ces services il faut ajouter aux routeurs 4 fonctions principales qui sont :

- L'ordonancement de paquets : pour gérer la retransmission des différents paquets en utilisant un ensemble de files d'attente, chaque file correspondant à une classe de service.
- La classification: pour faire le contrôle de trafic, chaque paquet doit être réparti dans une classe parmi différentes classes, tous les paquets appartenant à une même classe seront traités de la même façon par l'ordonnanceur de paquets.

- Le contrôle d'admission: un algorithme de décision permet au routeur de savoir s'il peut garantir la QoS demandée par un flux et ceci sans dommage pour la QoS des autres flux déjà existants.
- Le protocole de réservation RSVP. [9]

### II.3.3 Protocole de réservation de ressources(RSVP)

Pour faire des réservations pour les classes GS et CL, on a besoin d'un protocole de signalisation. L'IETF a spécifié le protocole RSVP.

C'est un protocole de signalisation employé par les hôtes pour demander des qualités spécifiques de service pour des flux applicatifs particuliers.

Les sources de trafic génèrent périodiquement des messages RSVP de type « **Path** » qui permettent aux récepteurs de connaître les caractéristiques du trafic des émetteurs. Les récepteurs répondent à ces messages par des messages « **Resv** » qui permettent aux nœuds de faire les réservations souhaitées par les émetteurs. [9]

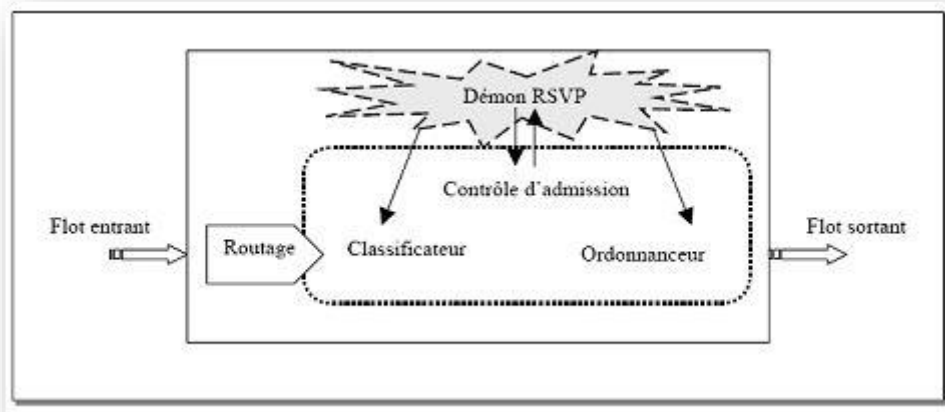


Figure II-9 : L'architecture d'un nœud IntServ

### II.3.4 Évaluation d'IntServ

A cause des backbones à haute vitesse qui peuvent avoir des milliers de flux simultanés qui nécessitent des réservations, IntServ et RSVP s'affrontent au problème de scalabilité. D'où l'idée de l'approche DiffServ qui consiste, comme nous allons voir dans le chapitre suivant, à regrouper les datagrammes par type de trafic plutôt que par application, on aura un traitement générique pour tous les datagrammes traitant les transferts de fichiers d'un grand nombre d'utilisateurs plutôt que de traiter chaque datagramme en fonction de son appartenance à une application d'un utilisateur donné.

Un autre problème d'IntServ/RSVP : les messages échangés pour les réservations consomment beaucoup de bande passante par exemple : dans les applications de données

comme le WWW browsing où la taille d'un tel flux est seulement de quelques paquets, l'overhead introduit par la signalisation peut détériorer les performances du réseau.

Ces problèmes rendent cette solution moins intéressante. [9]

### II.3.5 Le modèle DiffServ

Devant les limitations du modèle IntServ un second groupe de l'IETF s'est orienté vers un autre modèle d'implémentation de qualité de service, que l'on peut utiliser pour des réseaux importants en envergure, mais aussi en charge : Le modèle à différenciation de services. Le principe consiste à rejeter dans les routeurs situés aux frontières du réseau toutes les fonctions de classification de paquets et de mise en forme de trafic, tandis que les routeurs du cœur du réseau n'auront qu'à appliquer des comportements prédéfinis (Per-Hop Behaviour) à des agrégats de flots marqués dans ce but par les routeurs de frontière.



Figure II-10 : Principe DiffServ

Dans le cœur du réseau, tous les paquets sont marqués, ces marques sont utilisées par des routeurs pour déterminer le comportement qui doit leur être appliqué. Les différents comportements interviennent dans la gestion des files d'attente et dans les algorithmes de sélection de paquets à rejeter en cas de congestion d'une file d'attente. Le choix à faire par le routeur du mode de comportement en fonction de la marque présente dans le paquet est très rapide puisqu'il n'y a plus qu'un seul champ à analyser dans l'en-tête du paquet.

#### II.3.5.1 Le champ DS

Pour l'identification des classes, DiffServ définit un champ de remplacement dans l'en-tête IP, champ appelé DiffServ (DS) qui remplace les champs déjà existants : Type of Service (TOS) dans l'en-tête IP version 4 ou Traffic Class dans l'en-tête IP version 6. Plus exactement, seulement six bits sur 8 sont utilisés. Les deux autres bits (réservés) sont utilisés pour la notification explicite de la congestion. Les six bits utilisés pour marquer les paquets sont désignés sous le nom DSCP (DiffServ Code Point). Cette valeur DSCP est utilisée par les routeurs cœur pour sélectionner le comportement (PHB) à appliquer au paquet.

### II.3.5.2 La notion de comportement (PHB : Per Hop Behavior)

La RFC 2475 définit le PHB comme le comportement d'acheminement observable de l'extérieur qui s'applique aux données dans un noeud DiffServ. Le système marque les paquets conformément aux codes DSCP et tous les paquets ayant le même code seront agrégés et soumis au même traitement particulier. Un comportement inclut le routage, les politiques de service des paquets (notamment la priorité de passage ou de rejet en cas de congestion) et éventuellement la mise en forme du trafic entrant dans le domaine. Plusieurs PHB standard ont été définis :

- Le PHB par default.
- Assured Forwarding (AF) PHB.
- Expedited Forwarding (EF) PHB

### II.3.5.3 Architecture du modèle DiffServ et terminologie

L'architecture DiffServ définit les principes suivants:

#### II.3.5.3.1 Domaine DiffServ (DS domain):

Un domaine un ensemble de noeuds (hôtes et routeurs) administrés de façon homogène et qui possèdent une même définition de service et de PHB. Dans un domaine, on distingue les noeuds internes et les noeuds frontières : les premiers ce sont des équipements centraux du réseau qui appliquent le comportement approprié (PHB) aux paquets IP et assure le service de transit sur le réseau, alors que, les seconds ce sont des équipements de bordure de domaine DiffServ et qui sont connectés à des noeuds frontières d'autres domaines. Si on considère le sens de communication de la source vers la destination, les noeuds de frontières peuvent être d'entrée (Ingress) dans le domaine ou de sortie (Egress).

#### II.3.5.3.2 Région DiffServ (DS région)

C'est un ensemble contigu de domaines DiffServ, qui peuvent offrir la différenciation des services sur des routes empruntant ces domaines. Chaque domaine ne met pas obligatoirement en ouvre la même politique d'approvisionnement ni les même PHB .l'opérateur doit garantir que l'ensemble des domaines DiffServ assurera une QoS de bout en bout.

### II.3.5.4 La notion de SLA (Service Level Agreement)

L'utilisation des services DiffServ implique pour le client la souscription d'un contrat avec le fournisseur des services : ce contrat s'appelle un Service Level Agreement (SLA).

Contrairement à ce qui se passe avec RSVP, ce contrat est signé avant toute connexion au réseau. Les spécifications techniques du SLA sont contenues dans le SLS (Service Level Specification). Le SLA contient les informations suivantes:

- Le trafic que l'utilisateur peut injecter dans le réseau fournisseur (en termes de volume de données, de débit moyen, d'hôtes source ou destination, ...);
- Les actions entreprises par le réseau en cas de dépassement de trafic (rejet, surtaxe, remise en forme du trafic);
- La QoS que le fournisseur s'engage à offrir au trafic généré ou reçu par l'utilisateur (ou les deux). Celle-ci peut s'exprimer notamment en termes de délai, de bande passante, de fiabilité ou de sécurité.

#### II.3.5.5 Routeurs de bordure

Les routeurs de bordure sont les portes d'entrées obligatoires pour un flot pénétrant dans le domaine DiffServ. Ils effectuent des traitements sur les paquets entrant qui ont pour effet :

- De déterminer leur classe de service (Classifier) grâce à l'entête du paquet (champ Type de Service (ToS), adresse source et/ou destination, protocole, port) sur la base d'un contrat avec l'opérateur.
- De leur 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. En cas de congestion dans le cœur de réseau, un paquet éliminable (out profile) sera traité dans une classe moins prioritaire, voire détruit.
- 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.

