République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

Université Dr. Yahia Fares de Médéa
Faculté des technologies

memoire de fin d'études

Présenté pour l'obtention du Diplôme
De Master en

Option : système de Telecommunication

Le Thème:

Etude et simulation d'une liaison spécialisée à base de Fibre Optique

Présenté par :

ABBOU Hind

BOUKHATEM Roumaissa

Dirigé par Promoteur:

Mr. MIMEN Bakhti

Encadré par :

M^{me}. AMRI .A

PROMO 2018

Remerciement

En premier lieu nous devons remercier ***Dieu,*** *le tout puissant qui nous adonné la volonté, la patience et le courage pour mener ce travail à son terme.*

Nous remercions vont éventuellement à ma famille pour leur soutient, confiance et patience.

Nous exprimons nos remerciements dévoués à ***Mr.*** *Mimen Bakhti,et* ***Mme.****Amri.A notre encadreur, nous voudrions également lui témoigner notre gratitude pour sa patience qui nous précieux afin de mener notre travail à bon port.*

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'il ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

A monsieur MAHMOUDI Brahim que nous remercierons vivement par son aide, son soutient et ses orientations et pour l'accès aux équipements dont dispose l'INSFP-Médéa qui nous en été d'un grand apport pour réaliser notre présent projet.

En fin, nous voulons témoigner nos gratitudes à tous ceux qui nous ont aidés, de prés ou de loin afin de réaliser ce travail.

Merci

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mon père, ma mère, mes chères sœurs.

A mes grand-père, mes grand-mères et tous les membres de la Famille ABBOU et la famille FARHATI.

A Mme Amri.A qui nous accompagnés durant toutes les phases de préparation de notre travaille et ses précieux conseils qui nous ont aidés à le finaliser.

A ma professeur Mme Oulde aroussi.F. F lycéé Ahmed ouroua.

A mon professeur Mr KAROUCHE lycéé Ahmed ouroua.

A tous l'équipes d'Algérie Télécoms d'Alger.

A mon binôme Boukhatem Roumaissa et toute sa famille.

A mes chéres amies et sur tout zineb et madina.

A souhila, houda, yasmine, siham… et a toutes mes amies et mes camarades de groupe SYSTEME DE TELECOMS.

A tous ceux qui me connaissent et qui m'aiment surtout.

HIND

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents qui m'ont beaucoup encouragé et soutenu pendant tout leur vie pour voir le jour là et pour ces précieux conseils ainsi pour ces recommandations.

A mon frère MOHAMED AMINE qu'il m'a aidé beaucoup dans ma recherche.

A toute ma famille, grande et petite sans exception.

A M^me^ Amri.A qui nous accompagnés durant toutes les phases de préparation de notre travaille et ses précieux conseils qui nous ont aidés à le finaliser.

A tous l'équipes d'Algérie Télécoms d'Alger.

A ma binôme ABBOU Hind et toute safamille.

A mes chéres amies.

A yasmine , kawther , siham, amal… et a toutes mes amies et mes camarades de groupe SYSTEME DE TELECOMS.

A tous ceux qui me connaissent et qui m'aiment surtout.

Roumaissa

Sommaire

Introduction générale…….…… .01

Chapitre I : généralités

I.1Introduction …… 03

I.2 Différent système de transmissions 03

I.3 Outil de transmission fibre optique 04

I.3.1 Historique de la fibre optique 04

I.3.2 Description de la fibre optique 05

I.3.3 Les différents types de fibre optique 06

I.3.4 Caractérisation de la fibre optique 07

I.3.5 Les pertes de connectique 11

I.4 Comparaison entre Fibres optique monomodes et multimodes 12

I.5 Les applications de la fibre monomode…… 12

I.6. Avantages et inconvénients des fibres optiques…….... 13

I.7 dispositifs de transmission et réception optique……14

I.7.1 Diode laser 14

I.7.2 Photo diode 15

I.8. Notion générale sur les réseaux informatiques ……..... 15

I.8.1 Réseau..... 15

I.8.2 Caractéristique d'un réseau 15

I.8.3 Les différents types de réseau 16

I.8.4 Communication et protocole réseau 17

I.9 Conclusion 18

Chapitre II : système de transmission optique

II .1 Introduction …….. 19

II.2 Description d'une liaison optique 19

II.3 émetteur optique 20

II.3.1 La diode laser (DL).....20

II.3.2 La diode électroluminescente (DEL) 20

II.4 Le canal de transmission 20

II.5 Récepteur optique 21

II.5.1 La photodiode PN 22

II.5.2 La photodiode PIN 22

II.5.3 La photodiode à avalanche 23

II.6 Amplification optique 23

II.6.1 L'amplificateur à semi-conducteur 24

II.6.2 L'amplificateur à fibre dopée Erbium..... 25

II.6.3 L'amplificateur Raman 26

II.7 Multiplexage 27

II.7.1 TDM.....27

II.7.2 WDM 28

II.7.3 DWDM.....29

II.8 Modulation ……...29

II.8.1 la modulation directe ……...…….29

II.8.2 La modulation externe 30

II.8 Conclusion 31

Chapitre III : liaison optique spécialisée

III.1 Introduction …… 32

III.2 Présentation de la société..... 32

III.3 Matériel de la liaison spécialisée(LS) par fibre optique 34

III.4 Description du travail 38

III.5 Conclusion 43

Chapitre IV : simulation et discutions des résultats

IV.1 Introduction 44

IV.2 Présentation du logiciel Packet Tracer 44

IV.2.1 Description générale 44

IV.2.2 La fenêtre principale 44

IV.2.3 Description de la fenêtre 45

IV.2.4 Construire un réseau 47

IV.2.5 Configuration d'un équipement 47

IV.2.6 Mode simulation 47

IV.3 Simulation avec Packet Tracer.....47

IV.3.1 description de la simulation 50

IV.3.2 Configuration sur les routeurs et les hôtes.....51

IV.3.3 Configuration Frame-Relay 53

IV.3.4 Configuration de protocole OSPF.....54

IV.3.5 Vérification et jeux de test. 55

IV.4 Réalisation avec Hyper terminal.....61

IV.4.1 Configuration Frame-Relay 64

IV.4.2. Configuration de protocole OSPF.....66

IV.4.3 vérification et jeux de test.....67

IV.5 proposition des cas pour l'amélioration de la liaison spécialisée par Fibre Optique……70

