



Mémoire de Master

Présenté au

Département : Génie Électrique

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Télécommunications

Spécialité : Systèmes des Télécommunications

Réalisé par :

RABIA Farouk

Et

MIHOUBI Oussama

Thème

Installation et configuration des réseaux locaux par les protocoles TCP/IP sous NS3

Soutenu le : **06/11/2021**

Devant la commission composée de :

Mr :	ALI MOHAND Abdenour	M.C.B	Univ. Bouira	Président
	ROUAM Rania		Univ. Bouira	Rapporteur
	AYED Mouloud	M.C. A	Univ. Bouira	Examineur

Dédicaces

On dédie ce mémoire à ...

À nos très chères mères

Affable, honorable, aimable : vous représentez pour nous le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de nous encourager et de prier pour nous. Vos prières et votre bénédiction nous ont été d'un grand secours pour mener à bien nos études.

À nos très chers Pères

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour notre éducation et notre bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour notre éducation et notre formation. Puisse Dieu tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et Bonheur.

À nos très chers frères

Des frères comme on ne peut trouver nulle part ailleurs, Puisse Allah vous protéger, garder et renforcer notre fraternité. On vous souhaite tout le bonheur du monde.

À nos très chères soeurs

Vous avez été à nos côtés pendant toutes les étapes de ce travail, on vous 'en somme très reconnaissant. Puisse dieu vous protéger, garder et renforcer notre fraternité.

À notre chère amis Imoudira

On vous dédie ce mémoire car votre bienveillance et votre altruisme encouragent à bien faire.

Remerciements

Pour commencer, on tient à remercier le bon Dieu le tout Puissant de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail, on remercie aussi infiniment nos parents, qui nous ont encouragés et aidés à arriver à ce stade de notre formation.

Ce travail a été réalisé au sein du Département des Sciences et sciences appliquées de l'Université de Bouira, sous la direction de **Mme. Rouam Rania** à qui on exprime notre profonde gratitude pour l'attention portée à l'élaboration de ce mémoire, son aide précieuse, ses conseils, son soutien permanent et pour tous ses efforts.

À travers ce modeste travail, nous tenons à remercier vivement **Mr. Zerrouki** du Département de math informatique pour son aide cruciale et si décisive

Merci à tous ceux qui, de quelque manière que ce soit, par un conseil, une idée, un coup de main ou tout simplement leur amitié, nous ont aidés à réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier vivement **Mme. Rouam Rania** pour nous avoir honorés de son encadrement, pour sa disponibilité, ses orientations, ses précieux conseils et ses encouragements qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer notre gratitude aux membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail, nous remercions tous nos enseignants pour leurs conseils, leur gentillesse, et leur générosité.

Table des Matières

Remerciements.....	I
Résumé.....	II
Table des Matières	III
Liste des Figures	IV
Liste des Tableaux	V
Listes des Acronymes et Symboles.....	VI

Introduction Générale **1**

Chapitre 1 : Aperçu général sur les réseaux informatiques

1.1 Introduction.....	3
1.2 Réseau	3
1.2.1 Définition	3
1.2.2 Différentes sortes de réseaux.....	3
1.2.3 Architecture de réseau.....	4
1.3 Topologies des réseaux informatiques	4
1.3.1 Topologie physique	4
1.3.2 Topologie logique	5
1.4 Principaux éléments d'un réseau.....	6
1.4.1 Commutateur.....	6
1.4.2 Routeur.....	6
1.4.3 Pont.....	6
1.4.4 Répéteur	6
1.4.5 Carte réseau	6
1.4.6 Concentrateur	6
1.4.7 Passerelle.....	6
1.4.8 Modem	7
1.4.9 Point d'accès).....	7
1.5. Réseau sans fil.....	7
1.5.1 Définition	7
1.5.2 Classification.....	7
1.6. Adressage	8
1.6.1 Principe de base d'un réseau IP.....	8
1.6.2 Adresse IP	9
1.6.3 Différentes classes d'adresses internet.....	9
1.7. Routage.....	10
1.7.1 Définition	10
1.7.2 Différents modes de routage	11
1.8 Conclusion	12

Chapitre 2 : Le routage dans les réseaux informatiques

2.1 Introduction.....	14
2.2. Routage.....	14
2.1.1. Définition	14
2.3 Types de routage	15
2.3.1 Routage statique	15
2.3.2 Routage dynamique.....	15
2.3.3 Routage de combinaison statique-dynamique.....	15
2.3.4 Routage hiérarchique.....	15
2.4 Protocole de routage.....	16
2.4.1 Définition	16
2.4.2 Protocoles de routage externes	17
2.4.3 Protocoles de routage internes.....	17
2.5 Modèle tcp/ip.....	19
2.5.1 Définition	20
2.5.2 Différence entre le modèle et son implémentation.....	20
2.5.3 Les couches du modèle tcp/ip	21
2.5.4 Comparaison avec le modèle OSI	23
2.6 Conclusion	24

Chapitre3 : conception d'un réseau local sous protocole tcp/ip

3.1 Introduction.....	26
3.2. Outils de simulations	26
3.2.1 OPNET	27
3.2.2 OMNET.....	27
3.2.3 Cisco packet tracer	27
3.2.4 Network Simulator 2	28
3.3 Network simulator 3	29
3.4 Simulation et résultats	29
3.5 Conclusion.....	35

Conclusion Générale	36
----------------------------	-----------

Références	37
-------------------	-----------

Annexe	40
---------------	-----------

Liste des Figures

Figure 1.1: Les principales topologies physique des réseaux.	5
Figure 1.2: Principaux éléments d'un réseau.	7
Figure 1.3: Classification des réseaux sans fils selon la zone de couverture.....	8
Figure 1.4 : Classes des adresses IP.....	10
Figure 1.5: Principe d'une table de routage.	11
Figure 2.1: Le routage hiérarchique.....	16
Figure 2.2: Les 4 couches du modèle TCP/IP.....	21
Figure 3.1: Création des nœuds.....	29
Figure 3.2: Allocation des positions des entités.....	30
Figure 3.3: Création des canaux et les interfaces de transmissions.	30
Figure 3.4: Affectation de la couche physique et la couche Mac aux entités.	31
Figure 3.5: Affectation de la pile à ces nœuds.	31
Figure 3.6: Adressage des entités.....	32
Figure 3.7 : Création des sockets	33
Figure 3.8 : Résultats de simulation.....	33

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Terminologie des nœuds.....	14
Tableau 2 : Comparaison entre le modèle OSI et TCP/IP.....	23

Listes des Acronymes

ARPA	Advanced Research Projects Agency-Energy
BGP	Border Gateway Protocol
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DoD	Department of Defens
EGP	Exterior Gateway Protocol
EIGRP	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
FDDI	Fibre Distributed Data Interface
IETF	Internet Engineering Task Force
IGP	Interior Gateway Protocol
IGRP	Interior Gateway Routing Protocol
IP	Internet Protocol
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
IS-IS	Intermediate System to Intermediate System
LAN	Local Area Network
LSA	Link State Advertisement
MAN	Metropolitan Area Network
NS2	Network Simulator 2
NS3	Network Simulator 3
OSI	Open Systems Interconnection
OSPF	Open Shortest Path First
PAN	Personal Area Network
RIP	Routing Information Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
WAN	Wide Area Network

Introduction générale

Les réseaux de télécommunication constituent de nos jours une formidable passerelle entre les hommes et les différentes cultures et viennent nous apporter de multiples comforts à notre mode de vie en révolutionnant le travail des individus, d'une part, et en rapprochant les distances d'autre part, mais transporter des informations aussi différentes que la voix, les données et les images nécessite des techniques de plus en plus élaborées et une bonne connaissance des mécanismes de base ainsi qu'une maîtrise des technologies utilisées c'est -à-dire bien connaître les limites technologies pour être capable de concevoir, de spécifier et d'utiliser correctement les moyens mis à notre disposition.

La notion de réseaux informatiques demeure pour beaucoup un véritable mystère, à moins d'avoir un tant soit peu de connaissance en informatique. Pourtant, aujourd'hui, tout le monde a recours d'une manière ou d'une autre à ces réseaux aussi bien dans le cadre du travail que des loisirs.

Tous les réseaux sont très distincts les uns des autres. Il existe de nombreuses façons d'organiser les liens et les ordinateurs sur le réseau, et il existe des milliers de façons de gérer la transmission des informations sur le réseau. Afin de simplifier le problème, on peut encore classer le réseau selon plusieurs critères. Dans ce qui suit, nous verrons comment catégoriser les réseaux en fonction de leur taille et de leur étendue géographique et de la fonction des ordinateurs sur le réseau.

Dans un premier temps, nous avons consulté les notions fondamentales des réseaux informatiques.

Ensuite, nous avons abordé le routage de façon précise en mentionnant les types ainsi que les protocoles de routage.

Pour finir, nous avons conçu un réseau local ayant une partie filaire et une autre sans fil sous protocole TCP/IP ou NS3

CHAPITRE 1

Aperçu général sur les réseaux informatiques

1.1 Introduction

De l'idée de faire communiquer les ordinateurs entre eux, est venue l'idée des réseaux informatiques. Au début, il s'agissait de faire communiquer deux ordinateurs puis plusieurs autres. Maintenant, avec la popularisation de la communication informatique, on peut observer que des méthodes de communication auparavant distinctes convergent vers un réseau public (et mondial). De même, avant, chacun de ces services nécessitait des technologies différentes pour acheminer ses signaux de communication spécifiques. Par conséquent, chaque service avait son propre ensemble de règles et de normes conçues pour gérer la communication de ses services sur des supports spécifiques. Aujourd'hui, les avancées technologiques nous permettent d'intégrer ces différents réseaux en un seul réseau mondial.

Ce premier chapitre, reprend quelques notions théoriques de base sur les réseaux informatiques en général.

1.2 Réseaux

1.2.1 Définition

Un réseau informatique est constitué d'un ensemble de deux ordinateurs ou plus reliés entre eux pour permettre à des individus ou à des groupes de partager des ressources et des services. [1]

Les réseaux téléphoniques sont des réseaux qui ont précédé ceux informatiques, ces derniers permettent le transfert de la voix et des données sur un seul support suivant des langages et des protocoles compréhensibles.