#### II.3.5.6 Routeurs de cœur de réseau

Les routeurs du cœur de réseau réalisent des opérations simples de bufférisations 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: l'ordonnancement et prévention de congestion. 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'ordonnement. Les trois fonctions principales de routeur de cœur de réseau sont:

- Routage : Il consiste à la détermination de l'interface suivante vers laquelle diriger le paquet.
- Prévention de congestion: les algorithmes utilisés sont le WRED ou RIO, etc. On a ainsi des éliminations de paquets sélectives en fonction de la classe de trafic. La configuration de ces algorithmes est toute fois relativement délicate.
- Ordonnement: Plusieurs politiques d'ordonnement peuvent être utilisées: WFQ, CBQ ou priorités fixes, etc. A l'heure actuelle, il semblerait que les opérateurs s'orientent vers une combinaison de ces politiques avec une priorité fixe pour le trafic temps réel et un ordonnement WFQ pour les autres classes. C'est le champ DSCP dans l'entête des paquets qui permet de les affecter à une file d'ordonnement particulière.

Généralement, il n'est pas nécessaire pour DiffServ d'associer un régulateur de type Token Bucket à chaque file des routeurs de cœur de réseau. En effet, tous les trafics entrant dans le cœur de réseau ont déjà subi la fonction de police dans les routeurs de bordure.

## **II.4 Conclusion du chapitre**

L'objectif de ce chapitre est de donner un aperçu général sur la qualité de service et ses modèles d'implémentation qui sont basés sur plusieurs de gestion des files d'attente dans un routeur, ces mécanismes consistent à déterminer la façon dont les files d'attente sont servies. Puis en décrivant les deux architectures proposées, IntServ et DiffServ.

**CHAPITRE 3**  
**CONCEPTION ET**  
**REALISTAION**

# CHAPITRE 3

## CONCEPTION ET REALISATION

### III.1 Conception

#### III.1.1 Introduction

La modélisation est une des tâches les plus importantes dans le processus de développement d'un système.

Dans ce chapitre, nous présentons la partie conception de notre application et expliquons les fonctionnalités du futur système d'information à l'aide d'un ensemble de modèles.

On utilise le langage de modélisation UML (Unified Modeling Language) pour décrire différentes vues complémentaires de modélisation : fonctionnelle, structurelle et dynamique. Différents diagrammes UML sont alors associés à ces trois vues : l'ensemble de ces diagrammes, représente le fonctionnement et l'architecture de notre application.

#### III.1.2 Exigences méthodologiques

Afin de réaliser le projet et d'atteindre les objectifs fixés précédemment, une méthodologie de travail est nécessaire. La modélisation étant une tâche complexe, une démarche doit être alors établie et nous allons adopter une conception basée orientée objet.

Le processus suivi est itératif et incrémental, avec une modélisation guidée par les besoins et centrée sur l'architecture ; il nous permet de développer et de valider par étapes notre application.

L'outil de support pour notre modélisation est le langage UML et on la décrit selon différentes vues complémentaires: fonctionnelle, structurelle et dynamique. Différents diagrammes UML sont alors associés à ces trois vues : on utilise dans ce qui suit des diagrammes nécessaires et suffisants:

- Le diagramme de cas d'utilisation permet de donner une vue fonctionnelle du système. Elle est complétée par la description de différents scénarios associés à chacun des cas d'utilisation.

- Le diagramme de classes décrit le modèle structurel statique du système.

- Des diagrammes de séquences et des diagrammes d'états transitions présentent l'aspect comportemental et dynamique du système.

### III.1.3 Modèle fonctionnel

Avant de développer un système, il faut savoir précisément à quoi il devra servir, autrement dit à quels besoins il devra répondre. Cela revient à modéliser les besoins et faire apparaître les fonctionnalités du système.

Le modèle fonctionnel permet alors de rendre compte d'une part des interactions entre les acteurs et le système et d'autre part de ses fonctions proprement dites ; et cet aspect peut être concrétisé par le diagramme de cas d'utilisation UML et le descriptif de ses différents scénarios des cas d'utilisation.

#### III.1.3.1 Diagramme de cas d'utilisation

Un diagramme de cas d'utilisation capture le comportement d'un système, d'un sous-système, d'une classe ou d'un composant. Il scinde la fonctionnalité du système en unités cohérentes.

**Acteur :** Un acteur est l'idéalisation d'un rôle joué par une personne externe, un processus ou une chose qui interagit avec un système. Autrement, un acteur représente un rôle joué par une entité externe (utilisateur humain, dispositif matériel ou autre système) qui interagit directement avec le système étudié.

**Cas d'utilisation:** Un cas d'utilisation est une unité cohérente représentant une fonctionnalité visible de l'extérieur. Il réalise un service de bout en bout, avec un déclenchement, un déroulement et une fin, pour l'acteur qui l'initie.

**Les relations entre acteurs :** La seule relation possible entre deux acteurs est la généralisation; un acteur A est une généralisation d'un acteur B si l'acteur A peut-être substitué par l'acteur B, mais l'inverse n'est pas vrai.

**Les relations entre cas d'utilisation :**

**Relation d'inclusion (include):** un cas A inclut un cas B si le comportement décrit par le cas A inclut le comportement du cas B : le cas A dépend de B.

**Relation d'extension (extend) :** on dit qu'un cas d'utilisation A étend un cas d'utilisation B lorsque le cas d'utilisation A peut être appelé au cours de l'exécution du cas d'utilisation B.

- **Relation de généralisation :** un cas A est une généralisation d'un cas B si B est un cas particulier de A.

L'ensemble des cas d'utilisation de notre application décrit les exigences fonctionnelles telles déterminées dans le cahier de charge. Chaque cas d'utilisation correspond à une fonction métier, selon le point de vue d'un de ses acteurs.

Le diagramme de cas d'utilisation de notre application est donné ci-dessous :

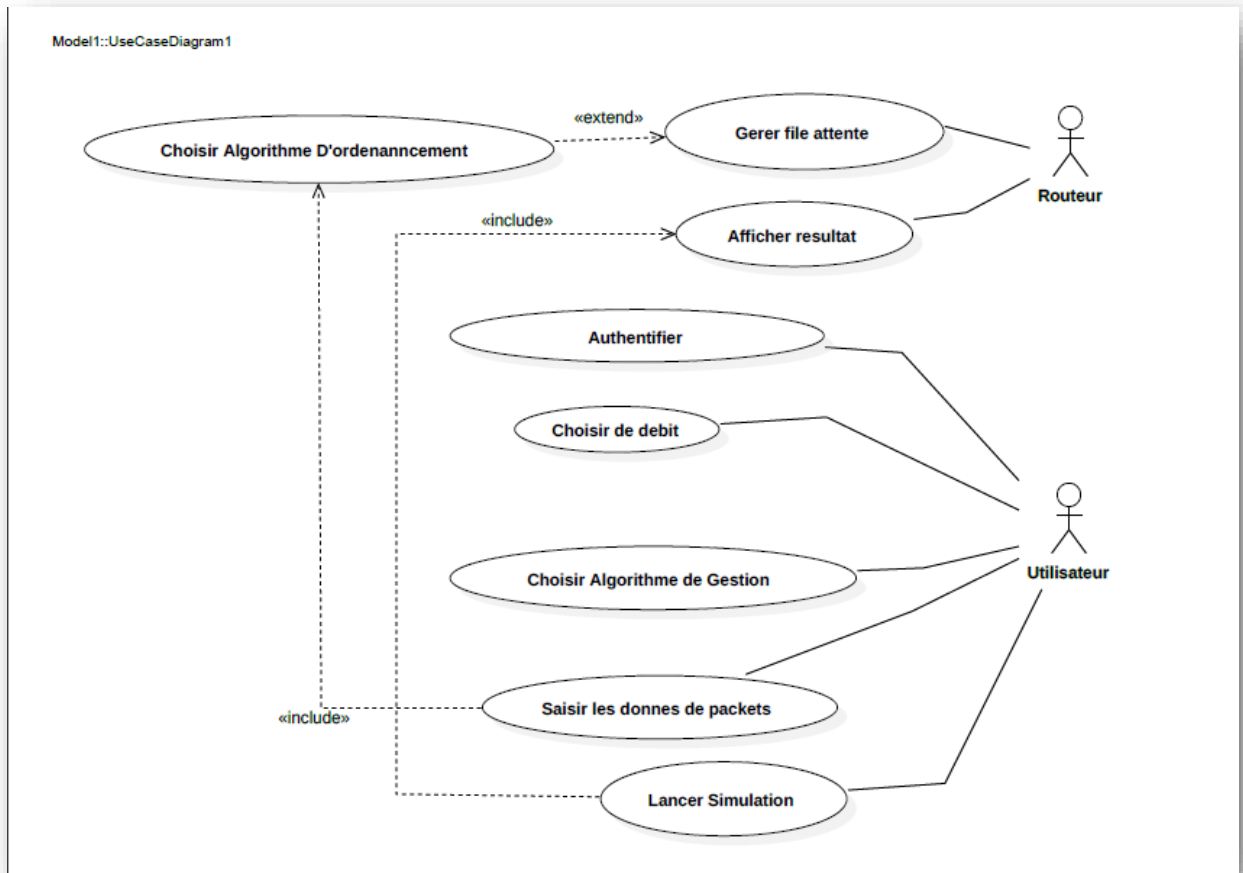


Figure III- 1 : Diagramme cas d'utilisation

### III.1.4 Modèle structurel

Les diagrammes UML structurels sont utilisés pour modéliser la structure statique du système. Parmi ces diagrammes, nous allons nous focaliser sur le diagramme de classes. C'est la représentation d'un ensemble de classes et/ou d'interfaces ainsi que des relations possibles entre ces éléments de modélisation.