IV.6 Conclusion 70

Conclusion général …… 71

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : schéma de système de transmission…….....03

Figure I.2: Structure d'une fibre optique……...…….....05

Figure I.3 : la fibre multimode à saut d'indice……06

Figure I.4 : La fibre multimodes à gradient d'indice…….……..06

Figure I.5 : La fibre monomode……..…….…07

Figure I.6: les différents types d'atténuation de pertes……..……...08

Figure I.7 : Atténuation de signal……..……...08

Figure I.8: Spectre visuelle……..……09

Figure I.9: dispersion de signal…….……...09

Figure I.10 : les types de dispersion……..……..……...….09

Figure I.11 : Dispersion chromatique de signal……..……..……..……10

Figure I.12: les déférentes pertes de connecteur……..……..……..…11

Figure I.13 : désalignement longitudinal……..……..……11

Figure I.14 : désalignement angulaire……..……..……11

Figure I.15: désalignement latéral vue de coté (A) et vue d'extrémité(B)….……12

Figure I.16 : : principe d'utilisation d'une diode laser…….……..14

Figure I.17 :.Catégories des réseaux……...16

Figure II.1 : Schéma d'une liaison optique…….……19

Figure II.2 : le principe qui est utilisé pour guider la lumière dans la fibre……21

Figure II.3 : Schéma d'un récepteur de données à détection directe……..……22

Figure II.4 : Amplification optique à 3 niveaux.....24

Figure II.5: Structure d'un amplificateur optique à fibre dopée Erbium avec pompage bidirectionnel……....26

Figure II.6 : multiplexage /démultiplexage ……..…..……27

Figure II.7: la technique TDM……..……..……28

Figure II. 8: La technologie WDM……..…..…..……28

Figure II.9: Synoptique de la modulation directe……..…..…..…….30

Figure II.10: Synoptique d'un modulateur externe……..…..……30

Figure III.1 : représente la société d'Algérie télécom coté pratique……..…..…..32

Figure III. 2: l'interface de la direction opérationnelle des télécommunications……...33

Figure III. 3: modem (un débit de 2 Mbits* 04 ports)……34

Figure III.4 : support SFP……..…….34

Figure III.5 : PIGTAILS de Fibre…….…….35

Figure III.6 : ordinateur portable……35

Figure III.7 : câble de fibre……36

Figure III.8: câble Ethernet: **FE Fast Ethernet**…….36

Figure III.9 : appareil de soudure optique……..…37

Figure III.10.schémas de transmission entre les différentes sociétés…….38

Figure III.11: modem avec leur module SFP…….…….39

Figure III.12 : bronchement de la fibre……...…39

Figure III.13 : modem (4*2 Mbit/s) avant le branchement de câble Ethernet…….…40

0Figure III.14 : branchement de câble Ethernet……..…….……40

Figure III.15 : modem après la configuration. …….……...…41

Figure III.16 : Armoire de fibre optique de l'université……..……42

Figure III.17 : router de l'université……..…….…….42

Figure III.18 : les Switch de l'université…….……43

Figure IV.1 : Fenêtre générale de Packet Tracer……...….……45

Figure IV.2: l'interface de Packet Tracer……46

FigureIV.3: différentes applications pour réaliser des réseaux (Simulations)…….……47

Figure IV.4 : Présentation de la liaison Spécialisée par Fibre Optique (LS) à l'aide de Packet Tracer…… ……..….....49

Figure IV.5 : Présentation du schéma bloc de la liaison spécialisée entre diverses zones.....50

Figure VI.6 : configuration sur un router.....51

Figure VI.7 : configuration d'un router.....52

Figure IV.8 : Fenêtre d'interface de configuration des hôtes (PC).....52

Figure IV.9: configuration du protocole Frame-Relay sur un router.....54

Figure IV.10: configuration du protocole OSPF sur un router.....55

FigureIV.11 : Résultat des mappages Frame-Relay.....56

Figure IV.12: Résultats des circuits virtual.....57

Figure IV.13: résultats de show LMI.....57

Figure IV.14: résultats de show Ping.....58

Figure IV.15 : Présentation du 1er chemin de la route entre MESRS et Medea…...……59

Figure IV.16: Résultat de tracerout entre le routeur MESRS et le routeur Medea…….59

Figure IV.17 : Présentation du 2eme chemin de la route entre le routeur MESRS et le routeur Medea……..……..……...….…60

Figure IV.18 : Résultat de tracerout entre le routeur MESRS et le routeur Medea..….61

Figure IV.19: Câblage des routeurs…….…..……62

Figure IV.20: Etude du cas de réalisation d'un réseau de Topologie étoile……...62

Figure IV.21 : Présentation de l'ouverture de logiciel…….…….…….....63

Figure IV.22: Configuration de l'adresse IPv4……...……64

Figure IV.23: Configuration du protocole Frame-Relay sur un router(R2) ……...…66

FigureIV.24: configuration du protocole OSPF sur un router(R2) ……67

Figure IV.25 : Résultat des mappages Frame-Relay……...67

Figure IV.26: Résultats des circuits virtuels……..……..……...…68

Figure IV.27 : Résultats des tables de routage……..…..……69

Figure IV.28: Résultats des Ping…….……69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Caractéristiques des différentes fibres optiques monomodes et multimode……..……...……12

Tableau I.2 : présentation de protocole réseau……17

LISTE DES ABREVIATIONS

AT : **A**lgérie **T**élécoms

UN : **U**niversité

MESRS : **M**inistère d'**E**nseignements **S**upérieur de la **R**echerche **S**cientifique

DL : Diode **L**aser

DEL : **D**iode **E**lectroluminescente

TDM: Time **D**ivision **M**ultiplexing.