1.2.2 Différentes sortes de réseaux

- **Réseau personnel** : (*en anglais* : *Personal Area Network* ; *PAN*), concerne l'interconnexion d'équipements informatiques dans une portée d'environ une dizaine de mètres. Il est basé sur l'utilisateur, aussi appelé réseau domestique ou réseau individuel.
- **Réseau local** : (*en anglais* : *Local Area Network* ; *LAN*), c'est un réseau qui s'étend sur quelques centaines de mètres, qui a pour but de relier entre des ordinateurs et des serveurs, fréquemment utilisé pour le partage des ressources communes. [2]
- **Réseau métropolitain** : (*en anglais* : *Metropolitan Area Network* ; *MAN*), ce réseau assure l'interconnexion de différents bâtiments sur un rayon de quelques dizaines de kilomètres en interconnectant souvent plusieurs réseaux LAN, par une liaison privée ou pas. Aussi appelé réseau fédérateur. [2]

- **Réseau étendu** : (*en anglais* : *Wide Area Network* ; *WAN*), comme son nom l'indique c'est le réseau le plus étendu, peut couvrir des milliers de kilomètres sur le monde entier. Constitué de plusieurs réseaux LAN et MAN. [2]

1.2.3 Architecture de réseau

- **Réseau poste à poste** : C'est un réseau dans lequel chaque poste autogère ses ressources. L'utilisateur est l'administrateur de sa machine, ce qui fait de chaque poste client et serveur à la fois. L'avantage de ce réseau est la facilité de sa mise en place. Par contre, l'un de ses inconvénients est son incapacité à supporter plusieurs machines. [3]
- **Réseau client/serveur** : Dans ce réseau, une ou plusieurs machines jouent le rôle du serveur, les autres machines sont des machines clientes. Quand une machine cliente désire un service, elle envoie une demande au serveur, qui analyse la demande et satisfait la machine en lui envoyant le service désiré. [3]

1.3 Topologie des réseaux informatiques

1.3.1 Topologie physique

C'est la façon de relier les équipements entre eux, il existe trois topologies principales :

- **Topologie en bus** : Tous les équipements sont reliés par un seul câble, ce qui fait que toutes les stations accèdent directement au réseau, engendrant des problèmes d'accès. On peut citer parmi ces avantages le coût bas, la facilité de la mise en place et la possibilité d'ajout de nouvelles stations sans déranger les communications en cours. [4]
On peut par contre compter la fait que la coupure d'un câble peut induire à l'interruption du réseau et le nombre limité de station comme inconvénient de cette topologie.
- **Topologie en anneau** : Les équipements sont reliés de façon à former une boucle dans laquelle les ordinateurs communiquent chacun son tour vu que les données avancent dans une direction unique. Ce type de topologie offre des débits élevés. Il est idéal pour les grandes distances. [4]
- **Topologie en étoile** : Le principe de la topologie en étoile, c'est que tous les nœuds du réseau sont liés à un nœud central. Pour communiquer à une entité il faut passer par le matériel central que ce soit un hub, un switch ou un routeur. [1]

L'inconvénient principal de cette topologie réside dans le fait que le dysfonctionnement de l'élément central signifie le dysfonctionnement de tout le réseau.

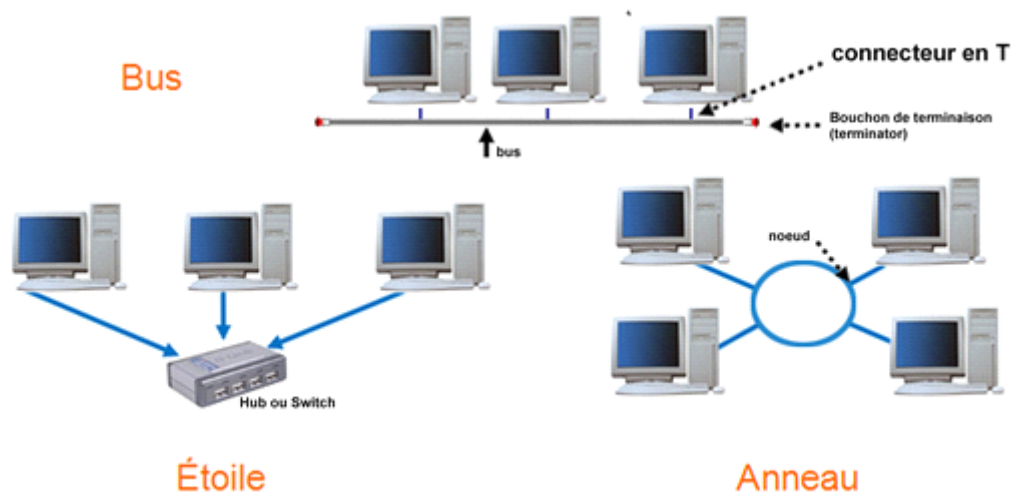


Figure 1.1 : Les principales topologies physique des réseaux. [5]

1.3.2 Topologie logique

C'est la façon de communiquer dans la topologie physique

- **Topologie Ethernet** : Basé sur la topologie en étoile, suivant le protocole CSMA/CD (*en anglais : Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*) dont le principe est de vérifier si d'autre station sont en train d'emmètre au moment de l'émission. [6]
- **Topologie Token ring** : Basé sur la topologie en anneau, utilise la méthode d'accès par jeton, si le poste a le jeton alors il a le droit d'emmètre, sinon il doit attendre l'obtention du jeton. [6]
- **Topologie FDDI** : Le FDDI (*en anglais : Fibre Distributed Data Interface*) se compose de deux anneaux, un primaire et un autre secondaire. L'anneau secondaire est utilisé pour compenser les erreurs de l'anneau principal ; Dans cette topologie on utilise l'anneau à jeton pour détecter et corriger les erreurs. [6]

1.4 Principaux éléments d'un réseau

Pour monter un réseau informatique, plusieurs équipements informatiques sont impliqués. La majorité de ces équipements sont des appareils d'interconnexion. Chacun de ces équipements à son propre rôle a joué.

1.4.1 Commutateur

Switch en anglais. C'est un équipement à plusieurs ports comme le concentrateur. Son but est de relier différents équipements informatiques entre eux. Il peut connaître l'adresse physique de la machine qui lui est connectée et analyse les trames reçues pour les diriger vers la machine cible. [7]

1.4.2 Routeur

Un routeur est un équipement matériel informatique. Utilisé pour trouver le meilleur chemin emprunté pour le message de l'émetteur au récepteur. [7]

1.4.3 Pont

Le pont est un équipement capable d'identifier l'émetteur et le récepteur ; du coup il dirige la trame directement vers la machine cible. [7]

1.4.4 Répéteur

Le répéteur est un équipement qui sert à ranimer le signal entre deux nœuds dans le but d'élargir la distance du réseau, On peut aussi l'utiliser pour lier deux supports de transmission de nature différente. [7]

1.4.5 Carte réseau

La carte réseau est l'interface physique entre l'ordinateur et le support de communication, pour qu'un ordinateur soit relié à un réseau il doit posséder une carte réseau. [8]

1.4.6 Concentrateur

(*En anglais hub*). C'est un équipement physique possédant plusieurs ports. Il a comme rôle de diffuser les données reçues sur un port sur l'ensemble des ports. [8]

1.4.7 Passerelle

La passerelle est un système à la fois matériel et logiciel qui permet de relier deux réseaux qui utilisent différents protocoles et/ou architecture en créant un pont entre les deux. Les informations ne sont pas transmises directement, elles sont d'abord converties afin d'assurer la transmission en gardant le respect des deux protocoles. [9]

1.4.8 Modem

Le modem est un équipement qui lie le réseau téléphonique au réseau informatique, par le fait de convertir les signaux analogiques en signaux numériques et vice versa ; en utilisant les techniques de modulation et de démodulation. [7]

1.4.9 Point d'accès

En général, c'est un dispositif sans fil qui se comporte comme un routeur en transmettant des données d'un point d'accès à un autre, ou tel un pont reliant un réseau câblé à des appareils sans fil. [10]

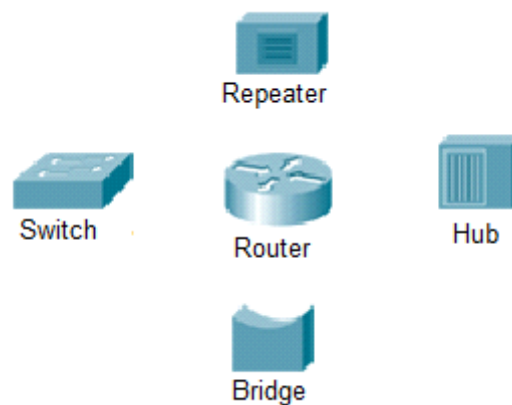


Figure 1.2 : Principaux éléments d'un réseau [11].

1.5 Réseau sans fil

1.5.1 Définition

Un réseau sans fil est un réseau informatique qui relie différentes stations ou systèmes entre eux sans support physique par le biais d'ondes radio. Il peut être associé à un réseau de télécommunications pour réaliser une interconnexion à distance entre des nœuds. [12]

1.5.2 Classification

On peut classer les réseaux sans fils selon plusieurs critères :

- **Selon la zone de couverture** : réseau privé sans fil, réseau local sans fil, réseau métropolitain sans fil et réseau étendu sans fil.

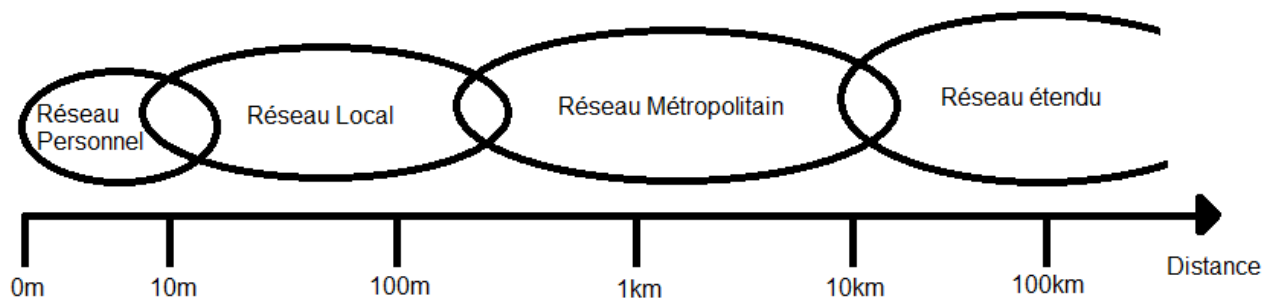


Figure 1.3 : Classification des réseaux sans fils selon la zone de couverture [13].