#### III.1.4.1 Diagramme de classe

Le diagramme de classes est considéré comme le plus important de la modélisation orientée objet ; il est le seul obligatoire lors d'une telle modélisation, ce diagramme est centré sur les notions de :

- Classe : Une classe est un concept abstrait représentant des éléments variés.

- Attribut : Les attributs définissent des informations qu'une classe ou un objet doivent connaître. Ils représentent les données encapsulées dans les objets de cette classe.
  - Méthode : Comme pour les attributs de classe, il est possible de déclarer des méthodes de classe. Une méthode de classe ne peut manipuler que des attributs *de classe* et ses propres paramètres.
  - Association : Une association est une relation entre deux classes (association binaire) ou plus (association n-aire), qui décrit les connexions structurelles entre leurs instances. [7]
- Le diagramme de classes de l'application est:

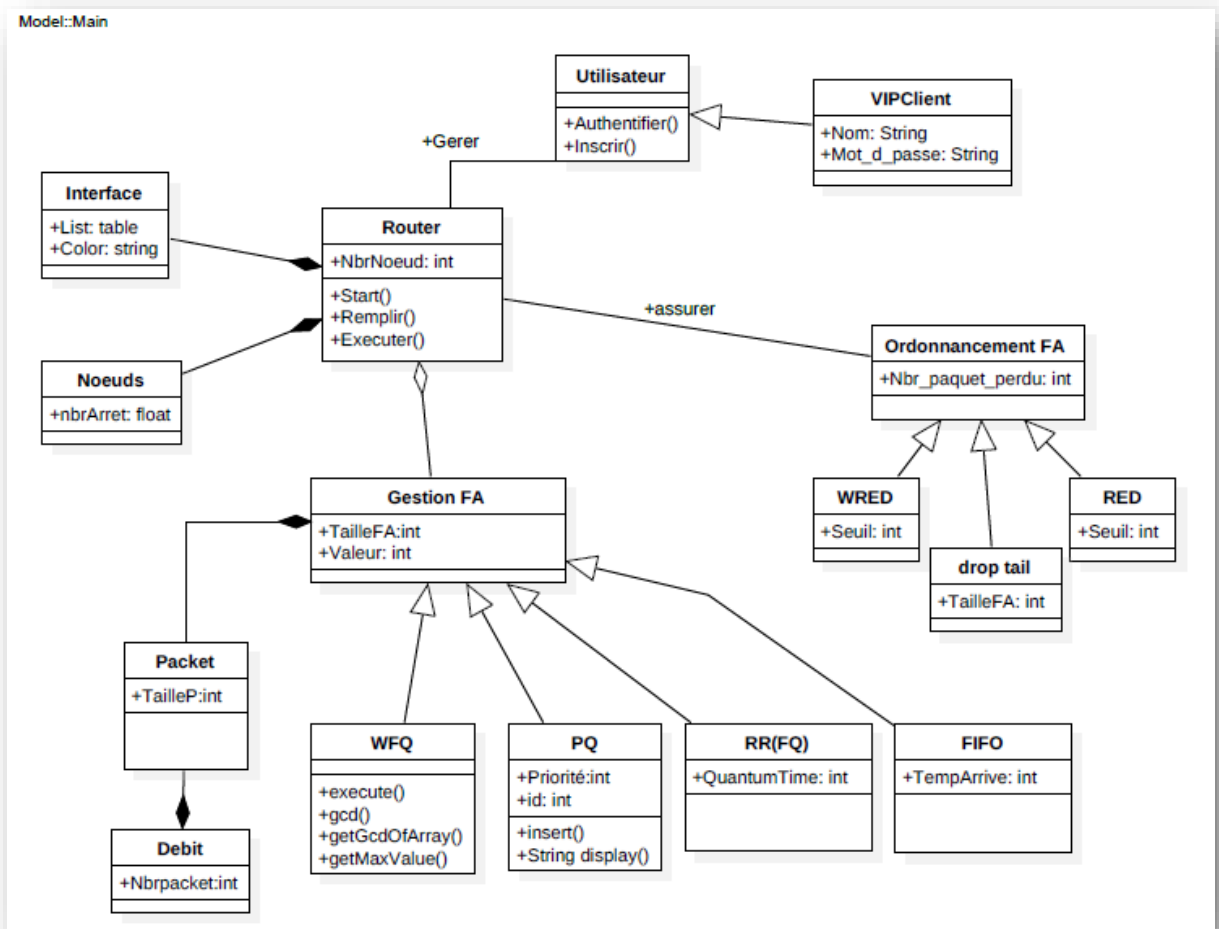


Figure III- 2 : Diagramme de classe

### III.1.5 Modèle dynamique

Le rôle principal de ce modèle est de décrire les interactions entre objets du domaine d'étude ; les spécifications des états des objets et les changements d'états, en précisant le déroulement des actions, le contrôle et les évènements associés.

Un objet interagit pour implémenter un comportement. L'interaction peut être décrite à l'aide :

- d'un ensemble d'objets qui coopèrent : diagramme de séquence et/ou,
- de l'ensemble des états d'un objet donné : diagramme d'états-transitions.

On s'intéresse à ces deux types de diagrammes d'interaction pour décrire le modèle dynamique de notre application; pour cela, nous avons focalisé notre attention sur un sous-ensemble d'éléments du système et étudié leur façon d'interagir pour décrire un comportement particulier.

#### III.1.5.1 Diagramme de séquence

Les diagrammes de séquence présentent la coopération entre différents objets. Les objets sont définis et leur coopération est représentée par une séquence de messages entre eux.

Les objets peuvent être connectés à des classes existantes ou bien être créés indépendamment de toute classe. Si les objets sont connectés à des classes, les messages peuvent être connectés à des opérations.

Les principales informations contenues dans un diagramme de séquence sont les messages échangés entre les lignes de vie (axes verticaux associés aux objets), présentés dans un ordre chronologique il comprend les lignes de vie et les messages.

Une ligne de vie se représente par un rectangle, auquel est accrochée une ligne verticale pointillée, contenant une étiquette

Un message définit une communication particulière entre des lignes de vie.

Plusieurs types de messages existent, les plus communs sont :

- l'envoi d'un signal.
- l'invocation d'une opération.
- la création ou la destruction d'une instance.

L'ordre d'envoi d'un message est déterminé par sa position sur l'axe vertical du diagramme. Le temps s'écoule de haut en bas sur cet axe. La disposition des objets sur l'axe horizontal n'a pas de conséquence pour la sémantique du diagramme.

On présente ci-après quelques diagrammes :

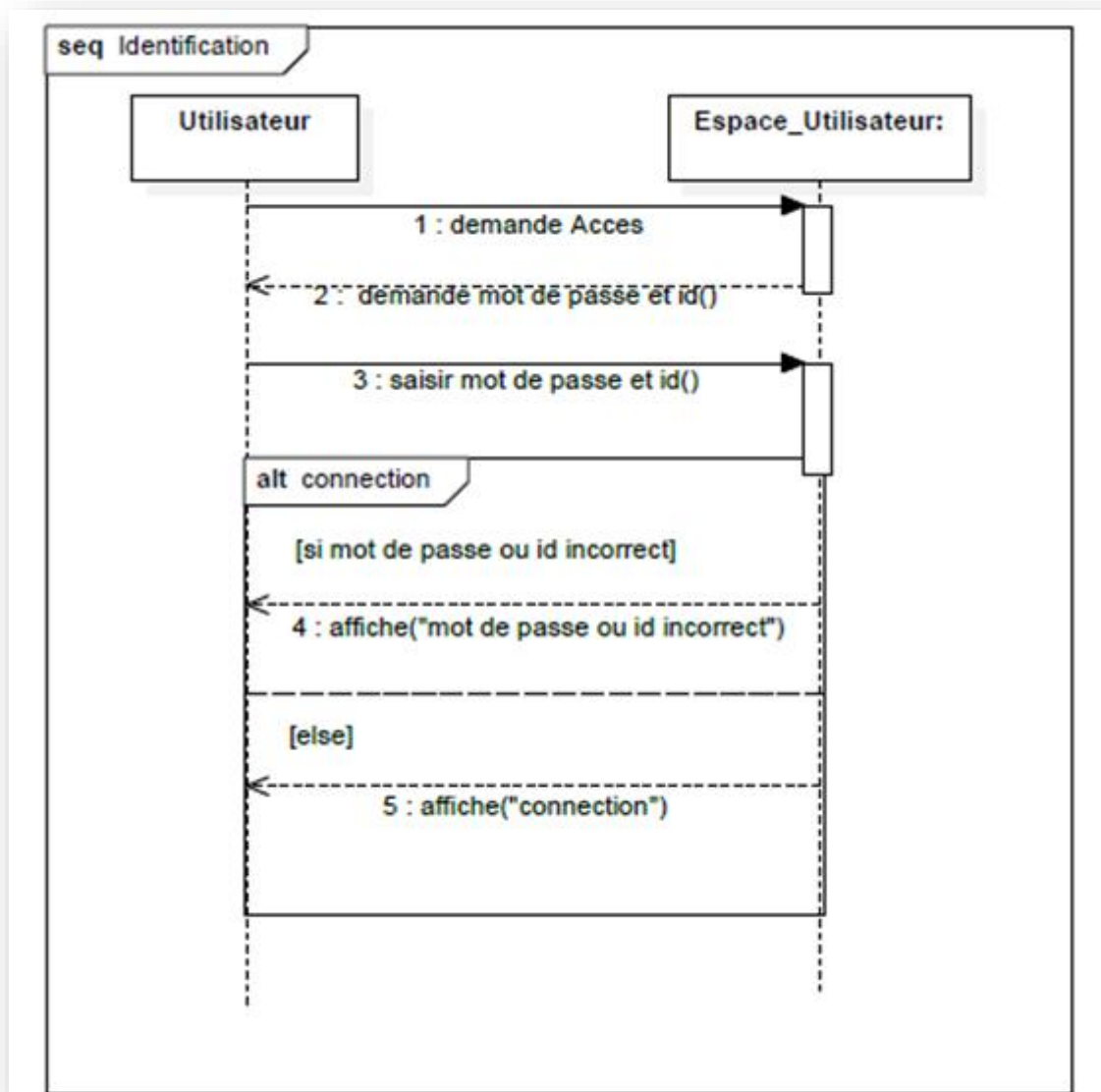


Figure III- 3 : Diagramme de séquence (Authentification)