WDM: Wavelength **D**ivision **M**ultiplexing, ou multiplexage en longueur d'onde.

DWDM: **D**ense **W**avelength **D**ivision **M**ultiplexing

LS : **L**iaison **S**pécialisée

SC : **S**ubscriber **C**onnector ou **S**tandard **C**onnector

FC: **F**errule **C**onnector

LC: Lucent **C**onnector or **L**ocal **C**onnector

OSPF: **O**pen **S**hortest **P**ath **F**irst

SFP: **S**mall **f**orm-factor **p**luggable

FE: Fast **E**thernet

LMI : **L**ocal **M**anagement **I**nterface

PC : **P**ersonnel **C**omputer

ملخص:

الألياف البصرية هي ابتكارات حديثة أخذت دورا رائدا في عالم الاتصالات بسرعة من حيث قدرتها على نقل كمية كبيرة من المعلومات لمسافات كبيرة. هذه المذكرة مخصصة لدراسة ومحاكاة ربط الألياف البصرية بين الجامعة واتصالات الجزائر

خلال تربصنا على مستوى شركة اتصالات الجزائر فرع الإرسال بولاية الجزائر ومركز النقل التابع لجامعة المدية، قمنا بمتابعة و رؤية كل المعدات المستخدمة لإرسال المعلومات عن طريق الألياف البصرية.

لتمثيل رابط مخصص للألياف البصرية قمنا باستخدام برنامج Packet Trace تحت نظام CISCO . وبا نشاء رابط الاتصال قمنا باستخدام المعدات المتوفرة على مستوى المعهد الوطني المتخصص في التكوين المهني بالمدية ومن بين هذه المعدات :(أجهزة التوجيه والمفاتيح وأجهزة الكمبيوتر والكابلات المختلفة) ،عن طريق برنامج HyperTerminal.

كلمات مفتاحية

الألياف البصرية، الاتصالات السلكية واللاسلكية، الضوء، نقل الحزمة، ليزر الصمام الثنائي، الثنائي الضوئي، شبكة الكمبيوتر، CISCO. HyperTerminal ،جهاز التوجيه،كابلات التوصيل، modem، Switch، رابط خاص.

Résumé :

La fibre optique est une innovation relativement récente qui a rapidement pris un rôle prépondérant dans le monde des télécommunications pour sa capacité à véhiculé un grand nombre d'informations sur une langue distance. Ce mémoireest consacré à l'étude et la simulation d'une liaison spécialisée en fibre optique entre l'université et Algérie Télécom.

A l'occasion des visitesaux centre de transmission d'Algérie Télécom d'Alger et au centre de transmission de l'université de Médéa, nous avons consulté les équipements utilisés pour la transmission optique.

Pour la conception de la liaison spécialisée nous avons utilisé le logiciel Packet Trace sous Système CISCO. Et la réalisation de la liaison,a été effectuée en utilisant les équipements disponiblesau niveau de l'institut de formation professionnelle de Ain D'hebmédéa (tels que les routeurs, les switches, les PC, les divers câbles), sous le logiciel de configuration Hyper Terminal.

Mot clé :

Fibre optique, télécommunication, lumière, transmission des paquets, diode laser, photodiode, réseau informatique, CISCO.HyperTerminal, routeur, Switch, Câbles de connexion, Switch, modem, ligne spécialisée.

Abstract:

Optical fiber is a relatively recent innovation that has rapidly taken a leading role in the world of telecommunications for its ability to convey a large amount of information about a distant language. This thesis is dedicated to the study and simulation of a fiber optical link between the University and Algeria Telecom.

On the occasion of the visits to the transmission center of Algeria Telecom of Algiers and to the transmission center of the University of Medea, we consulted the equipment used for optical transmission.

For the design of the dedicated link we used Packet Trace software under CISCO System. And the realization of the connection, was carried out using the equipments available at the level of the professional training institute of Ain Dhab médéa (such as routers, switches, PCs, various cables), under the software of Hyper Terminal configuration.

Key words:

Optical fiber, telecommunication, light, packet transmission, diode laser, photodiode, computer network, CISCO. Hyper Terminal, router, Switch, connections cables, modem, Switch, ligne of transmition.

Introduction Générale :

Les dernières années ont été marquées par l'introduction de nouveaux services qui exigent une grande largeur de bande tels que la vidéo à la demande, la voix sur IP ou la télévision haute définition. L'offre de ces services nécessite la planification ainsi que l'introduction de nouvelles technologies dans les réseaux de télécommunication et particulièrement dans le réseau d'accès. Par conséquent, Les compagnies de télécommunication ont entrepris de moderniser l'infrastructure réseau en augmentant la portion occupée par la fibre optique. En effet, la fibre optique est le support physique qui offre la plus grande largeur de bande actuellement, en plus de présenter une faible atténuation du signal.

La fibre optique est donc une innovation relativement récente qui a rapidement pris un rôle prépondérant dans le monde des télécommunications pour sa capacité à véhiculer un grand nombre d'informations sur de longues distances comparativement aux autres supports (câble coaxial, radio etc.), L'apparition de la fibre optique a totalement révolutionné le monde des Télécommunications. La conception de systèmes de transmission à très grande capacité était désormais possible. De plus, les échanges à travers ces systèmes allaient être de plus en plus nombreux et la demande de services de plus en plus élevés.

Algérie Télécoms Contient beaucoup d'équipements pour raccordée entre les abonnées, parmi ces équipements, il y a (les modems, les modules SFP, les câbles Fibre Optiques, las armoires…). Dans le côté soft, Algérie télécoms utilise des logiciels de simulation à base de fibre pour transmettre des données (haut débits) en distinction entre les divers abonnés et d'autres logiciels pour crée des réseaux tels que (Packet Tracer).