- **Selon l'infrastructure** : avec infrastructure et sans infrastructure.
- **Selon les modes de diffusion de l'information** : réseaux de diffusion, réseaux de collecte, réseaux de commutation.
- **Selon l'approche temporelle** : réseau plésiochrone, réseau synchrone. [4]

1.6 Adressage

1.6.1 Principe de base d'un réseau IP

IP (*en anglais : Internet Protocol*) est un réseau de transmission de paquets peu fiable et déconnecté. En d'autres termes, des paquets peuvent être perdus dans le réseau, arriver en désordre ou même doubler. La fiabilité n'est garantie que par la couche de transport dans l'ordinateur d'extrémité. L'élément intermédiaire du réseau est le routeur IP utilisé pour le choix de la voie. Le routeur peut être arrêté sans perturber la liaison via ce dernier. Le réseau se reconfigurera et les paquets seront acheminés via d'autres routes. Il n'y a également aucune garantie que les paquets suivront le même chemin. On peut faire une projection sur le réseau postal. Deux enveloppes ne passent pas nécessairement par le même centre de tri, ni arriver en même temps.

On appelle le paquet de base le datagramme. C'est comme une enveloppe de courrier, comprenant une adresse de destination et une adresse de départ. Derrière le routeur, il y a un réseau local et un lien dédié. [14]

1.6.2 Adresse IP

L'adresse IP se compose de 4 octets ou 32 bits et est exprimée en décimales allant de 0 à 255, par exemple, 192.50.123.0.

L'adresse n'est pas attribuée à la machine mais à l'interface de la machine. Par conséquent, celle-ci peut avoir plusieurs adresses. L'adresse est divisée en deux parties, la partie réseau et la partie machine. La très grosse faiblesse de cet adressage c'est qu'il n'est pas hiérarchique tel que 193.50.126.0 peut être un réseau japonais, et 193.50.125.0 est un réseau français. C'est une très grosse faiblesse de cet adressage. Le successeur (*IPv6*) fournit une hiérarchie d'adresses similaire au téléphone.

Chaque machine possède une ou plusieurs adresses. Chaque carte réseau doit contenir une adresse IP. Elle peut également avoir plusieurs adresses sur une même carte. Comme pour les machines qui hébergent plusieurs sites web. [14]

1.6.3 Différentes classes d'adresses internet

Pour des raisons d'administration et de routage, les adresses sont regroupées en différentes classes :

- **Réseau de classe A** : L'adresse est sur 7 bits donc il peut contenir un bon nombre de machine.
- **Réseau de classe B** : L'adresse est sur 14 bits et commence à 128.
- **Réseau de classe C** : C'est le plus utilisé suite à la disparition des classes B en manque d'adresse. Commence à 192.
- **Réseau de classe D** : Démarre à 224.
- **Réseau de classe E** : C'est une réserve pour le futur, démarre à 240. [14]

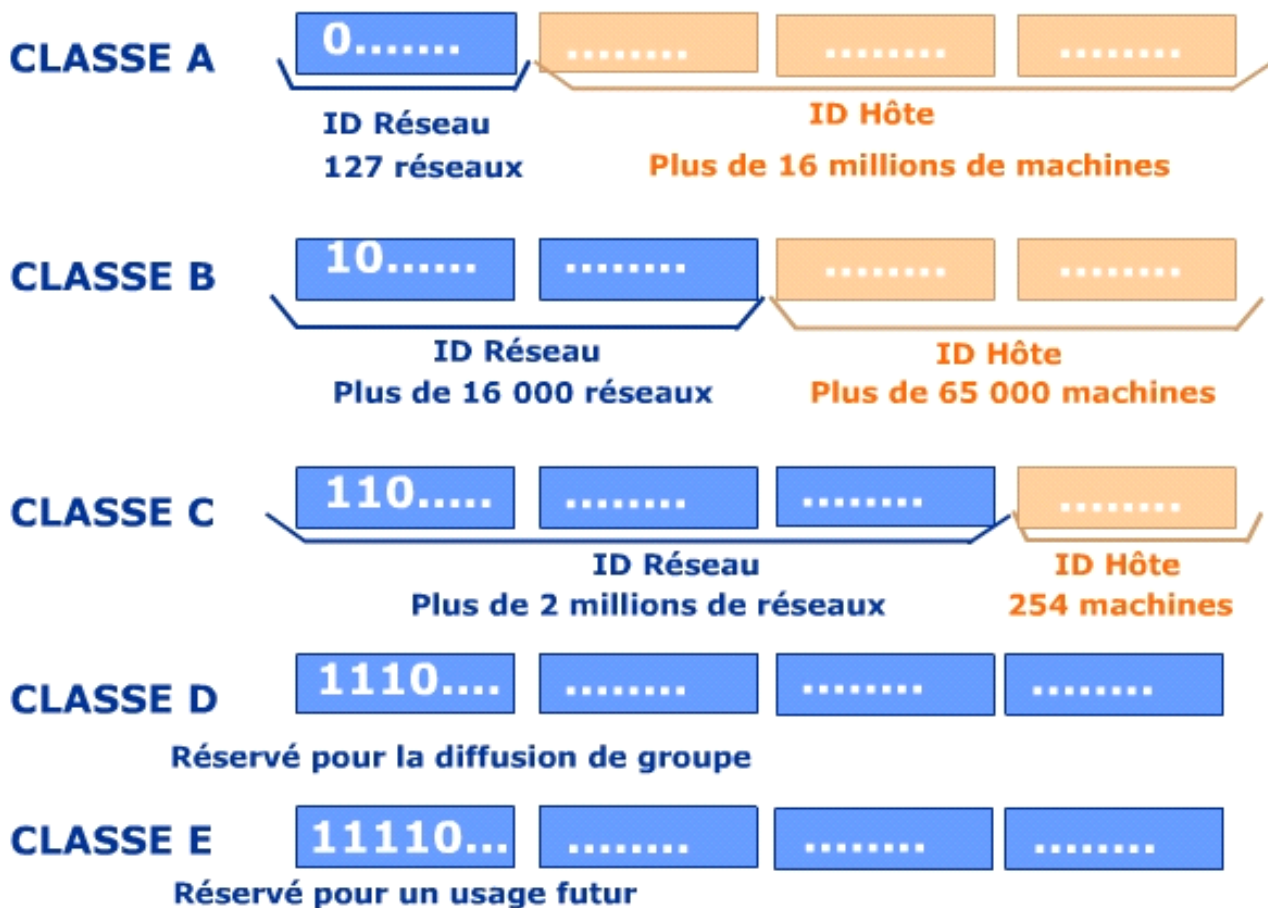


Figure 1.4 : Classes des adresses IP [15].

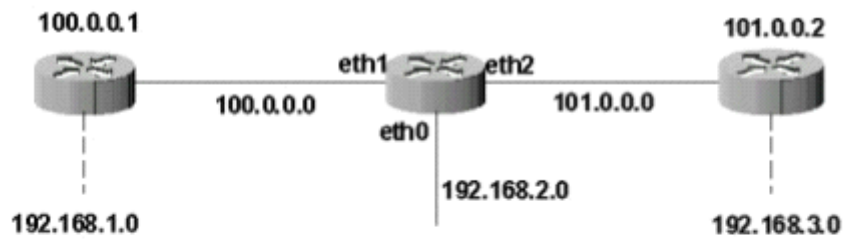
1.7 Routage

1.7.1 Définition

L'acheminement des informations c'est l'assurance du passage des blocs d'un point d'entrée à un point de sortie indiqué par son adresse. Chaque nœud possède des tables appelés table de routage, qui montrent le chemin à suivre pour arriver à destination.

On peut distinguer plusieurs politiques de routage qui dicte la façon de choisir la route :

- **Déterministe** : à l'arrivé du message dans le nœud, une seule route est possible afin d'arrivé à destination.
- **Adaptative** : Le chemin est choisi en fonction de l'état du réseau et n'est connu qu'au moment du routage.
- **Mixte** : le choix du chemin se fait en fonction de l'état du réseau au moment de l'établissement de la liaison entre les entités communicantes. Tous les messages de la même session suivront ce même chemin. [4]



Réseau	Masque	Moyen de l'atteindre	Métrique
192.168.2.0	255.255.255.0	eth0	0
100.0.0.0	255.0.0.0	eth1	0
101.0.0.0	255.0.0.0	eth2	0
192.168.1.0	255.255.255.0	100.0.0.1	1
192.168.3.0	255.255.255.0	101.0.0.2	1

Figure 1.5 : Principe d'une table de routage [16].

1.7.2 Différents modes de routage

- **Routage fixe** : Ce routage est idéal pour les petits réseaux. Il consiste à établir une table qui indique pour chaque destination l'adresse du nœud suivant. Il assure le maintien en séquence des informations même en mode déconnecté. Aucun bouclage n'est à craindre mais il n'existe pas de route de secours en cas de rupture d'un lien. [4]
- **Routage par diffusion** : le message est dirigé vers plusieurs destinations de façon simultanée. L'information est dupliquée autant de fois qu'il y'a de destinataire, ce qui oblige l'émetteur à tous les connaître. Cette technique met le réseau en surcharge. [4]
- **Routage par inondation** : Tous les nœuds envoient le message sur toutes ses lignes de sortie, sauf celle de la source du message. Pour éviter la surcharge du réseau, les messages sont numérotés et chaque nœud détruit les messages déjà vus. Cette technique assure le choix du chemin le plus court. [4]
- **Routage par le chemin le plus court** : Dans cette technique de routage, chaque nœud possède une table à jour qui indique le chemin le plus court pour atteindre le nœud de destination. [4]

1.8 Conclusion

L'une des raisons de la tourmente actuelle du réseau est l'émergence du multimédia. Les applications multimédia ont des caractéristiques différentes de la transmission traditionnelle de data ou de voix.

Pour intégrer toutes ces applications en un seul réseau, Internet a parié sur une évolution permettant de passer à une solution de routage-commutation pour le multimédia. La technologie Internet s'est améliorée et est devenue plus adaptée pour la transmission des informations isochrones.

CHAPITRE 2

Le routage dans les réseaux informatiques

2.1. Introduction :

La technologie de base a survécu à près de deux décennies de croissance exponentielle et à l'augmentation du trafic qui en découle. Les protocoles ont fonctionné sur les nouvelles technologies de réseau à haut débit, et la conception a permis de gérer des applications qui n'avaient pas pu être imaginées lors de la conception initiale. Bien entendu, la suite de protocoles n'est pas restée statique. De nouveaux protocoles ont été déployés et de nouvelles techniques ont été développées pour adapter les protocoles existants aux nouvelles technologies de réseau.