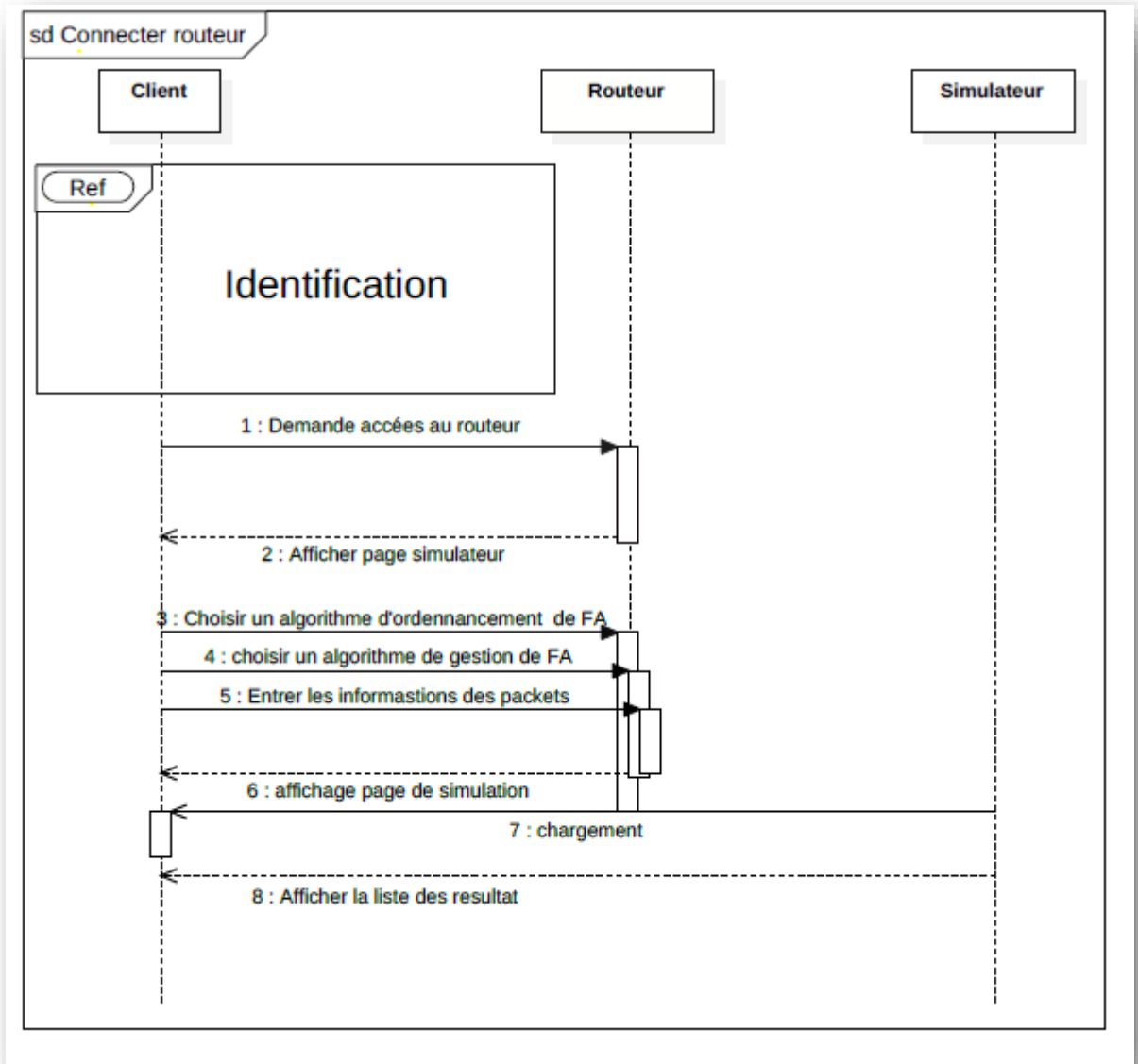


Figure III- 4 : Diagramme de séquence (Simulation)

### III.1.5.2 Diagramme d'état transition

Le diagramme d'état-transition d'UML permet de décrire le comportement interne d'un objet à l'aide d'un automate à états finis. Il présente l'ensemble des séquences possibles d'états et d'actions qu'une instance d'un classeur (classe ou composant), peut traiter au cours de son cycle de vie en réaction à des événements discrets extérieurs.

Le diagramme d'états-transitions est le seul diagramme, de la norme UML, à offrir une vision complète et non ambiguë de l'ensemble des comportements de l'élément auquel il est attaché.

Un diagramme d'états-transitions est un graphe qui représente un *automate à états finis*, c'est-à-dire une machine dont le comportement des sorties ne dépend pas seulement de l'état de ses entrées, mais aussi d'un historique des sollicitations passées.

Un diagramme d'états-transitions rassemble et organise les états et les transitions d'un classeur donné. Bien entendu, le modèle dynamique du système comprend plusieurs diagrammes d'états-transitions. Il est souhaitable de construire un diagramme d'états-transitions pour chaque classeur (qui, le plus souvent, est une classe) possédant un comportement dynamique important. Un diagramme d'états transitions ne peut être associé qu'à un seul classeur. [7]

Nous avons utilisé les éléments de conception de ce diagramme pour illustrer le comportement des classes.

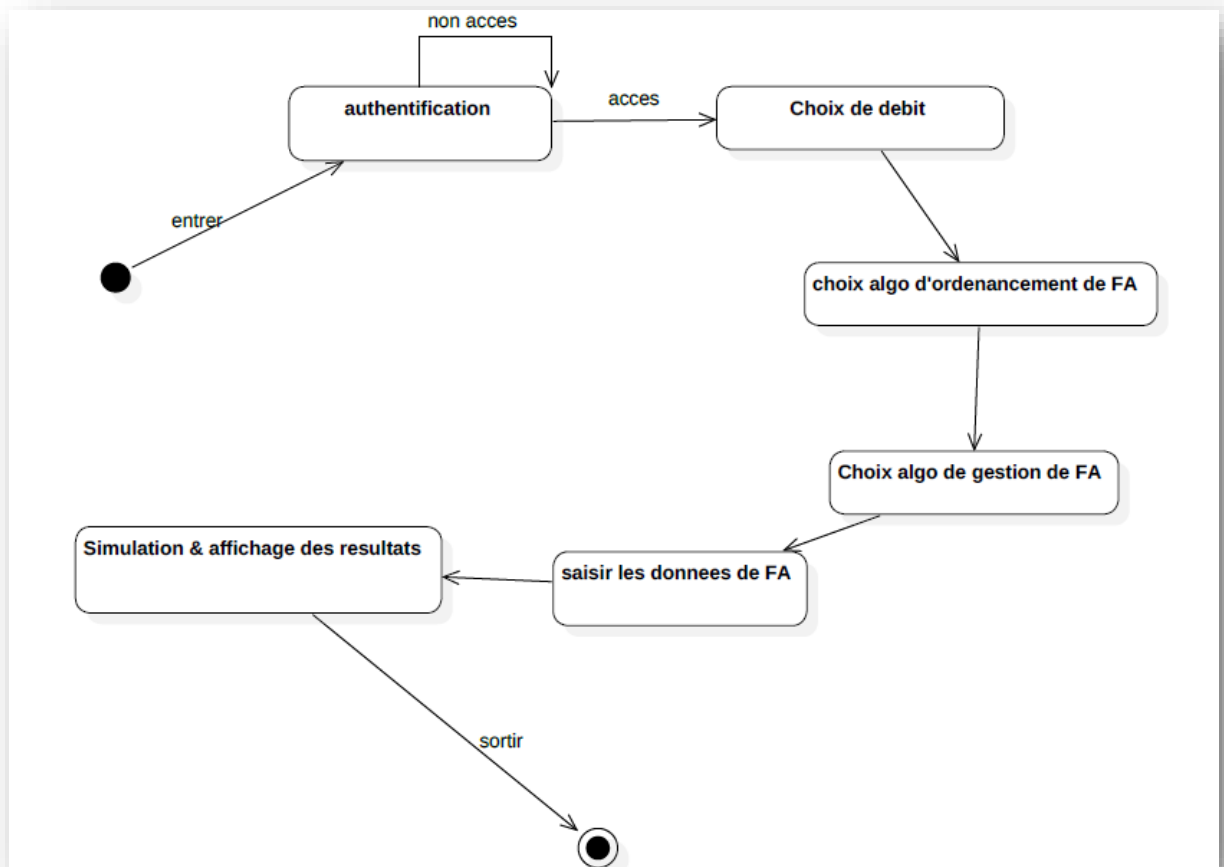


Figure III- 5 : Diagramme d'états transitions

### III.1.6 Conclusion de la conception

Dans cette partie, l'activité de la conception a facilité la compréhension de notre système par l'étude et la description des différents diagrammes du langage UML, utilisés pour la

modélisation, à savoir le diagramme de cas d'utilisation, le diagramme de classes, le diagramme de séquence et le diagramme d'états transitions.