Ce mémoire s'organise sur quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré aux généralités sur la fibre optique, un bref aperçu sur les différents types de la fibre optique et leurs caractéristiques sont présentées ainsi que les détails sur les atténuations comme l'absorption et les pertes de courbures, aussi les dispersions chromatique et intermodale. Nous avons présenté à la fin de ce chapitre des généralité sur les réseaux informatique.

Au second chapitre, nous décrivons les principaux éléments constituants la liaison de transmission optique (l'émetteur, le récepteur, etc.…), on ne peut pas faire la transmission désigne le transport d'information d'un endroit à un autre sont ces éléments précédant.

Le troisième chapitre entame toutes matériels de la liaison optique spécialisée qui on utilise pour l'émission et la réception des données entre la société d'Algérie Télécoms et notre Université, ensuite on parle sur le débit qui fournit d'appris Algérie Télécoms

En fin, dans le dernier chapitre nous avons fait une simulation sur Packet tracer qui nous rapproché l'image du transfert des données et tous les moyens mis en œuvre pour effectuer ce transport, et aussi on fait la configuration sur les router réellement par logiciel HyperTerminal et on discute sur les déférents résultats obtenu.

Chapitre I : généralités

I.1. Introduction :

La technologie des fibres optique s'est considérablement développée avec l'arrivée des réseaux et d'internet. Ledéveloppementdes fibres optiques en tant qu'outil de communication découle directement de la demande croissante d'échanges de donnée rapides entre les différents utilisateurs et entreprises.

Il en résulte un bouleversement des réseaux de télécommunications précédentset un besoin de mettre en place de nouvelles structures. Ce chapitre sera une description générale de la structure d'une fibre optique en transmission la présentation des généralités a pourbut d'apporter les éléments de base, essentiels pour faciliter la compréhension de cethème.

I.2 Différent systèmes des transmissions :

Une liaison de télécommunications comporte trois éléments principaux :

- Un émetteur qui prend l'information et la convertit en signal électrique, optique ou radioélectrique.
- Un média de transmission, pouvant être une ligne de transmission, une fibre optique ou l'espace radioélectrique, qui relie émetteur et récepteur.
- Un récepteur qui reçoit le signal et le convertit en information utilisable. Par exemple, en radiodiffusion, l'émetteur de radiodiffusion émet grâce à son antenne la voix ou la musique, qui passe dans l'espace sous forme d'onde électromagnétique, jusqu'à un récepteur AM ou FM qui la restitue. Les liaisons de télécommunications peuvent être monodirectionnelles, comme en radiodiffusion ou télévision, ou bidirectionnelles, utilisant alors un émetteur-récepteur, et multidirectionnelles quand plusieurs liaisons sont interconnectées entre plusieurs utilisateurs.

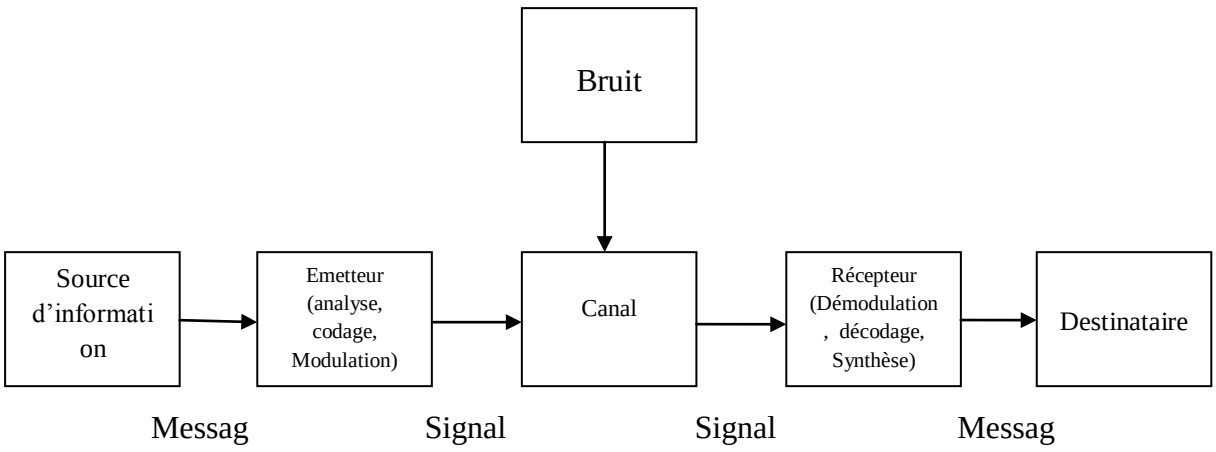


Figure I.1 : schéma synoptique d'un système de transmission.

Description des blocs du système de transmission :

- Source : tout système en évolution (physique, biologique...) peut être considéré comme source ou émetteur d'un message.
- Emetteur : Quel que soit le média de transmission, un émetteur émet et convertit l'information selon le canal de transmission.
- Signal : c'est le véhicule de l'information. Il peut être une onde électromagnétique (radio), le courant électrique (téléphone)...etc.
- Canal : c'est le milieu ou le support physique qu'emprunte le signal (câbles coaxiaux, fibre optique, air...).
- Récepteur :un récepteur reçoit et convertit le signal transmis en information utilisable.

I.3 Outil de transmission fibre optique :

I.3.1Historique de la fibre optique :

La télécommunication a connu des énormes progrès au cours des siècles et surtout durant les deux siècles derniers on a utilisé la lumière pour transmettre des informations. C'était en particulier le cas des grands feux allumés en guise de signaux aujourd'hui encore, on peut trouver ce type de transmissiond'information sous de multiples formes.Les hommesont élaboré des méthodes utilisant la lumière pour transmettre des informations à distance.