Ce deuxième chapitre se concentre sur le routage de façon assez précise.

2.2 Routage

2.2.1 Définition :

En informatique, le mot routage fait référence au mécanisme qui permet aux données d'un appareil émetteur d'être acheminées vers leur destination en vérifiant les informations localisées au 3ème niveau du modèle OSI (*en anglais : Open Systems Interconnection*), malgré qu'aucun d'eux ne connaît le passage complet que devront suivre les données. Posséder un programme de routage fiable est fondamental pour les réseaux décentralisés. [17]

La majorité des architectures de réseaux distinguent 2 types de nœuds :

- **Systèmes terminaux** : Les systèmes terminaux impliquent toutes les couches de l'architecture. Ce sont les postes de travail et les serveurs sur lesquels travaillent les utilisateurs. [18]
- **Systèmes intermédiaires** : Les systèmes intermédiaires n'ont besoin que des niveaux les plus bas de l'architecture. Leur mission est de rendre la communication entre des systèmes terminaux situés sur des liaisons de données différentes possible. Comme indiqué dans le tableau ci-dessous, les noms attribués aux systèmes terminaux et intermédiaires changent selon l'architecture. [18]

Nœud	TCP/IP	OSI	DECnet
Système terminal	Host	ES	End-node
Système intermédiaire	Gateway	IS	Router

Tableau 1 : Terminologie des nœuds [18].

2.3 Types de routage :

On compte plusieurs types de routage dont :

2.3.1 Routage statique :

Il est privilégié dans les réseaux de petite taille, l'administrateur doit configurer tous les routeurs du réseau afin d'y entrer les routes à suivre pour aller sur un tel ou tel réseau. Ce type de routage peut s'avérer complexe et long à maintenir pour les réseaux de grande taille et les réseaux à forte évolution. [19]

2.3.2 Routage dynamique :

Son utilisation est privilégiée en inter-réseaux de grande taille, il permet la mise à jour automatique. C'est le protocole de routage qui permet au routeur d'échanger des informations périodiquement ou occasionnellement afin que chaque routeur soit au courant des changements au sein du réseau sans qu'une intervention manuelle de l'administrateur ne soit exigée. [19]

2.3.3 Routage de combinaison statique – dynamique :

Il est privilégié dans le cas de routeurs reliant un réseau dont le routage est statique et un réseau au routage dynamique, et routeurs de bordure reliant un système interne autonome aux réseaux externes. La combinaison des deux types de routage statique et dynamique est une pratique très courante. [20]

2.3.4 Routage hiérarchique :

Pour des raisons de performances et de politique industrielle, certains très grands réseaux comme Internet nécessitent un routage hiérarchique. Pour réaliser cela, on découpe le réseau en domaines de routage qui est lui-même découpé en areas.

Tous les domaines de routage sont gérés par une autorité administrative unique. Les routeurs situés à la frontière entre domaines de routage utilisent un protocole de routage inter-domaine pour router entre ces domaines.

L'OSI et l'IETF (*en anglais : Internet Engineering Task Force*) actuellement consacrent de nombreux travaux au routage inter-domaine, les protocoles existants étant considérés comme susceptible d'être amélioré. Les routeurs situés dans le domaine de routage adoptent un protocole de routage intra-domaine pour assurer le routage à l'intérieur de ce domaine. Les routeurs situés à la frontière entre areas assurent le routage inter-area appelé routage de niveau 2.

Les routeurs à l'intérieur d'une area garantissent le routage intra-area nommé routage de niveau 1. Pour l'IETF, le domaine de routage est nommé AS, les protocoles de routage inter-domaine sont

EGP (*en anglais : Exterior Gateway Protocol*) et ceux de routage intra-domaine s'appellent IGP (*en anglais : Interior Gateway Protocol*).

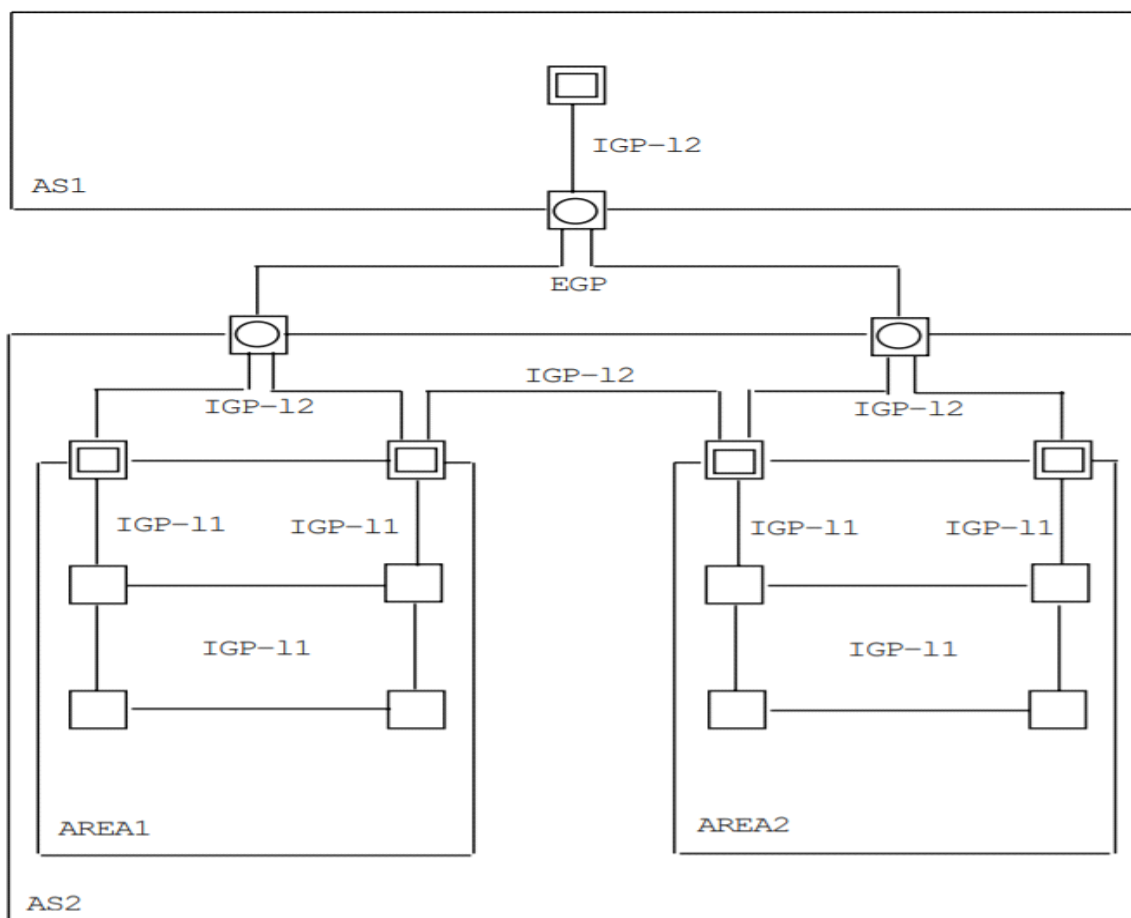


Figure 2.1 : Le routage hiérarchique [18].

2.4 Protocoles de routage :

Les protocoles de routage sont un élément indispensable à maîtriser dans le cadre de notre étude et qui regroupent principalement :

2.4.1 Définition :

Selon le dictionnaire des développeurs : Protocole destiné au routage dynamique. Il permet à des machines d'un même réseau de communiquer en permanence entre elles des informations relatives à la topologie et à l'état des liens afin de maintenir les tables de routage à jour et de déterminer les meilleures routes en fonction de l'encombrement du réseau. Le routage dynamique permet une maintenance automatique du routage d'un réseau, sans intervention humaine, même en cas de pannes de certains routeurs. Il permet de gagner en productivité et en réactivité face aux changements, mais il est complexe à mettre en œuvre du fait des tâches de configuration initiale du protocole utilisé. [21]

Il existe deux types de protocoles de routage à savoir : Les protocoles de routage externe et les protocoles de routage interne.

2.4.2 Protocoles de routage externes :

Les EGP sont des protocoles de routage vectoriel. Dans un protocole vectoriel comme BGP (*en anglais : Border Gateway Protocol*), les routeurs échangent des informations sur l'accessibilité du réseau avec leurs plus proches voisins. En d'autres termes, les routeurs se communiquent les ensembles d'adresses (*préfixes d'adresses*) qu'ils peuvent atteindre, ainsi que l'adresse du prochain saut vers laquelle les données doivent être envoyées afin d'atteindre ces adresses.

L'EGP n'a que peu ou pas de connaissance de l'itinéraire de bout en bout ; il ne connaît que le prochain saut le long de l'itinéraire. Par conséquent, le chemin par lequel les données sont acheminées est choisi en fonction d'une comparaison de tous les sauts suivants disponibles.

Les protocoles de routage vectoriel sont beaucoup plus évolutifs que les protocoles de routage à état de liens, car le temps nécessaire pour déterminer le meilleur saut suivant n'est pas fonction du nombre de nœuds dans le réseau, ce qui les rend adaptés au routage du trafic sur la dorsale d'Internet. [22]

2.4.2 Protocoles de routage internes :

IGP est l'un des protocoles utilisés pour transmettre des données dans un réseau de système autonome plus vaste ; par exemple, le réseau d'une entreprise se compose de plusieurs réseaux locaux différents connectés entre eux par des routeurs.

Il existe plusieurs protocoles de routage internes, nous citerons :

- **Routing Information Protocol (RIP) :**

RIP est un protocole considéré par l'IETF comme un IGP. Il permet aux routeurs qui assurent l'interconnexion des réseaux via le protocole IP de distribuer des informations sur le routage du trafic entre ces différents réseaux.

C'est un protocole qui est utilisé pour les réseaux de diamètre inférieur à 15 routeurs et qui n'offre pas la possibilité de prendre en compte des éléments variables dans le temps.

Tout routeur transmet à ses voisins ses propres informations de routage ; les réseaux qu'il sait router et métriques associées. Quand des informations de routage d'un voisin arrive au routeur, il calcule les métriques locales des routes apprises, sélectionne les meilleures routes et en déduit sa table de routage et informe ses voisins de ses nouvelles informations de routage si elles ont changé. [23]

- **Interior Gateway Routine Protocol (IGRP):**

IGRP est un protocole de routage à vecteur de distance propriétaire de Cisco. Cela signifie que tous vos routeurs doivent être des routeurs Cisco afin d'utiliser IGRP dans votre réseau, gardez à l'esprit que Windows 2000 le prend également en charge car ils ont acheté une licence à Cisco pour utiliser le protocole.