Ces derniers diagrammes sont à utiliser dans la partie suivante, où nous allons développer la partie réalisation des différentes fonctionnalités de l'application.

## **III.2 Réalisation et implémentation**

### **III.2.1 Introduction**

Dans cette partie, nous décrivons le coté réalisation et implémentation de l'application conçue, nous présentons en premier lieu, les outils de développement adoptés et utilisés et en deuxième lieu les différentes parties de notre application, Et nous décrivons l'interface utilisateur développée à l'aide de Java sous environnement Eclipse.

Les différents résultats des tests sont obtenus en appliquant différents traitements à travers l'utilisation des algorithmes déjà implémentés avec Java.

### **III.2.2 Choix du langage et de l'environnement de développement intégré (EDI)**

La particularité et l'objectif central de Java est que les logiciels écrits dans ce langage doivent être très facilement portables sur plusieurs systèmes d'exploitation tels que UNIX, Windows, Mac OS ou GNU/Linux [22].

Eclipse est un environnement de développement intégré libre extensible, universel et polyvalent, permettant de créer des projets de développement mettant en œuvre n'importe quel langage de programmation, il est principalement écrit en Java, dans le monde de programmation plusieurs logiciels commerciaux sont basés sur ce logiciel libre, comme par exemple *IBM Lotus Notes 8* et *IBM Symphony, etc* [17].

### **III.2.3 Choix de StarUML**

StarUML est un logiciel de modelage UML qui est entré récemment dans le monde de l'Open Source. Écrit en Delphi, il est modulaire et propose plusieurs générateurs de code [21].

### **III.2.4 Choix de sécurité**

Avant d'accéder à notre application nous imposons aux utilisateurs de passer par une authentification qui consiste à s'assurer de l'identité des utilisateurs et vise la préservation de la confidentialité et la sécurité des données ainsi que leur intégrité.

### **III.2.5 Perspective**

Dans l'optique de l'élargissement de la vision de ce mémoire de fin d'études, notre travail futur est d'ajouter tous les algorithmes d'ordonnancement et de gestion de file d'attente et nous suggérons que cette application soit orientée vers le web, pour le rendre plus facile et

accessible pour l'utilisateur vu les avantages que ce nouveau monde du développement procure de nos jours.

### III.2.6 Interfaces et fonctionnalités de l'application

#### Fenêtre LOGIN :

##### Description :

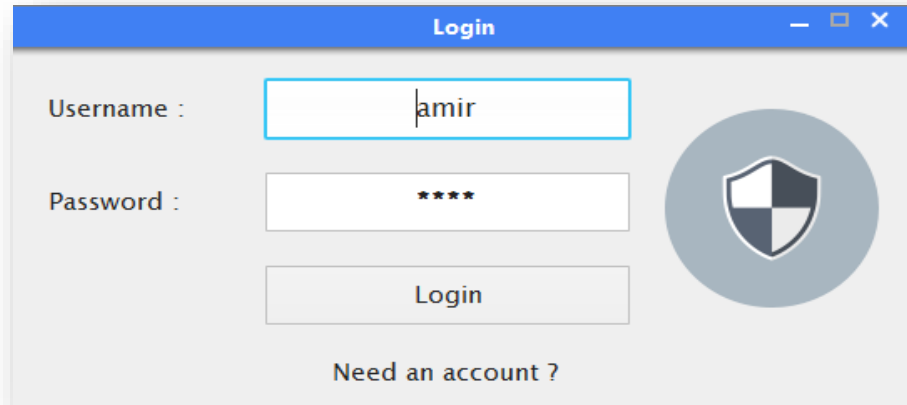


Figure III-2.1: Fenêtre LOGIN

L'utilisateur doit remplir le nom et le mot passe pour accéder à ses fonctionnalités, si l'utilisateur se trompe sur son nom ou mot de passe un message d'erreur s'affiche, sinon, il y aura une redirection vers la fenêtre **SELECTION** qui contient les informations globales de début de simulation.

#### Fenêtre SELECTION :

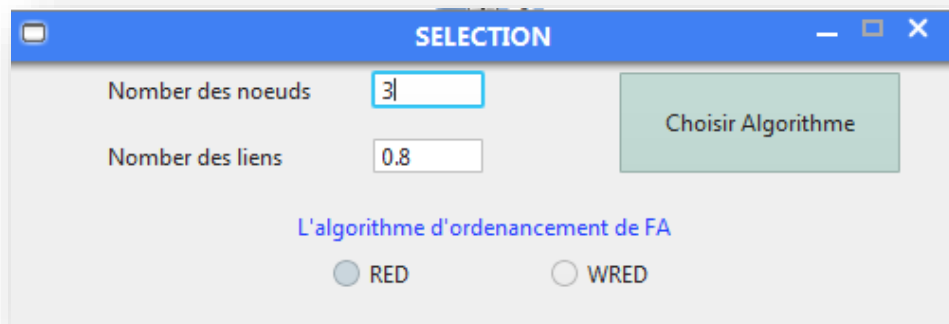


Figure III-2. 2: Fenêtre SELECTION (1)

##### Description :

Après l'identification, l'utilisateur choisit le débit réseau en entrant le nombre de nœuds et la complexité de ce réseau qui doit être confiné entre [0-1].

L'utilisateur a le choix de sélectionner un des algorithmes d'ordonnement (RED, WRED). Sinon la simulation démarrera par défaut en utilisant l'algorithme (Drop Tail).

**Fenêtre SELECTION (phase2) :**

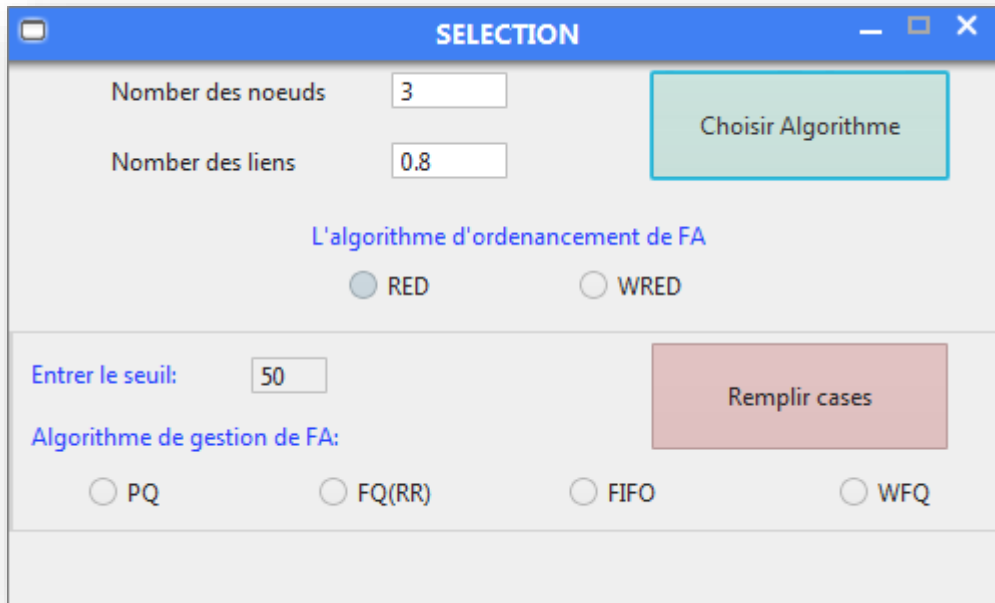


Figure III-2. 3:Fenêtre SELECRTION (2)

**Description :**

Au moment où l'utilisateur clique sur le bouton « Choisir Algorithme » la fenêtre **SELECTION** va s'agrandir et donnera accès à plus de paramètres nécessaires pour la simulation.

Si l'utilisateur sélectionne un des algorithmes d'ordonnancement, il va être obligé de remplir la case par la valeur de seuil ou le nombre des nœuds ne passera pas.

Après avoir sélectionné l'algorithme de gestion de file d'attente parmi l'un des (**PQ, FQ, WFQ ou FIFO**), et en cliquant sur le bouton « Remplir » Cases, la fenêtre **SELECTION** se développera à nouveau et la dernière partie de remplissage sera Fini.

**NB :** les cases ne dépassent pas 28 cases.

**Fenêtre SELECTION (phase3):**

**Choix de FQ (Faire-Queuing):**

The screenshot shows a software window titled "SELECTION" with the following elements:

- Number des noeuds:** Input field with value 21.
- Number des liens:** Input field with value 0.8.
- Choisir Algorithme:** A green button.
- L'algorithme d'ordonancement de FA:** Radio buttons for RED (selected) and WRED.
- Enter le seuil:** Input field with value 50.
- Remplir cases:** A red button.
- Algorithme de gestion de FA:** Radio buttons for PQ (selected), FQ(RR), FIFO, and WFQ.
- Enter nombre paquet de chaque noeud :** A table with 21 rows and 4 columns for "Nbr P1" through "Nbr P21" and "Pr1" through "Pr21".
- Start:** A green button.
- Legend:** "Nbr P1 = Nombre paquets de noeud numero 1. Pr1 = Priorité de paquets de chaque noeud."