En 1870 : peu de temps avant l'invention de Bell, le physicien anglais, John Tyndall, confronté au même problème,suggère une solution en démontrant que la lumière peut être guidée par un jet d'eau. Cette expérience se base sur le « principe de la réflexion totale » utilisé actuellement pour les fibres optiques.

En 1880 :l'américain Alexander Graham Bell développe le « photophone »grâce auquel on peut transmettre des signaux vocaux à l'aide de la lumière. Cette idéene trouva pas l'application parce que Les influences climatiques et la visibilitéréduisaient la qualité de la transmission.

En 1962 : La possibilité de fabriquer des lasers à l'aide des matériaux semi-conducteur est reconnue. Parallèlement, on développe les éléments de réception : diodes semi-conductrices. Il suffisait alors de trouver un milieu adéquat de transmission capable de réunir émetteuret récepteur.

On pensa d'abord à des guides circulaires et réfléchissants qui comportaient de complexes systèmes de lentilles.

En 1966 : Charles et George suggèrent d'utiliser des fibres en verre pour guider des ondes. Ces fibres auraient dû avoir des affaiblissements maximaux de 20 dB/km. En médecine, on utilisait déjà dans les années cinquante les fibres de verre pour la transmission d'image vidéo sur de très courtes distances.

En 1970 : la firme Corning Glass Works, fabrique aux Etats-Unis des fibresOptiquesà saut d'indice et obtient des affaiblissements inférieurs à 20 dB/km pour unelongueur d'onde de 633 nm.

En 1972 : on atteint 4dB/km pour des fibres optiques àgradient d'indice. Les premiers câbles optiques téléphoniques sont mis en service surdes bâtiments de guerre américains.

En 1976 : Western Electric (USA) réalise les premiers essais d'un système à

Câble optique sur sa propriété à Atlanta.

En 1977: les premiers essais sur leterrain sont effectués par Bell Systems, à Chicago, sur une distance de 2,5 km etpar General Téléphone,à Long Beach, sur une distance de 9 km.

Depuis 1978 : le CERN, à Genève, utilise un câble à fibres optiques résistant au rayonnementà partir de cette époque, commence l'utilisation mondiale de cettenouvelle technologie.

En 2005 :La fibre optique s'est dans une première phase limitée à l'interconnexion des centraux téléphoniques, seuls justifiables de son énorme débit.Avec la baisse des coûts entraînée par sa fabrication en masse et les besoinscroissants des particuliers en très haut débit.

Actuellement, plus d'un million de kilomètres de fibres optiques, utilisant la technologie Siemens, ont été installés dans 24 pays. Dans le futur on installera principalement des fibres optiques monomodes.[1]

I. 3.2 Description de la fibre optique :

Une fibre optique est un guide d'onde diélectrique cylindrique qui possède généralementune symétrie de révolution. Elle est constituée par deux couches de matériaux transparents àbase de silice appelées le cœur, d'indice de réfraction n1, et la gaine optique qui entoure lecœur, d'indice n2 (Figure I. 2).

L'indice n1 est supérieur a n2 ce qui garantie la réalisation de la condition de la réflexiontotale sur la gaine d'un rayon se propageant dans le cœur et qui permet le guidage.

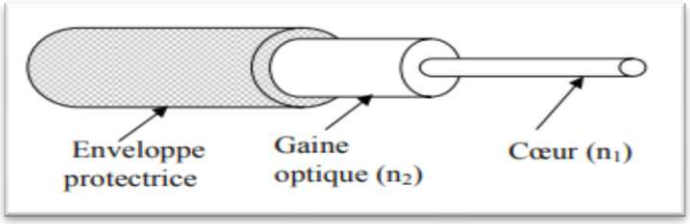


Figure I. 2: Structure d'une fibre optique.

Une fibre a des dimensions de l'ordre de la centaine de micromètre. Le diamètre de lagaine .2b, est en général de 125 µm mais peut aussi être de 140 µm (cas de certaines fibres multi-modes). Le rayon du cœur, quant à lui, varie de 1à 100 µm. [9]

I.3.3 Les différents types de fibre optique :

Il existe deux types de fibre monomode et multimodes. Les fibres multimodes, a leur tour, peuvent être divisées en :

a- Fibre multimodes :

✓ **Fibre multimodes à saut d'indice :**

Le cœur et la gaine présentent des indices de réfraction différents et constants. Lepassage d'un milieu vers l'autre est caractérisé par un saut d'indice. Le faisceau lumineuxinjecté à l'entrée de la fibre va atteindre la sortie en empruntant des chemins optiquesdifférent ce qui se traduit par des temps de propagation différents et donc un étalement du signal transmis. (Fig. I.3)

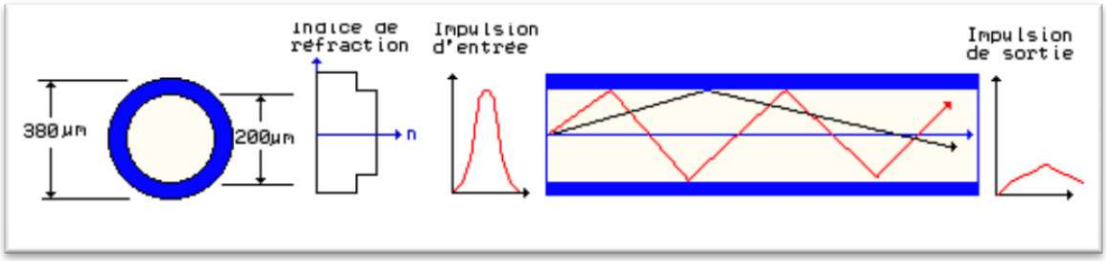


Figure I.3: la fibre multimode à saut d'indice

Les différents rayons empruntent des trajectoires différentes leurs chemins optiques et leurs temps de propagation sont différents. Il en résulte donc une dispersion intermodale. Pour diminuer cet effet, le profil d'indice de cœur peut être modifie de telle sorte a crée un « gradient d'indice ».