Cisco a créé ce protocole de routage pour surmonter les problèmes associés au RIP.

IGRP a un nombre maximum de sauts de 255 avec une valeur par défaut de 100. Ceci est utile dans les grands réseaux et résout le problème de seulement 15 sauts possibles dans un réseau RIP. IGRP utilise également une métrique différente de RIP. IGRP utilise la bande passante et le délai de la ligne par défaut comme métrique pour déterminer la meilleure route vers un inter réseau. C'est ce qu'on appelle une métrique composite. La fiabilité, la charge et l'unité de transmission maximale (*MTU*) peuvent également être utilisées, bien qu'elles ne soient pas utilisées par défaut. IGRP dispose d'un ensemble de temporisateurs pour améliorer ses performances et ses fonctionnalités :

- **Minuteur de mise à jour :** ils spécifient la fréquence à laquelle les messages de mise à jour de routage doivent être envoyés. 90 secondes est la valeur par défaut.
- **Temporisateurs invalides :** ils spécifient combien de temps un routeur doit attendre avant de déclarer une route invalide s'il ne reçoit pas de mise à jour spécifique à ce sujet. La valeur par défaut est trois fois la période de mise à jour.
- **Temporisateurs de maintien :** ils spécifient la période de maintien. La valeur par défaut est de trois fois la période du minuteur de mise à jour plus 10 secondes.
- **Minuteur de rinçage de route :** ils indiquent combien de temps doit s'écouler avant qu'un itinéraire ne soit vidé de la table de routage. La valeur par défaut est sept fois la période de routage. [24]

- **Open Shortest Path First (OSPF):**

Le protocole OSPF a été développé par l'IETF pour répondre au besoin du protocole de routage intérieur IGP.

Dans ce protocole il n'y a pas de changement de route IP. Chaque routeur participant crée une annonce d'état de lien (*en anglais : Link State Advertisement ; LSA*) décrivant son interface locale (*adresse IP, masque réseau, voisin accessible, type de lien, ect.*) et la place dans sa base de données. Les LSA sont distribués grâce à des inondations fiables pendant la synchronisation des bases de données, la collecte de toutes les LSA constitue une base de données d'état de lien.

Tous les routeurs d'une zone ont exactement la même base de données d'état de lien et s'exécutent en parallèle avec le chemin le plus court. Chaque routeur construit un arbre de chemin le plus court

avec lui-même comme racine. L'arbre de chemin le plus court donne l'itinéraire vers toutes les destinations du système autonome. [25]

- **Integrated Intermediate System to Intermediate System (*Integrated IS-IS*) :**

IS-IS est un protocole de routage à état de lien conçu à la base pour assurer le routage d'interconnexion de systèmes ouverts (*OSI*), IS-IS est très différent des autres protocoles de routage réseau car il s'exécute sur la couche 2 du modèle de référence OSI. Contrairement aux protocoles de routage IP comme RIP, OSPF et BGP, IS-IS n'a pas besoin d'informations d'adressage d'interface valides pour transmettre un message. Bien sûr, IS-IS a besoin de certaines informations pour transmettre correctement les messages de routage, mais par rapport aux autres protocoles de routage IP, le fichier de configuration IS-IS est beaucoup plus petit. [26]

- **Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (*EIGRP*):**

EIGRP est un protocole de routage dynamique propriétaire car c'est la solution favorite dans les fondements Cisco Systems. C'est un protocole de routage dynamique interne hautement fonctionnel.

Il achemine très rapidement et c'est un multi-protocole IPv4 (*Internet Protocol version 4*)/IPv6 (*Internet Protocol version 6*). Il permet de contrôler finement la métrique de telle sorte à influencer les entrées de la table de routage. Ce protocole a donc la possibilité de répartir la charge de trafic sur des liaisons à coûts inégaux. [27]

2.5. Modèle TCP/IP :

Les principaux axes du modèle TCP (en *anglais* : *Transmission Control Protocol*) /IP sont représentés par les points suivants :

2.5.1 Définition :

TCP/IP fait référence à l'architecture réseau, mais l'acronyme fait en réalité référence à 2 protocoles étroitement liés : le protocole de transmission TCP, qui est utilisé "au-dessus" du protocole réseau IP. Le sens de "modèle TCP/IP" est en fait une architecture de réseau à quatre couches, dans laquelle les protocoles TCP et IP jouent un rôle de premier plan car ils constituent l'implémentation la plus courante. En violant le langage, TCP/IP spécifie donc que le modèle TCP/IP et la suite de deux protocoles, TCP et IP.

Comme nous le consulterons plus bas, le modèle TCP/IP s'est progressivement mit une place pour s'imposer comme un modèle de référence au lieu d'un modèle OSI. Il n'est lié qu'à son histoire. En effet, au contraire du modèle OSI, le modèle TCP/IP a vu le jour suite à une implémentation, le

suivant est la standardisation. Cet historique rend ce modèle très particulier, ses avantages et ses inconvénients.

Également connu sous le nom de « modèle Dod(*en anglais : Department of Defense*)» ou « Darpa(*en anglais : Defense Advanced ResearchProjects Agency*)», le modèle TCP/IP a été créé à l'origine par ARPA (*en anglais : Advanced ResearchProjects Agency-Energy*), dénommée "Arpanet", pour des utilisations prévues pour l'armée, TCP/IP est devenu la norme pour les réseaux locaux et les réseaux étendus Comme Internet. Par conséquent, il est très important de comprendre ces mécanismes et protocoles. Interagissent avec différentes couches du modèle OSI. Le modèle TCP/IP est en fait une simplification du modèle OSI. Quel que soit le type de réseau (*Ethernet ou FDDI*), on parle de réseaux TCP/IP quand on utilise la famille de protocoles TCP/IP. [28]

2.5.2 Différence entre le modèle et son implémentation :

Entre le modèle et son implémentation, il existe une différence essentielle. TCP/IP est en fait les deux. Il renvoie à deux concepts très différents :

- Concepts de modèle basé sur des couches (*tel que le modèle OSI*)
- Concept d'implémentation : TCP/IP est un terme généralement étendu aux logiciels basés sur le protocole TCP/IP. Cependant, les applications TCP/IP sont en fait des logiciels qui implémentent le modèle TCP/IP.

Le modèle TCP/IP s'inspire largement du modèle OSI, parce qu'ils ont été mis en œuvre presque en même temps. Le nom TCP/IP provient des deux principaux protocoles du modèle : TCP et IP.

Ce modèle est le modèle adopté par le réseau Internet mondial [29].

2.5.3 Les couches du modèle TCP/IP :

Le modèle TCP/IP présente 4 principales couches comme le montre la figure ci-dessous :

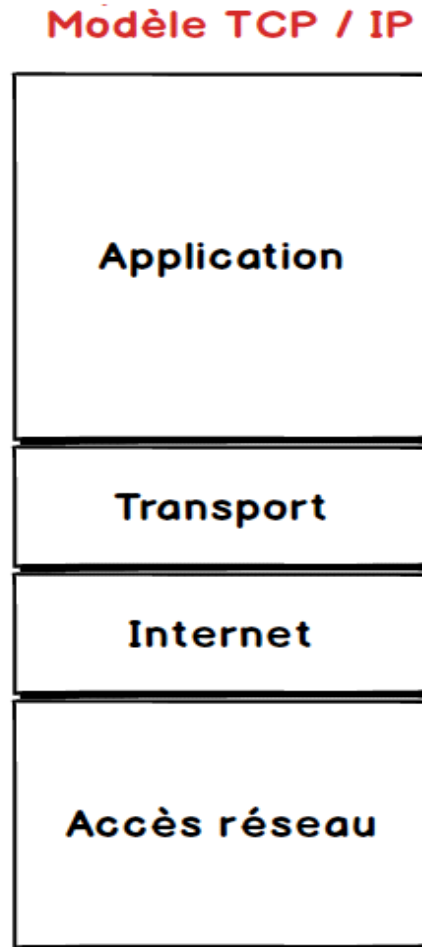


Figure 2.2 : Les 4 couches du modèle TCP/IP [30].

- **Couche accès réseau :**

Cette couche est composée de deux couches : Physique et Liaison :

- **Couche physique :** contient les protocoles relatifs au support physique sur lequel TCP/IP va communiquer. Officiellement, les protocoles de cette couche appartiennent à quatre catégories qui, ensemble, décrivent tous les aspects du support physique :
 - **Protocoles électriques/optiques :** décrivent les caractéristiques du signal telles que la tension ou les niveaux photoniques, la synchronisation des bits, le codage et la forme du signal.
 - **Protocoles mécaniques :** sont des spécifications telles que les dimensions d'un connecteur ou la composition métallique d'un fil.
 - **Protocoles fonctionnels :** décrivent ce que fait quelque chose.
 - **Protocoles procéduraux :** décrivent comment quelque chose est fait.

- **Couche liaison de données** : Contient les protocoles qui contrôlent la couche physique sur comment accéder au support et le partager, comment identifier les dispositifs sur le support et comment encadrer les données avant de les transmettre sur le support. [24]

- **Couche internet** :

La couche Internet correspond à la couche réseau du modèle OSI, est principalement responsable de l'acheminement des données sur les chemins logiques de l'inter réseau, en définissant un format de paquet et un format d'adressage.

La couche Internet utilisée par TCP est un service de livraison de paquets sans connexion et au mieux. L'analogie de ça est le service postal. Si on donne une pile de lettres au facteur pour qu'il les distribue, il n'y a aucune garantie que les lettres arriveront empilées dans le même ordre, qu'elles arriveront toutes le même jour, ou même qu'elles arriveront tout court.

Le service postal s'engage simplement à faire de son mieux pour distribuer les lettres. De même, la couche Internet ne garantit pas que tous les paquets emprunteront le même chemin et, par conséquent, rien ne garantit qu'ils arriveront à destination. Il n'y a aucune garantie qu'ils arriveront dans le même ordre et dans les mêmes intervalles de temps que ceux dans lesquels ils ont été envoyés, ou qu'ils arriveront tout court. [24]

- **Couche transport** :

La couche transport correspond à la couche transport du modèle OSI, spécifie les protocoles qui contrôlent la couche Internet, tout comme la couche liaison de données contrôle la couche physique. Les couches transport et liaison de données peuvent définir des mécanismes tels que le contrôle de flux et d'erreur. La différence est que les protocoles de liaison de données contrôlent le trafic sur la liaison de données (*le support physique reliant deux appareils*), la couche transport contrôle le trafic sur la liaison logique, c'est-à-dire la connexion de bout en bout de deux dispositifs dont la connexion logique traverse une série de liaisons de données. [24]

- **Couche application** :

La couche application correspond aux couches session, présentation et application de l'OSI. Bien que certains protocoles de routage tels que BGP et RIP résident dans cette couche, les services les plus courants de la couche application fournissent les interfaces par lesquelles les applications utilisateur accèdent au réseau.