Figure III-2.4 Fenêtre SELECTION (PQ)

L'algorithme de gestion de la file d'attente Priority Queuing ne nécessite que l'utilisateur entre le nombre de paquets et la priorité de chaque nœud.

**Choix de FQ (ROUND-ROBIN):**

Figure III-2.5 : Fenêtre SELECTION (Round Robin)

L'algorithmme de gestion de la file d'attente Faire Queuing ne nécessite seulement que l'utilisateur entre le nombre de paquets de chaque nœud sans oublier le nombre de paquets dans chaque tour.

**Choix de FIFO (First In First Out):**

**SELECTION**

Number des noeuds:

Number des liens:

**Choisir Algorithme**

L'algorithme d'ordonancement de FA

RED  WRED

---

Entrer le seuil:

**Remplir cases**

Algorithme de gestion de FA:

PQ  FQ(RR)  FIFO  WFQ

Enter nombre paquet de chaque noeud :

Nbr P: 1	<input type="text"/>	T-A: 1	<input type="text"/>	Nbr P: 15	<input type="text"/>	T-A: 15	<input type="text"/>
Nbr P: 2	<input type="text"/>	T-A: 2	<input type="text"/>	Nbr P: 16	<input type="text"/>	T-A: 16	<input type="text"/>
Nbr P: 3	<input type="text"/>	T-A: 3	<input type="text"/>	Nbr P: 17	<input type="text"/>	T-A: 17	<input type="text"/>
Nbr P: 4	<input type="text"/>	T-A: 4	<input type="text"/>	Nbr P: 18	<input type="text"/>	T-A: 18	<input type="text"/>
Nbr P: 5	<input type="text"/>	T-A: 5	<input type="text"/>	Nbr P: 19	<input type="text"/>	T-A: 19	<input type="text"/>
Nbr P: 6	<input type="text"/>	T-A: 6	<input type="text"/>	Nbr P: 20	<input type="text"/>	T-A: 20	<input type="text"/>
Nbr P: 7	<input type="text"/>	T-A: 7	<input type="text"/>	Nbr P: 21	<input type="text"/>	T-A: 21	<input type="text"/>
Nbr P: 8	<input type="text"/>	T-A: 8	<input type="text"/>	Nbr P: 22	<input type="text"/>	T-A: 22	<input type="text"/>
Nbr P: 9	<input type="text"/>	T-A: 9	<input type="text"/>	Nbr P: 23	<input type="text"/>	T-A: 23	<input type="text"/>
Nbr P: 10	<input type="text"/>	T-A: 10	<input type="text"/>	Nbr P: 24	<input type="text"/>	T-A: 24	<input type="text"/>
Nbr P: 11	<input type="text"/>	T-A: 11	<input type="text"/>	Nbr P: 25	<input type="text"/>	T-A: 25	<input type="text"/>
Nbr P: 12	<input type="text"/>	T-A: 12	<input type="text"/>	Nbr P: 26	<input type="text"/>	T-A: 26	<input type="text"/>
Nbr P: 13	<input type="text"/>	T-A: 13	<input type="text"/>	Nbr P: 27	<input type="text"/>	T-A: 27	<input type="text"/>
Nbr P: 14	<input type="text"/>	T-A: 14	<input type="text"/>	Nbr P: 28	<input type="text"/>	T-A: 28	<input type="text"/>

**Start**

Nbr P:1 = Nombre paquets de noeud numero 1.  
T-A:1 = temps d'arrivee des paquets de noeud

Figure III-2.6 : Fenêtre SELECTION (FIFO)

L'algorithme de gestion de la file d'attente FIFO (First In First Out) nécessite juste que l'utilisateur entre le nombre de paquets de chaque nœud et son temps d'arrivée.

**Choix de WFQ (Weighted Faire Queuing):**

SELECTION

Nombre des noeuds

Nombre des liens

Choisir Algorithme

L'algorithmme d'ordenancement de FA

RED  WRED

Entrer le seuil:

Remplir cases

Algorithme de gestion de FA:

PQ  FQ(RR)  FIFO  WFQ

Enter nombre paquets de chaque noeud :

Nbr P: 1	<input type="text"/>	Nbr P: 15	<input type="text"/>
Nbr P: 2	<input type="text"/>	Nbr P: 16	<input type="text"/>
Nbr P: 3	<input type="text"/>	Nbr P: 17	<input type="text"/>
Nbr P: 4	<input type="text"/>	Nbr P: 18	<input type="text"/>
Nbr P: 5	<input type="text"/>	Nbr P: 19	<input type="text"/>
Nbr P: 6	<input type="text"/>	Nbr P: 20	<input type="text"/>
Nbr P: 7	<input type="text"/>	Nbr P: 21	<input type="text"/>
Nbr P: 8	<input type="text"/>	Nbr P: 22	<input type="text"/>
Nbr P: 9	<input type="text"/>	Nbr P: 23	<input type="text"/>
Nbr P: 10	<input type="text"/>	Nbr P: 24	<input type="text"/>
Nbr P: 11	<input type="text"/>	Nbr P: 25	<input type="text"/>
Nbr P: 12	<input type="text"/>	Nbr P: 26	<input type="text"/>
Nbr P: 13	<input type="text"/>	Nbr P: 27	<input type="text"/>
Nbr P: 14	<input type="text"/>		

Start

Nbr P: 1 = Nombre paquets de noeud numero 1.

Figure III-2.7 : Fenêtre SELECTION (Weighted Faire Queuing)

L'algorithmme de gestion de la file d'attente Weighted Faire Queuing ne nécessite que l'utilisateur entre le nombre de paquets de chaque noeud.

Quant la partie de remplissage est finie, l'utilisateur clique sur le bouton « *Exécuter* » pour lancer la simulation et il s'affichera une nouvelle fenêtre **SIMULATION** va s'afficher.

**Fenêtre SIMULATION :**

La fenêtre **SIMULATION** affiche le graphe qui représente à gauche notre réseau virtuel et à droite on retrouve les résultats au détrimment du logarithme que nous avons choisi.

La fenêtre **SIMULATION** présente aussi la file d'attente de sortie dans le routeur avec tous les paquets non rejetés.

**Algorithme Priority Queuing :**

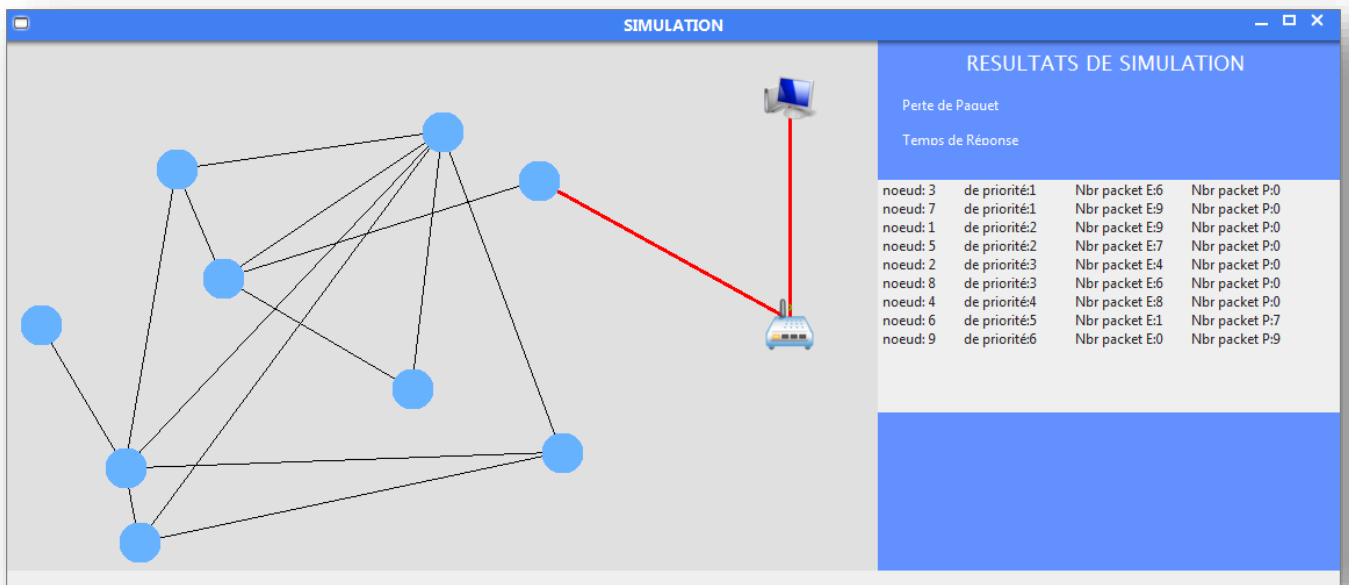


Figure III-2.8: Fenêtre SIMULATION (Algorithme PQ)



Figure III-2.9: Fenêtre SIMULATION (File d'attente de Sortie Algorithme PQ)