✓ **Fibre multimode à gradient d'indice :**

Le cœur se caractérise par un indice variable qui augmente progressivement de n_1 à l'interface gaine-cœur jusqu'à n_2 au centre de la fibre. Là aussi les rayons lumineux vont emprunter des chemins différents, mais un choix judicieux du profil d'indice du cœur permet de tendre vers des temps de parcours voisins et donc réduire l'étalement du signal (fig. I.4).

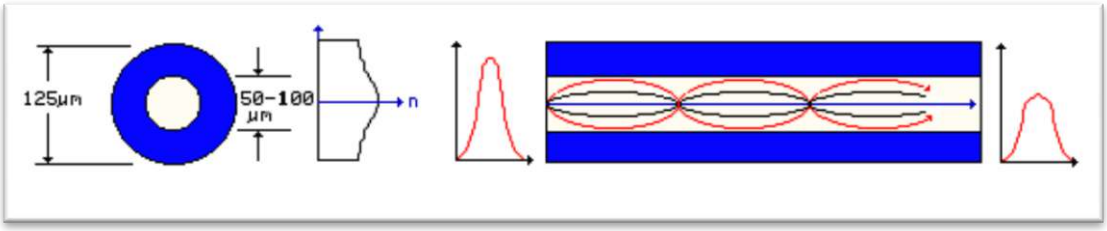


Figure I.4: La fibre multimodes à gradient d'indice.

b- Fibre monomode:

Dans une fibre monomode, on obtient un seul mode grâce à la très faible dimension du cœur (diamètre de 10 µm et moins). Ainsi le chemin de la lumière est imposé. Le nombre de modes se propageant dans une fibre optique est donné par la relation suivante :

$$\boldsymbol{m = \frac{2d}{\lambda}.ON} \quad \boldsymbol{.....I.1}$$

Avec : d : le diamètre du cœur de la fibre,

λ: la longueur d'onde de la lumière utilisée,

ON : l'ouverture numérique de la fibre.

En choisissant **d** suffisamment faible, il est possible d'avoir un seul mode de propagation (m=1⇔fibre monomode). Le chemin de propagation est ainsi unique et parallèle à l'axe de la fibre (fig. I.5). Théoriquement le signal injecté en entrée va atteindre la sortie sans aucune déformation. C'est ce type de fibre qui présente les plus grandes performances mais son coût est relativement élevé par rapport aux fibres multimode.

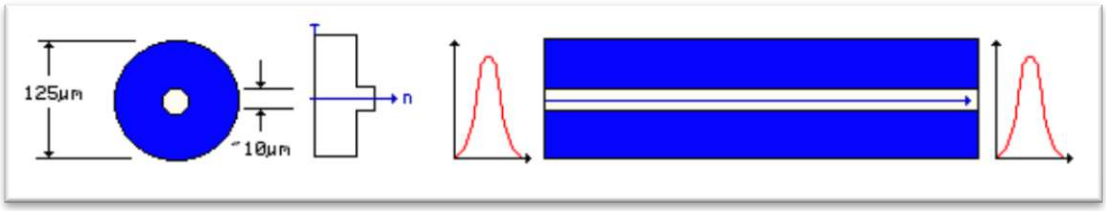


Figure I.5 : La fibre monomode

La fibre monomode dont le cœur est si fin que le chemin de propagation des différents modes est pratiquement directe. La dispersion modale devient quasiment nulle. La bande passante transmise est presque infinie (>10 GHz/Km). Cette fibre est utilisée essentiellement pour les communications à grande distance.

Le petit diamètre du cœur (10um) nécessite une grande puissance d'émission, donc des diodes au laser qui sont relativement onéreuses. [2]

I.3.4 Caractérisation de la fibre optique:

Les principales caractéristiques des fibres optiques sont l'atténuation, la dispersion chromatique, la dispersion modale, que nous allons présenter.

a. L'atténuation de la fibre optique :

Une perte, ou atténuation se traduit par la perte d'énergie lumineuse dans la fibre. Elle est mesurée en dB/Km. Les longues portées utilisées avec les fibres optiques influent directement sur le signal lumineux, mais ce n'est pas la seule cause d'atténuation qui existe, en effet,

l'absorption, la diffusion, les courbures et les pertes de connectiques sont les principales causes de l'atténuation.

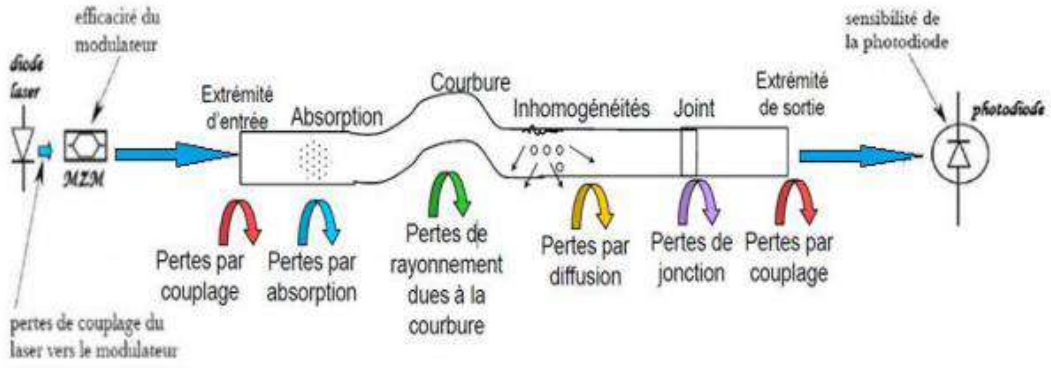


Figure I.6 : les différents types d'atténuation de pertes. [5]

La figure ci-dessous montre une partie de signal sous forme de lumière est perdue.