Le multiplexage entre les couches est une fonction commune à la suite des protocoles. De nombreuses applications peuvent utiliser un service de la couche hôte à hôte, et de nombreux services de la couche hôte à hôte peuvent utiliser la couche

Internet. Plusieurs suites de protocoles (*IP, IPX, AppleTalk, par exemple*) peuvent partager une liaison physique via des protocoles de liaison de données communs. [24]

2.5.4 Comparaison avec le modèle OSI :

Le modèle OSI est un modèle logique et conceptuel qui définit la communication réseau utilisée par les systèmes ouverts à l'interconnexion et à la communication avec d'autres systèmes. Le modèle OSI définit également un réseau logique et décrit efficacement le transfert de paquets informatiques en utilisant différentes couches de protocoles.

Tandis que, TCP/IP aide à déterminer comment un ordinateur spécifique doit être connecté à l'internet et comment pouvoir transmettre des données entre eux. Il aide à créer un réseau virtuel lorsque plusieurs réseaux informatiques sont connectés ensemble.

TCP/IP est spécifiquement conçu comme un modèle permettant d'offrir un flux d'octets hautement fiable et de bout en bout sur un réseau Internet peu fiable [31].

OSI (Open System Interconnection)	CP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)
1. Une norme générique, indépendante du protocole de communication entre le réseau et l'utilisateur final.	1. Basé sur des protocoles standards autour desquels l'Internet s'est développé. Il s'agit d'un protocole de communication, qui permet la connexion d'hôtes sur un réseau.
2. La couche Transport garantit la livraison des paquets.	2. La couche Transport ne garantit pas la livraison des paquets. Néanmoins, le modèle TCP/IP est tout de même plus fiable.
3. La couche Présentation et la couche Session sont séparées.	3. La couche Présentation et la couche Session ne sont pas séparées.
4. La couche Transport est orientée vers la connexion.	4. La couche de Transport est à la fois orientée vers la connexion et sans connexion.
5. OSI est un modèle de référence autour duquel les réseaux sont construits.	5. Le modèle TCP/IP est, en quelque sorte, une mise en œuvre du modèle OSI.
6. La couche Réseau du modèle OSI fournit à la fois des services orientés connexion et des services sans connexion.	6. La couche Réseau dans le modèle TCP/IP fournit des services sans connexion.

7. Les protocoles sont cachés dans le modèle OSI et sont facilement remplacés lorsque la technologie change.	7. Dans TCP/IP, il est difficile de remplacer un protocole.
8. Le modèle OSI définit les services, interfaces et protocoles très clairement et fait une distinction claire entre eux. Il est indépendant des protocoles.	8. Dans TCP/IP, les services, les interfaces et les protocoles ne sont pas clairement séparés. Il est également dépend du protocole.
9. Il comporte 7 couches.	9. Il comporte 4 couches.

Tableau 2 : Comparaison entre le modèle OSI et TCP/IP [32].

2.6 Conclusion :

Bien que la technologie TCP/IP soit remarquable en soi, elle est particulièrement intéressante car sa viabilité a été démontrée à grande échelle. Elle constitue la technologie de base de l'Internet mondial qui relie plus de 170 millions de personnes dans les foyers, les écoles, des entreprises et des laboratoires gouvernementaux dans pratiquement tous les pays peuplés.

L'Internet démontre la viabilité de la technologie TCP/IP et montre comment elle peut s'adapter à une grande variété de technologies de réseau sous-jacentes.

CHAPITRE 3

Conception d'un réseau local sous protocole TCP/IP

3.1 Introduction

Savoir comment simuler et modéliser les performances de divers systèmes est devenu un outil essentiel pour tout professionnel de l'informatique. Aujourd'hui, l'investissement dans du matériel coûteux est difficile à justifier sans une évaluation complète de ses performances à travers des modèles de simulation. Cependant, la construction d'un modèle de simulation n'est pas une tâche triviale. Elle nécessite une compréhension approfondie des concepts de simulation et de modélisation, une connaissance approfondie des propriétés du système modélisé et un solide bagage mathématique.

3.2 Outils de simulation

Nous allons présenter quelques outils de simulation les plus utilisés pour simuler des réseaux informatiques.

3.2.1 OPNET

OPNET Technologies est une entreprise leader qui développe et commercialise des logiciels pour la simulation, la modélisation et l'analyse des réseaux informatiques. IT Guru et Modeler sont les produits les plus populaires pour la simulation de réseaux offerts par OPNET. Ils sont largement utilisés dans l'éducation pour enseigner les sujets de base et avancés dans la communication de données et les réseaux informatiques, ainsi que dans l'industrie et le gouvernement pour la simulation, l'étude, l'analyse et la prédiction de performance de divers systèmes de réseau. La précision des résultats, la richesse des fonctionnalités et la simplicité d'utilisation sont les principales raisons pour lesquelles ces logiciels attirent tant d'utilisateurs de divers domaines et disciplines. Dans le monde d'aujourd'hui, orienté vers la technologie, presque chaque entreprise s'appuie sur son infrastructure de réseau privée en plus d'Internet. Ainsi, la demande de professionnels capables d'évaluer les performances des réseaux, d'identifier et de résoudre les problèmes qui y sont liés a considérablement augmenté ces dernières années. Le logiciel OPNET est un excellent outil pour simuler des réseaux réels, évaluer leur performance, et identifier les problèmes potentiels avant qu'ils ne surviennent. C'est pourquoi les produits OPNET, IT Guru et Modeler en particulier, trouvent de nombreuses applications dans l'industrie. Ils sont également très utilisés par le gouvernement, en particulier par le Département de la Défense pour la modélisation des applications et des réseaux de défense. [33]

3.2.2 OMNET

OMNeT++ est un environnement de simulation libre pour une utilisation académique. Le moteur OMNeT++ exécute des simulations discrètes et événementielles de nœuds communicants sur une grande variété de plateformes et devient de plus en plus populaire dans le domaine de la simulation de réseaux. Le noyau de simulation actuellement utilisé par la communauté OMNeT++ est OMNeT++ 3.4b2.

Les scénarios dans OMNeT++ sont représentés par une hiérarchie de petits modules réutilisables écrits en C++. La modélisation comportementale des modules à l'aide d'automates à états finis est prise en charge par OMNeT++ et la communication au sein et entre les modules est principalement basée sur le passage de messages. C++ permet également une approche de prototypage rapide du développement de modules. Les relations entre les modules et les liens de communication sont stockés en texte clair. Les fichiers de description de réseau peuvent être modélisés graphiquement. Les simulations sont soit exécutées de manière interactive dans un environnement graphique ou sont exécutées en tant qu'applications en ligne de commande.

3.2.3 Cisco packet tracer

Packet Tracer est pratiquement gratuit par rapport aux laboratoires pratiques locaux ou distants dont la construction et la maintenance peuvent coûter des milliers de dollars. De plus, Packet Tracer est portable et peut être déployé à la maison pour une pratique supplémentaire. Packet Tracer n'est pas seulement un simulateur de réseau. Il combine un ensemble de fonctionnalités telles qu'une interface de ligne de commande, des systèmes d'apprentissage visuel et une interface utilisateur graphique facile à utiliser.

Malgré cela, la fiche technique de Cisco Packet Tracer fournit certains avantages perçus de l'utilisation de Packet Tracer, par exemple, sa capacité à utiliser un nombre presque illimité de dispositifs pour le dépannage, la pratique et la découverte (*Fiche technique de Packet Tracer 5.0, 2008*). Selon une enquête menée par MohdSyahrizad Elias et Ahmad Zamzuri Mohamad Ali, un maître de conférences interrogé qui enseigne la mise en réseau dans les institutions polytechniques malaisiennes aurait déclaré : "L'utilisation d'un outil de simulation de réseau pour engager les étudiants dans un apprentissage actif améliore leur compréhension des concepts complexes de communication de données" (*MohdSyahrizad & Ahmad Zamzuri, 2014*). Professeur adjoint à l'Université R.K, en Inde, Sheikh RaashidJavid affirme dans son article intitulé "The Role of Packet Tracer in learning computer networks" (*Le rôle du traceur de paquets dans l'apprentissage des réseaux informatiques*) que le traceur de paquets est nécessaire à l'apprentissage des réseaux informatiques parce qu'il permet d'évaluer les activités des étudiants, d'utiliser des fonctions de

visualisation conçues pour améliorer l'apprentissage des étudiants et constitue un complément rentable à l'équipement physique.

Packet Tracer fournit les outils de visualisation nécessaires à la compréhension des concepts de réseaux complexes qui ne sont pas visibles sur un réseau physique. Il est recommandé d'utiliser Packet Tracer comme un complément à l'équipement physique et non comme un remplacement.

3.2.4 Network Simulator 2 (NS2)

NS2 est un simulateur événementiel open-source conçu spécifiquement pour la recherche dans les réseaux de communication informatique. Depuis sa création en 1989, NS2 n'a cessé de susciter l'intérêt de l'industrie, du monde universitaire et du gouvernement. Il a fait l'objet de recherches et d'améliorations constantes pendant des années, NS2 contient maintenant des modules pour de nombreux composants de réseau tels que le routage, le protocole de la couche transport, les applications, etc. Pour étudier les performances d'un réseau, les chercheurs peuvent simplement utiliser un langage de script facile à utiliser pour configurer un réseau et observer les résultats générés par NS2. Sans aucun doute, NS2 est devenu le simulateur de réseau open source le plus utilisé. Malheureusement, la plupart des recherches nécessitent des modules de simulation qui dépassent la portée des modules intégrés de NS2. L'incorporation de ces modules dans NS2 nécessite une compréhension approfondie de l'architecture de NS2. Actuellement, la plupart des débutants se fient aux tutoriels en ligne. La plupart des informations disponibles expliquent principalement comment configurer un réseau et collecter les résultats, mais n'inclut pas des informations suffisantes pour construire des modules supplémentaires dans NS2. Malgré les détails qu'elle contient sur les modules NS2, la documentation officielle de NS2 est principalement écrite comme un livre de référence, et n'inclut pas d'informations suffisantes pour construire des modules supplémentaires dans NS2.