**Algorithme Faire Queuing :**

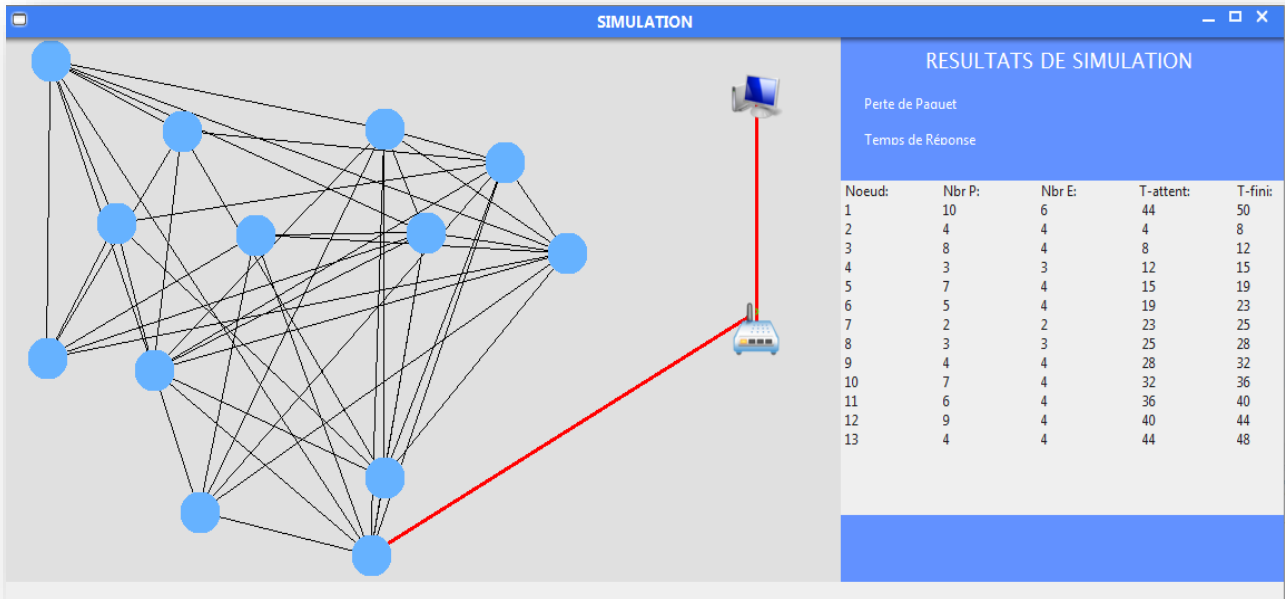


Figure III-2.10 : Fenêtre SIMULATION (Algorithme FQ)



Figure III-2.11 : Fenêtre SIMULATION (File d'attente de Sortie Algorithme FQ)

**Algorithme First In First Out:**

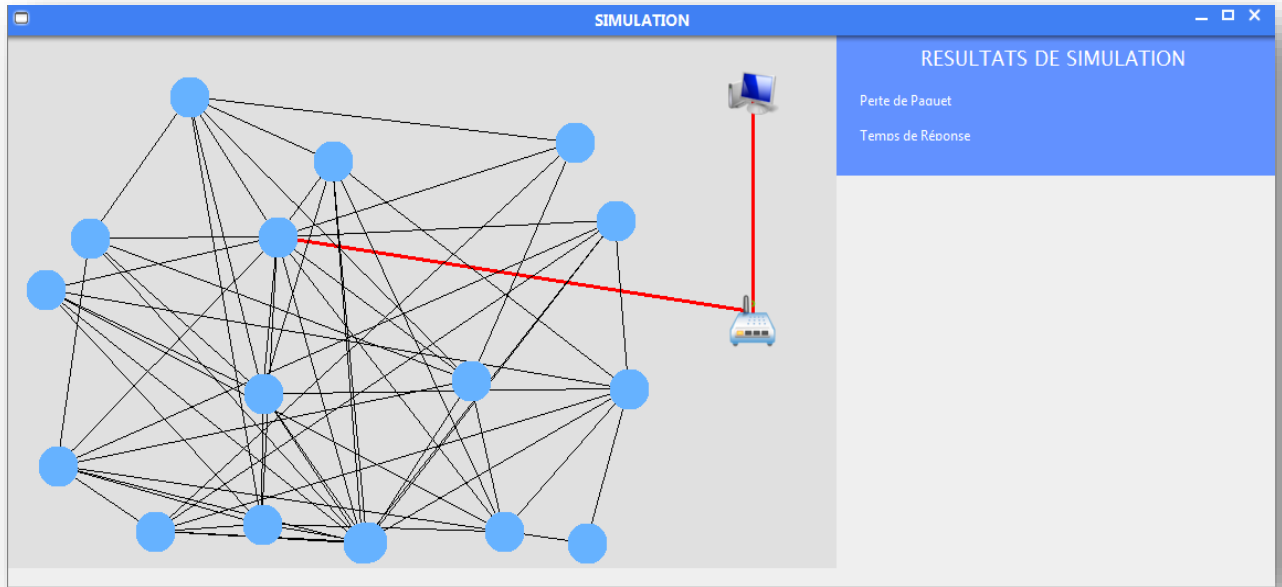


Figure III-2. 12 : Fenêtre SIMULATION (Algorithme FIFO)

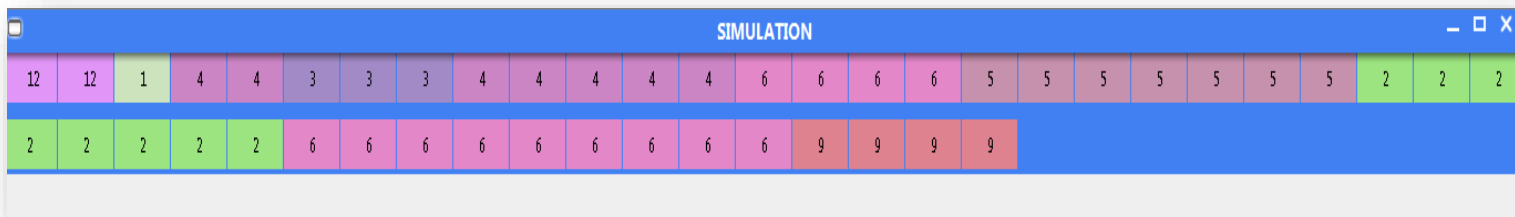


Figure III-2.13: Fenêtre SIMULATION (File d'attente de Sortie Algorithme FIFO)  
**Algorithme weighted Faire Queuing :**

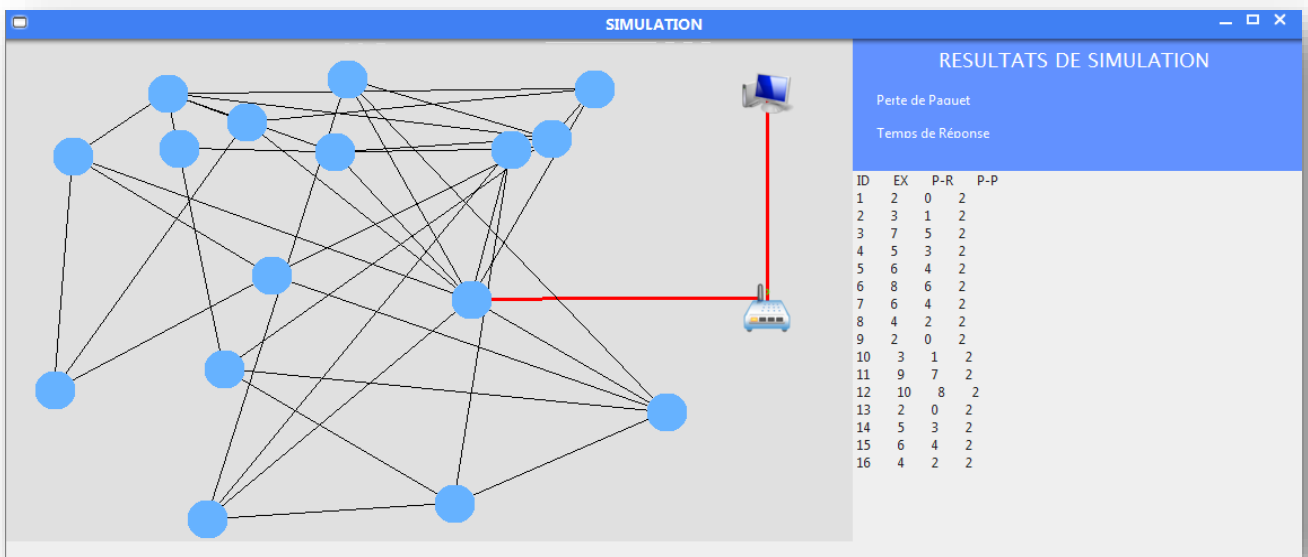


Figure III-2.14 : Fenêtre SIMULATION (Algorithme WFQ)

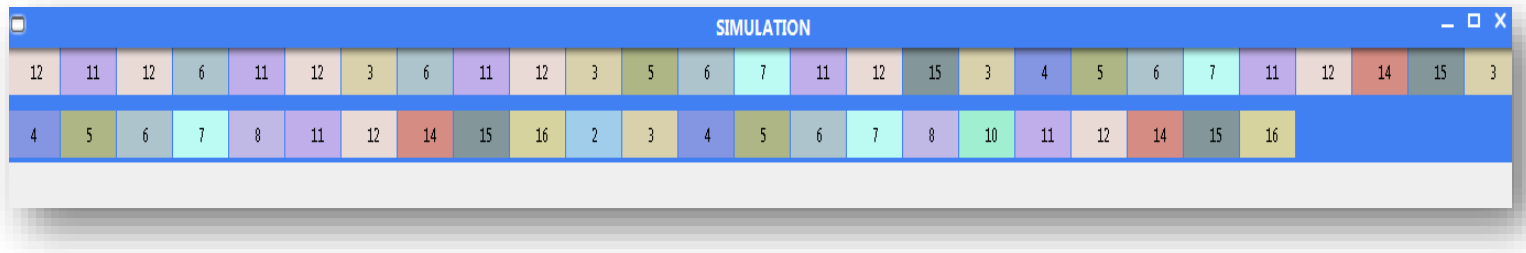


Figure III-2.15 : Fenêtre SIMULATION (File d'attente de Sortie Algorithme WFQ)

### III.2.7 Conclusion de la réalisation

Dans cette partie, nous avons présenté les outils de développement et la réalisation de notre application. On a décrit les fonctions de l'application à travers les différentes captures écrans obtenues à partir du déroulement des menus de l'interface utilisateur. Quelques portions de codes sources sont conjointement donnés avec des vues de l'interface.



# CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire nous a permis d'acquérir de bonnes connaissances concernant : les réseaux, la qualité de service et les contraintes que nous devons surmonter. Il nous a permis aussi de nous familiariser avec le langage java sous l'environnement Eclipse (Eclipse Luna) pour implémenter les fonctionnalités de l'application et son interface.

Nous aurions souhaité que les résultats de la simulation soient rapportés sur une application avec un réseau virtuel.

Notre contribution dans la réalisation ce mémoire nous a permis d'approfondir le domaine de la qualité de service QoS dans le réseau Internet et de mieux assimiler les mécanismes permettant de différencier les types de trafic. La QoS est caractérisée par des critères comme le délai, la gigue, le taux d'erreur, la bande passante ou le débit. La gestion adaptative de la QoS dans le réseau actif consiste à rendre les équipements réseaux, notamment les routeurs, capables de choisir la configuration de QoS la plus adaptée à des situations de trafic données.

Le thème de ce mémoire est un sujet d'actualité. Il contient des parties qui font, actuellement, partie du domaine de la recherche et du développement (Mécanismes d'ordonnancement et de gestion de files d'attente).

La gestion de la qualité de service pour l'opérateur est une exigence pour satisfaire les besoins de l'utilisateur final.

Nous constatons qu'il n'existe pas de modèles parfaits répondant à toutes les exigences d'une bonne qualité de service, donc ce sujet est loin d'être clos.

# Bibliographie

- [1] A.E.Germain: Le réseau informatique dans la chaîne de production d'une société de presse. Ingénieria, ISCM, 2010.
- [2] D.INCERTI : IP et Qualité de Service, CICT – Université Paul Sabatier, Toulouse, 1999.
- [3] D. TSHIMANGA, Etude d'implémentation d'une solution VOIP sécurisée dans un réseau informatique d'entreprise. Cas de l'ISTA de Kinshasa Institut supérieur de techniques appliquées de Kinshasa - Ingénieur en génie électrique option informatique appliquée 2012.
- [4] H.BAMBY : Etude de la qualité de service dans les réseaux mobiles GSM. Institut supérieur d'informatique - Licence professionnelle, 2012.
- [5] J.F. Pillou, tout sur les réseaux et internet, © Dunod, 2012, 2015 5 rue Laromiguière, 75005 Paris.
- [6] J.KASHMAR : Gestion adaptative de la Qualité De Service dans un réseau actif IP. UNIVERSITE LIBANAISE (Faculté de Génie) UNIVERSITE SAINT-JOSEPH (Faculté d'Ingénierie). Ingénieria, 15/03/2004.
- [7] L.Audibert : UML 2 : de l'apprentissage à la pratique, Edition Ellipses 2009.
- [8] M.A.Riahla, du mémoire : Conception et mise en œuvre d'un nouveau protocole de routage multi chemins pour les réseaux ad hoc basé sur la réputation nœuds, Doctoral dissertation, Université de BOUMERDES UMBB, 2008.
- [9] M.Djemai, Allet : Qualité de service du flux vidéo en utilisant Diffserv. Université m'hamed bougara - faculté des sciences boumerdès, Ingénieria, 2008.
- [10] M.HADDACHE : Les réseaux sans fil (Wireless Networks), © 2010/2011.
- [11] Mundemba : LA SECURISATION DES SERVEURS DES DONNEES DE L'ENTREPRISE SOUS ISA SERVEUR ,2006.
- [12] P.Rocques : UML 2 par la pratique : Eudes de cas et exercices, Edition Eyrolles 6<sup>ème</sup> édition , 2008.
- [13] R.MRABET, O.halidou : Vers une plateforme de gestion de la qualité de Service dans les réseaux IP au dessus de WIMAX. Ingénieria, ENSIAS AU 2007-2008 Oran Algérie.
- [14] S.FAURE : Mise en place de la Qualité de Service sur un lien WAN. Institut Universitaire de technologie Nice Sophia-Antipolis Département Génie des Télécommunications et des Réseaux, ingénieria, Mardi 21 Juin 2005.

[15] T.BOUCHETA, A.S.ADDOU : La qualité de service dans un réseau multiservice, institut des télécommunications ingénieria, Oran, 2008.

## WEBOGRAPHY

[7] hautrive.free, <http://hautrive.free.fr/reseaux/architectures/classification-des-reseaux.html>, Consulté le : 1/05/2017 8:17.

[17] Hebergement.u-psud, <http://hebergement.u-psud.fr/distribution/logiciels-libres/dev-web-a-programmation/398-eclipse-environnement-de-developpement-java.html> Consulté le : 12/04/2017 10:16.

[18] mongosukulu, <http://www.mongosukulu.com/index.php/en/contenu/informatique-et-reseaux/reseaux-informatiques/639-les-equipements-reseaux-informatiques?showall> Consulté le : 06/03/2017 10:12.

[19] ofpptmaroc, <http://www.ofpptmaroc.com/cours-exercices/func-startdown/2465/> Consulté le : 06/03/2017 10:10.

[20] wawadeb.crdp.ac-caen, <http://wawadeb.crdp.ac-caen.fr/iso/tmp/ressources/linux/reseau/www.laissus.fr/cours/node77.html>, Consulté le : 2/05/2017 14:33.

[21] Developpez, <http://matthieu-brucher.developpez.com/tutoriels/conception/staruml/> Consulté le: 12/04/2017 10 :12.

[22] Wekepidia, [http://fr.wikipedia.org/wiki/Java\\_%28langage%29](http://fr.wikipedia.org/wiki/Java_%28langage%29) Consulté le: 12/04/2017 10 :12.

## ملخص

يركز العمل المنجز في هذه الأطروحة على تدابير جودة الخدمة، التي تعد عاملاً هاماً جداً من أجل حسن أداء العديد من التطبيقات في الشبكات. ويهدف هذا العمل إلى تصميم و برمجة محاكي تفاعلي لجودة الخدمة في جهاز التوجيه، ويتم برمجة هذا الأخير بهدف الاستفادة منه من قبل الجميع حتى أولئك عديمو الخبرة في مجال البرمجة. وقد أظهر تقييم أداء هذه الأداة أنها تسمح بإدارة قوائم الانتظار (الدخول والخروج) بدقة عالية جداً. و نستخدم في تصميم البرنامج طريقة الأقسام الموجهة UML لأن هذه الطريقة تسهل المهمة بشكل كبير. تم برمجة جهاز المحاكاة باستخدام برامج كمبيوتر مختلفة مثل جافا سكريبت، ستار او مل، وامبسر فر، الخ...  
كلمات مفتاحية: جودة الخدمة، محاكي تفاعلي، جهاز التوجيه، قوائم الانتظار.

## Abstract

The work carried out in this thesis focuses on Quality of Service (QoS) measures, which is a very important parameter for the good functioning of several network applications. This work aims at the conception and implementation of an interactive simulator of the quality of service in a router. This last is implemented in a new objective to be useful not only by experienced persons in coding. The performance evaluation of this tool has shown that it allows managing queues (entry and exit) with a very high precision. The conception of the projected application using UML object-oriented modeling because this modeling facilitates the task. The simulator was realized using different computer software such as JavaScript, StarUML, WampServer, etc.

Keywords: Quality of Service, Interactive simulator, Queues, Router.

## Résumé

Les travaux menés dans ce mémoire s'intéressent particulièrement aux mesures de la Qualité de Service qui est un paramètre très important pour le bon fonctionnement de plusieurs applications réseau. Ces travaux visent donc à la conception et l'implémentation d'un simulateur interactif de la QoS dans un routeur. Ce dernier est implémenté avec l'objectif nouveau d'être accessible aux personnes non familiarisées avec la programmation. L'évaluation des performances de cet outil a montré ce dernier permet de gérer les files d'attente (d'entrée et de sortie) avec une très grande précision. La conception de l'application projetée a été réalisée en utilisant la modélisation Orientée Object avec UML car cette modélisation facilite la tâche. Le simulateur a été réalisé en utilisant différents logiciels informatiques tel que, JavaScript, StarUML, WampServer, etc.

Mots-clés: Qualité de Service, Simulateur interactif, les files d'attente, Routeur.