Figure I.7 : Atténuation de signal.

L'atténuation dans les fibres optiques résulte de plusieurs mécanismes.

- ✓ Pertes intrinsèque : dépendent de la nature physico chimique de la fibre optique.
- ✓ Pertes par absorption moléculaire : elles sont causées par l'absorption des rayons optiques par la silice et les impuretés contenus dans celle-ci.
- ✓ Les irrégularités involontaires de structure provoquent des pertes par diffusion(Diffusion Rayleigh).
- ✓ Pertes extrinsèques : dépendent du couplage fibre-fibre ou fibre-composant.
- ✓ Les pertes dues aux conditions d'utilisation des fibres. Toute courbure trop serrée crée des pertes par rayonnement. Les micro-courbures sont des courbures très faibles, mais répétées et pratiquement incontrôlables, dues au conditionnement des fibres dans les câbles.
- ✓ Chaque jonction peut provoquer une perte de raccordement, puisque les fibres sont toujours utilisées par tronçons de longueur finie, raccordés entre eux.

***La Figure* (I. 8)**montre le spectre optique visuel allant de l'ultraviolet jusqu'infrarouge en longueurd'ondes. [10]

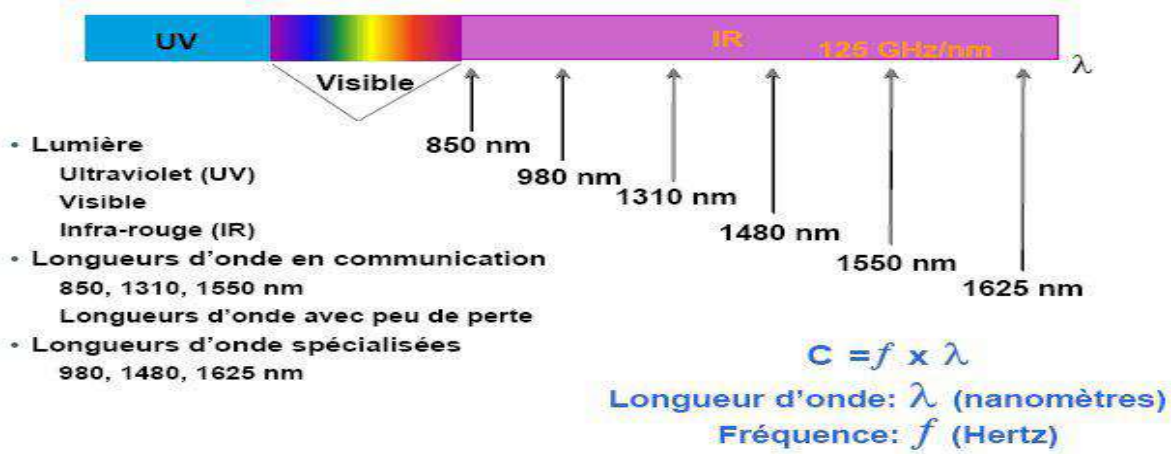


Figure I. 8: Spectre visuelle. [9]

b. Dispersion : Le signal reçu est déformé par rapport au signal émis (dégradation)



Figure I.9: dispersion de signal.

Il existe deux types de dispersion :

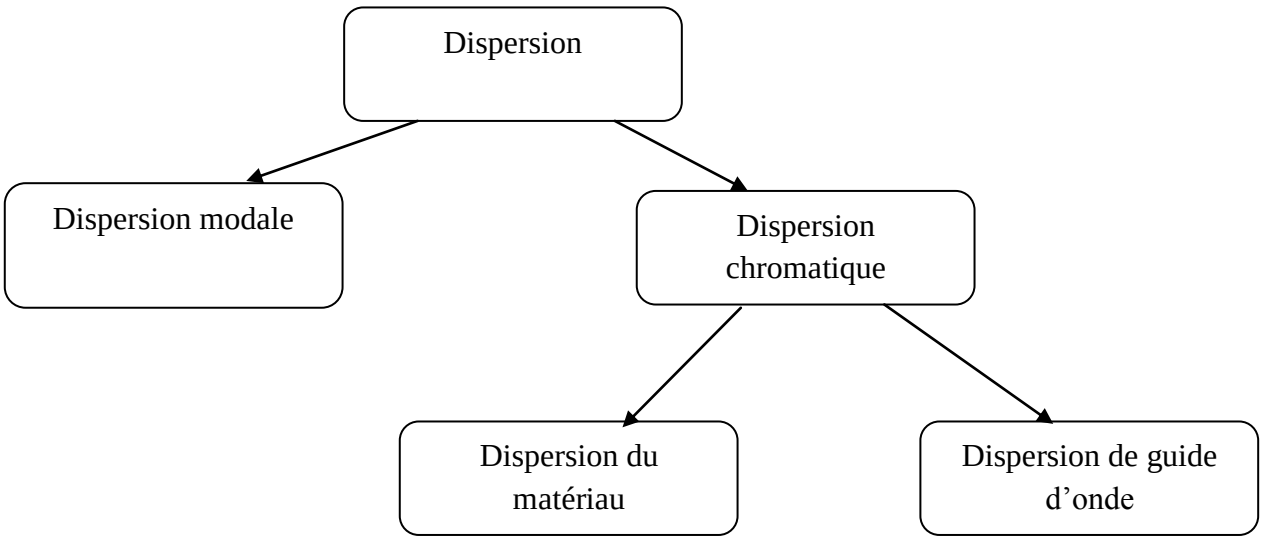


Figure I .10 : les types de dispersion.

✓ **Dispersion chromatique (intermodale) :**

La dispersion chromatique est la combinaison de deux types de dispersion : la dispersion du matériau et la dispersion du guide d'onde.