L'absence de lignes directrices pour l'extension de NS2 est peut-être le plus grand obstacle, qui décourage de nombreux chercheurs de l'utiliser. À l'heure actuelle, il n'existe aucun guide pouvant aider les débutants à comprendre l'architecture de NS2 en profondeur. [34]

3.3 Network Simulator 3 (NS3)

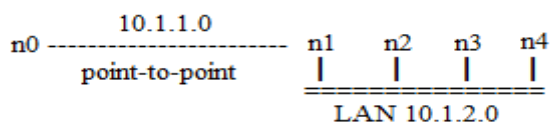
Le projet NS-3 s'engage à construire un noyau de simulation solide, bien documenté, facile à utiliser et à déboguer, et qui répond aux besoins de l'ensemble du flux de travail de simulation, de la configuration de la simulation à la collecte et à l'analyse des traces.

En outre, l'infrastructure logicielle NS-3 encourage le développement de modèles de simulation suffisamment réalistes pour permettre l'utilisation de NS-3 comme émulateur de réseau en temps réel, interconnecté avec le monde réel et permettant la réutilisation de nombreuses implémentations de protocoles existants dans le monde réel au sein de ns-3.

Le simulateur ns-3 est développé et distribué entièrement dans le langage de programmation C++ ce qui a fait pencher la balance en la faveur de NS-3 en ce qui concerne l'outil de simulation à utiliser pour ce travail pour notre connaissance du langage C++. Pour construire une simulation à l'aide de ns-3, l'utilisateur écrit un programme principal C++ qui construit les différents éléments nécessaires à la description de la simulation. Le réseau de communication simulé et l'activité réseau souhaitée pour ce réseau. Pour ce réseau. Le programme est ensuite compilé et lié à la bibliothèque de modèles de réseau distribuée avec ns-3.

3.4 Simulation et résultats

Nous avons réalisé notre réseau sous le simulateur Ns3, ce réseau local est constitué d'un sous réseau filaire et un autre sans fil sous la topologie qui est représenté ci-dessous



Pour créer notre réseau, nous avons commencé par créer les nœuds qui présentent les entités de réseau (*les ordinateurs*) comme l'illustre la figure 3.1.

```
NodeContainer p2pNodes1;
p2pNodes1.Create (2);

NodeContainer p2pNodes2;
p2pNodes2.Create (2);

NodeContainer LAN1;
LAN1.Add (p2pNodes1.Get (0));
LAN1.Create (2);
LAN1.Add (p2pNodes2.Get (0));

NodeContainer Ap = p2pNodes1.Get(1);

NodeContainer LAN2;
LAN2.Create (3);

NodeContainer Ap2 = p2pNodes2.Get(1);

NodeContainer LAN3;
LAN3.Create (3);
```

Figure 3.1 : Création des nœuds.

Après le déploiement de ces entités nous avons alloué à chaque entité sa position, les positions des entités qui appartient au réseau filaire sont fixes par contre les autres sont mobile. La figure 3.3 montre les différents paramètres pour les positions des entités

```
Ptr<ListPositionAllocator> positionAlloc = CreateObject<ListPositionAllocator> ();
positionAlloc->Add (Vector (-10.0, 0.0, 0.0)); //0
positionAlloc->Add (Vector (-20.0, 10.0, 0.0)); //1

positionAlloc->Add (Vector (-20.0, 20.0, 0.0)); //2
positionAlloc->Add (Vector (-20.0, 30.0, 0.0)); //3

positionAlloc->Add (Vector (10.0, 0.0, 0.0)); //4

positionAlloc->Add (Vector (-20.0, 40.0, 0.0)); //11
positionAlloc->Add (Vector (20.0, -10.0, 0.0)); //5

positionAlloc->Add (Vector (20.0, 0.0, 0.0)); //6
positionAlloc->Add (Vector (20.0, 10.0, 0.0)); //7
//-----

positionAlloc->Add (Vector (-30.0, 50.0, 0.0)); //8
positionAlloc->Add (Vector (-20.0, 50.0, 0.0)); //9
positionAlloc->Add (Vector (-10.0, 50.0, 0.0)); //10

mobility.SetPositionAllocator (positionAlloc);
mobility.SetMobilityModel ("ns3::ConstantPositionMobilityModel");

mobility.Install (LAN1);
mobility.Install (Ap);
mobility.Install (Ap2);

mobility.SetMobilityModel ("ns3::RandomWalk2dMobilityModel",
    "Bounds", RectangleValue (Rectangle (-50, 50, -50, 50)));
mobility.Install (LAN2);
mobility.Install (LAN3);
```

Figure 3.2 : Allocation des positions des entités.

Ensuite, nous avons créé les canaux et les interfaces de transmissions comme le représente la figure 3.3, pour la partie filaire nous avons définis le débit et le délai de transmission et nous avons installé les cartes réseau.

```
PointToPointHelper pointToPoint;
pointToPoint.SetDeviceAttribute ("DataRate", StringValue ("5Mbps"));
pointToPoint.SetChannelAttribute ("Delay", StringValue ("2ms"));

NetDeviceContainer p2pDevices1,p2pDevices2;
p2pDevices1 = pointToPoint.Install (p2pNodes1);
p2pDevices2 = pointToPoint.Install (p2pNodes2);

CsmHelper csma;
csma.SetChannelAttribute ("DataRate", StringValue ("100Mbps"));
csma.SetChannelAttribute ("Delay", TimeValue (NanoSeconds (6560)));
```

Figure 3.3 : Création des canaux et les interfaces de transmissions.

Pour la partie sans fil nous avons affecté la couche physique et la couche Mac aux entités souhaitées avec la configuration de cette partie (*nom de réseau, l'appelle active ou bien passive...*). Voir la figure 3.4

```
YansWifiChannelHelper channel = YansWifiChannelHelper::Default ();
YansWifiPhyHelper phy;//= YansWifiPhyHelper::Default ();
YansWifiPhyHelper phy2;// = YansWifiPhyHelper::Default ();
phy.SetChannel (channel.Create ());
phy2.SetChannel (channel.Create ());

WifiHelper wifi;
wifi.SetRemoteStationManager ("ns3::AarfWifiManager");

WifiMacHelper mac;
mac.SetType ("ns3::AarfWifiManager");
WifiMacHelper mac2;
mac2.SetType ("ns3::AarfWifiManager");

NetDeviceContainer csmaDevices1,staDevices,apDevices,staDevices2,apDevices2;
csmaDevices1 = csma.Install (LAN1);

Ssid ssid = Ssid ("RSD1");
mac.SetType ("ns3::StaWifiMac",
            "Ssid", SsidValue (ssid),
            "ActiveProbing", BooleanValue (false));

staDevices = wifi.Install (phy, mac, LAN2);

mac.SetType ("ns3::ApWifiMac",
            "Ssid", SsidValue (ssid));

apDevices = wifi.Install (phy, mac, Ap);

ssid = Ssid ("RSD2");
mac2.SetType ("ns3::StaWifiMac",
             "Ssid", SsidValue (ssid),
             "ActiveProbing", BooleanValue (false));

staDevices2 = wifi.Install (phy2, mac2, LAN3);

mac2.SetType ("ns3::ApWifiMac",
             "Ssid", SsidValue (ssid));

apDevices2 = wifi.Install (phy2, mac2, Ap2);
```

Figure 3.4 : Affectation de la couche physique et la couche Mac aux entités.

Après nous avons affecté la pile à ces nœuds en utilisant la méthode `InternetStackHelper` comme montre la figure qui suit

```
InternetStackHelper stack;

stack.Install (LAN1);
stack.Install (LAN2);
stack.Install (Ap);
stack.Install (LAN3);
stack.Install (p2pNodes2.Get(1));
```

Figure 3.5 : Affectation de la pile à ces nœuds.

Après cette opération chaque nœud doit avoir une adresse IP pour l'identifier, cette fois nous avons données à chaque entité une adresse

```
Ipv4AddressHelper address;  
  
address.SetBase ("10.1.2.0", "255.255.255.0");  
Ipv4InterfaceContainer p2pInterfaces1;  
p2pInterfaces1 = address.Assign (p2pDevices1);  
  
address.SetBase ("10.1.5.0", "255.255.255.0");  
Ipv4InterfaceContainer p2pInterfaces2;  
p2pInterfaces2 = address.Assign (p2pDevices2);  
  
address.SetBase ("10.1.1.0", "255.255.255.0");  
Ipv4InterfaceContainer csmaInterfaces1;  
csmaInterfaces1 = address.Assign (csmaDevices1);  
  
address.SetBase ("10.1.3.0", "255.255.255.0");  
  
Ipv4InterfaceContainer wifiInterfacesap = address.Assign (apDevices);  
Ipv4InterfaceContainer wifiInterfacessta = address.Assign (staDevices);  
  
address.SetBase ("10.1.4.0", "255.255.255.0");  
  
Ipv4InterfaceContainer wifiInterfacesap2 = address.Assign (apDevices2);  
Ipv4InterfaceContainer wifiInterfacessta2 = address.Assign (staDevices2);
```

Figure 3.6 : Adressage des entités.

Puis nous avons créé les sockets pour les transmettre garantissant le bon fonctionnement de notre réseau, en utilisant des fonctions déjà implémenté (*Envoyer*, *Recevoir_source*, *Recevoir_source1*, *Recevoir_destination*), ces fonctions permettent de simplifier la transmission des sockets entre les entités tel que :

Envoyer : pour envoyer les requêtes des clients au serveur

Recevoir_destination : pour recevoir les requêtes des clients avec ses adresses IP

Recevoir_source et Recevoir_source1 : permet aux clients de recevoir la réponse de serveur

La figure 3.7 illustre la création des sockets

```
//*****Socket source*****
Ptr<Socket> srcSocket = Socket::CreateSocket (LAN3.Get(1), TypeId::LookupByName
uint16_t srcport = 1234;
Ipv4Address srcaddr (wifiInterfacesta2.GetAddress (1));
InetSocketAddress src = InetSocketAddress (srcaddr, srcport);
srcSocket->Bind (src);
srcSocket->SetRecvCallback (MakeCallback (&Revevoir_source));
//*****Socket source*****
Ptr<Socket> srcSocket1 = Socket::CreateSocket (LAN3.Get(0), TypeId::LookupByName
uint16_t srcport1 = 1234;
Ipv4Address srcaddr1 (wifiInterfacesta2.GetAddress (0));
InetSocketAddress src1 = InetSocketAddress (srcaddr1, srcport1);
srcSocket1->Bind (src1);
srcSocket1->SetRecvCallback (MakeCallback (&Revevoir_source1));

//*****Socket destination*****
Ptr<Socket> dstSocket = Socket::CreateSocket (LAN2.Get (2), TypeId::LookupByName
uint16_t dstport = 12345;
Ipv4Address dstaddr (wifiInterfacesta.GetAddress (2));
InetSocketAddress dst = InetSocketAddress (dstaddr, dstport);
dstSocket->Bind (dst);
dstSocket->SetRecvCallback (MakeCallback (&Revevoir_destination));
```

Figure 3.7 : Création des sockets.

Pour tester que notre réseau fonctionne bien, on programme que le client1 envoie une requête contenant un entier et son adresse IP au serveur, et le client2 envoie un autre entier et son adresse IP au serveur, le serveur fait le calcul de la multiplication de ces deux entiers et envoie le résultat avec leur adresse IP aux clients (1 et 2) respectant le délai de transmission. La figure 3.8 présente le résultat de notre simulation

```
entrer une valeur
5
entrer une dexieme valeur
7
+2.000000000s
-----
+2.000000000s
-----Envoie de la requete -----
+2.019531683s
-----
+2.019531683s
-----Serveur Destination-----
+2.019531683s Le serveur a reçu le nombre :5 du client avec l'@ip : 10.1.4.3
+2.019531683s Le serveur est en attente du deuxieme client
+4.000000000s
-----
+4.000000000s
-----Envoie de la requete -----
+4.014145280s
-----
+4.014145280s
-----Serveur Destination-----
+4.014145280s Le serveur a reçu le nombre :7 du client avec l'@ip : 10.1.4.2
+4.014145280s Le serveur commence le traitement
+4.030807802s
-----
+4.030807802s
-----Client Source1-----
+4.030807802s Le client1 a reçu la reponse du serveur 10.1.3.4 qui est : 35
+4.032746441s
-----
+4.032746441s
-----Client Source2-----
+4.032746441s Le client2 a reçu la reponse du serveur 10.1.3.4 qui est : 35
rr10@ubuntu:~/Desktop/ns-allinone-3.35/ns-3.35$
```

Figure 3.8 : Résultat de simulation

3.5 Conclusion

Les réseaux de dispositifs informatiques devenant de plus en plus grands et complexes, le besoin de technologies de simulation de réseaux hautement précises et évolutives devient critique. Malgré l'émergence de bancs d'essai à grande échelle pour la recherche sur les réseaux, la simulation joue toujours un rôle essentiel en termes d'évolutivité (*à la fois en termes de taille et de vitesse expérimentale*), de reproductibilité, de prototypage rapide et d'éducation. Avec les études basées sur la simulation, l'approche peut être étudiée en détail à des échelles variables, avec des applications de données variables, des conditions de terrain variables, et donnera des résultats reproductibles et analysables.

CONCLUSION GENERALE

Un réseau informatique est un ensemble de moyens matériels et logiciels mis en œuvre pour assurer les communications entre ordinateurs, stations de travail et terminaux informatiques.

Dans notre mémoire, Nous avons installé et configuré un réseau local de façon à avoir une partie filaire et une autre sans fil par les protocoles TCP/IP en utilisant le logiciel de simulation Network Simulator 3.

En premier lieu, nous avons créé les nœuds présentant les entités tout en allouant à chaque entité son positionnement en ce qui concerne le réseau filaire en laissant ceux du réseau sans fil mobile.

Ensuite, nous avons créé les canaux et les interfaces de transmission, puis on a affecté la couche physique et la couche Mac aux entités.

Après, on a affecté la pile à ces nœuds et on s'est occupé de l'adressage des entités tout en créant les sockets en utilisant des fonctions déjà implémentées.

Finalement, le but de ce travail est de créer un réseau local rassemblant deux réseaux un filaire et un autre sans filaire par les protocoles TCP/IP.

Comme perspective, nous comptons refaire le même travail sur Matlab et même sur OPNET.

Références bibliographiques

- [1] P. Atelin, Réseaux informatique : Notions fondamentales, 3^{ème} édition, ENI, Nantes, P-11-141, 2009.
- [2] A. S. Tanenbaum, Computer Networks, 4^{ème} édition, Pearson Education, New Jersey, P-18-19-20, 2003.
- [3] https://www.samomoi.com/reseauxinformatiques/architecture_reseau.php (consulté le 24.06.2021).
- [4] C. Servin, Réseaux et télécoms : Cours et exercices corrigés, Dunod, Paris, P- 158-160-179, 2003.
- [5] <http://bb---b.blogspot.com/2015/05/les-topologies-reseaux-busettoile-anneau.html> (consulté le 28.06.2021).
- [6] <http://www.guill.net/index.php?cat=5&arc=2&struct=7> (consulté le 29.06.2021).
- [7] G. Pujolle, Les réseaux, 5^{ème} édition, Dunod, Paris, P-21-110-121, 2004.
- [8] J-L. Montagnier, Solutions réseaux : Réseaux d'entreprise par la pratique, 2^{ème} édition, Eyrolles, P-7-10, 2004.
- [9] <https://www.funix.org/fr/reseau/lan/element-reseau.htm> (consulté le 02.07.2021).
- [10] <https://www.linksys.com/fr/r/resource-center/qu'est-ce-qu'un-point-d'acc%C3%A8s/> (consulté le 02.07.2021).
- [11] <http://bi-reseaux.blogspot.com/2016/02/les-equipements-reseaux.html> (consulté le 02.07.2021).
- [12] W. Stallings, Wireless Communications & Networks, 2^{ème} édition, PEARSON, P-2, 2005.
- [13] <https://docplayer.fr/17762012-Classification-des-reseaux-informatiques.html> (consulté le 02.07.2021).
- [14] https://www.academia.edu/31012186/Les_reseaux_Informatique_pdf (consulté le 03.07.2021).
- [15] <http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2002/andre-pelloux/penurieadresses.htm> (consulté le 03.07.2021).

- [16] <https://fr.slideshare.net/SirineIbrahim/routage-64648360> (consulté le 04.07.2021).
- [17] C. Servin, Réseaux et télécoms : Cours et exercices corrigés, Dunod, Paris, P-177, 2003.
- [18] T.USO, Introduction au routage, PEAU-UPPA, France, P-6-11-12, 2004.
- [19] P.Materne&O.Bonaventure, Routage IP, Groupe Infonet, France, P-2,2000.
- [20] <https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2982/gdyen/index.html> consulté le (12.08.2021).
- [21] <https://dico.developpez.com/html/3097-Telecom-protocole-de-routage.php> consulté le (14.08.2021)
- [22] <https://www.metaswitch.com/knowledge-center/reference/what-is-border-gateway-protocol-bgp> consulté le (14.08.2021)
- [23] L.Toutain, L.I.Chrisment et N.McKeown, Protocoles de routage : RIP-OSPF-BGP, Lyon, P-41-42.
- [24] J.Doyle&J.Carroll, Routing TCP-IP, Volume 1, 2^{ème} édition, Cisco press, Indianapolis USA, P-21-50-83.
- [25] P.R.Tadimety, OSPF: A Network Routing Protocol, Apress, New York, P-95, 2015.
- [26] H.Gredler&W.Goralski, The Complete IS-IS Routing Protocol, 1^{ère} édition, Springer, London, P-93-94, 2004.
- [27] <https://cisco.goffinet.org/ccna/eigrp/protocole-eigrp/> consulté le (20.08.2021)
- [28] D.E.Comer, Internetworking with TCP/IP: Principles, Protocols, and Architecture (Internetworking with TCP/IP), Volume 1, 4^{ème} édition, Pertinence Hall, New Jersey, P-41.
- [29] G.Valet, Cours réseaux TCP/IP, édition IRIS, Paris, P-5
- [30] <https://waytolearnx.com/2018/07/difference-entre-le-modele-tcp-ip-et-le-modele-osi.html> consulté le (25.08.2021)
- [31] <https://www.javatpoint.com/osi-vs-tcp-ip> consulté le (25.08.2021)
- [32] R.Ranjan, Comperativestudy on Network model [en ligne], Department Of Computer Application, Disponible sur : <http://www.rncollegehajipur.in/> consulté le (27.08.2021)
- [33] Sethi, Adarshpal, Hnatyshin, Vasil, The Practical OPNET User Guide for Computer Network Simulation, Chapman and Hall/CRC, USA, P-17, 2012.
- [34] Issariyakul, Teerawat; Hossain, Ekram, Introduction to Network Simulator NS2, P-5, 2009

Résumé

Réseaux locaux et Internet, des protocoles à l'interconnexion décrit les protocoles de l'Internet (IP, TCP) et présente l'architecture des réseaux locaux, le plan et les règles de câblage, Ethernet et TokenRing. Cet ouvrage traite des éléments les plus fréquemment utilisés dans les réseaux. La connaissance précise des protocoles permet d'aborder efficacement les différents moyens d'interconnexion par ponts, commutateurs, réseaux virtuels ou par routeurs (RIP, IGRP, OSPF, EGP, BGP). Le plan d'attribution des adresses, le masque de sous-réseau, l'adressage et la définition des tables de routage, permettent de comprendre et de réaliser l'installation d'un réseau local. Les méthodes de gestion des paquets, en particulier les protocoles TCP/IP sont également détaillées. L'ouvrage aborde également les moyens de créations des nœuds, la création des canaux et infrastructure de transmission et l'affectation de la pile à ces nœuds Enfin, la création des sockets en utilisant des fonctions déjà implémenté le tout en utilisant le logiciel de simulation Network Simulator

Mots clés : Réseau, Adressage, Routage

Abstract

Local Area Networks and the Internet, from Protocols to Interconnection describes the protocols of the Internet (IP, TCP) and presents the architecture of local area networks, the cabling plan and rules, Ethernet and Token Ring. This book deals with the most frequently used elements in networks. The precise knowledge of the protocols allows to approach efficiently the various means of interconnection by bridges, switches, virtual networks or routers (RIP, IGRP, OSPF, EGP, BGP). The plan of allocation of addresses, the mask of sub-network, the addressing and the definition of the routing tables, allow to understand and to realize the installation of a local network. The methods of packet management, in particular the TCP/IP protocols, are also detailed. The book also discusses the means of creating nodes, the creation of channels and transmission infrastructure and the assignment of the stack to these nodes. Finally, the creation of sockets using functions already implemented all using the simulation software Network Simulator 3.

Keywords: Network Adressing ,Routing