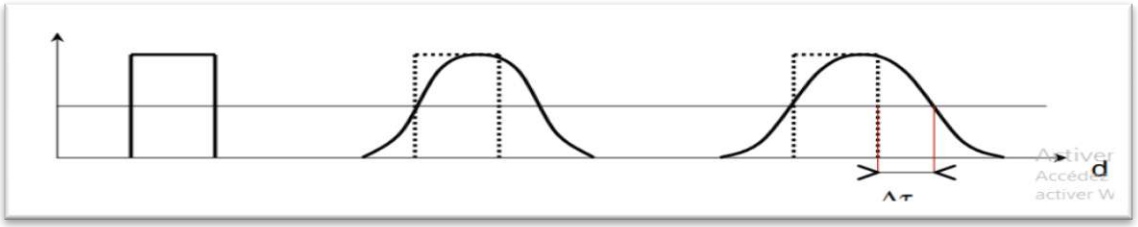


Figure I.11 : Dispersion chromatique de signal.

- La dispersion du matériau est causée par la dépendance de l'indice de réfraction de la longueur d'onde. En effet la dispersion du matériau est très petite à par rapport à la longueur d'onde d'environ 1300nm, cette dispersion existe dans toute les fibres optiques qu'elle soit monomode ou multimode.
- La dispersion du guide d'onde est particulièrement importante pour les fibresmonomodes. Elle est causée par le fait que la répartition de la lumière du modefondamental sur le cœur et la gaine dépend de la longueur d'onde.
- La dispersion totale est la somme des dispersions due au matériau et la dispersion du guide d'onde. [9]

✓ **Dispersion modale (ou intermodale) :**

Dans une fibre optique multimode se propagent plusieurs modes, chacun suivant une trajectoire différente. L'énergie lumineuse transmise dans la fibre se répartie entre les différents modes qui se propagent dans le cœur.

L'ensemble des retards entre les différents rayons composant le signal lumineux détermine en réception une distorsion du signal électrique obtenu par le convertisseur optique-électrique ; cette distorsion est la Dispersion Modale.

c. Bande passante :

La bande passante est un des paramètres les plus importants pour définir les propriétés de transmission d'une fibre optique.

La définition de La bande passante d'un système de communications optiques est généralement considérée comme étant la fréquence pour laquelle l'amplitude du signal optique a diminué de 3 dB (car 3dB correspond à un affaiblissement du signal de 50 %) ce qui permettra de stabiliser la fréquence maximale transmissible en ligne. Cette bande dépend de l'effet conjonctif des deux phénomènes de dispersion modale et chromatique.

Dans la pratique, la réponse n'est pas aussi franche, et on définit en général la bande passante (encore appelée largeur de bande du circuit) par : $B = f_2 - f_1$. [4]

I.3.5 Les pertes de connectique :

C'est la séparation longitudinale désalignement, radial, angulaire, excentricité et ellipticité des cœurs. Une source principale extrinsèque de perte de couplage dans les connexions fibre à fibre est l'alignement des fibres pauvres. Les trois erreurs de couplage de base qui se produisent pendant l'alignement des fibres sont des fibres de séparation (désalignement longitudinal), un défaut d'alignement latéral et angulaire. La plupart des erreurs d'alignement sont le résultat des imperfections mécaniques introduites par des techniques d'assemblage de fibres.

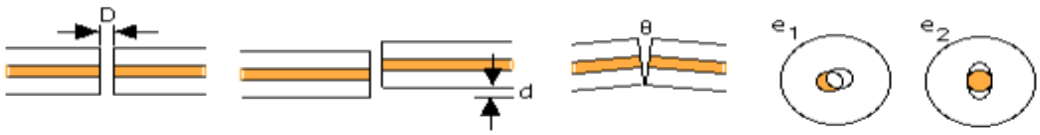


Figure I.12: les déférentes pertes de connecteur. [6]

Dans les figures suivantes on va expliquer chaque désalignement. [6]

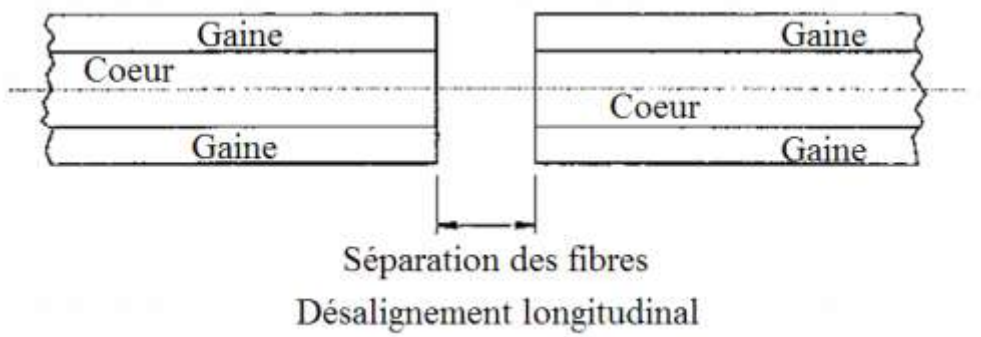


Figure I.13 : désalignement longitudinal.

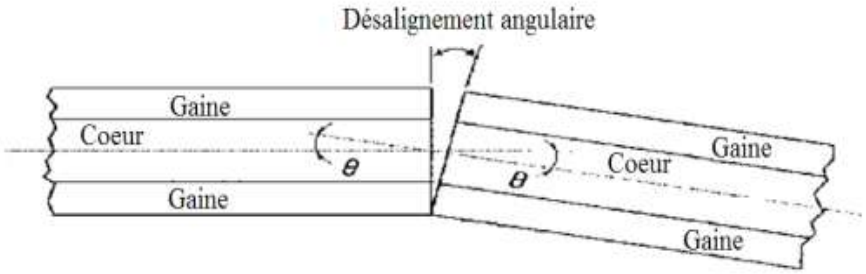


Figure I.14 : désalignement angulaire.

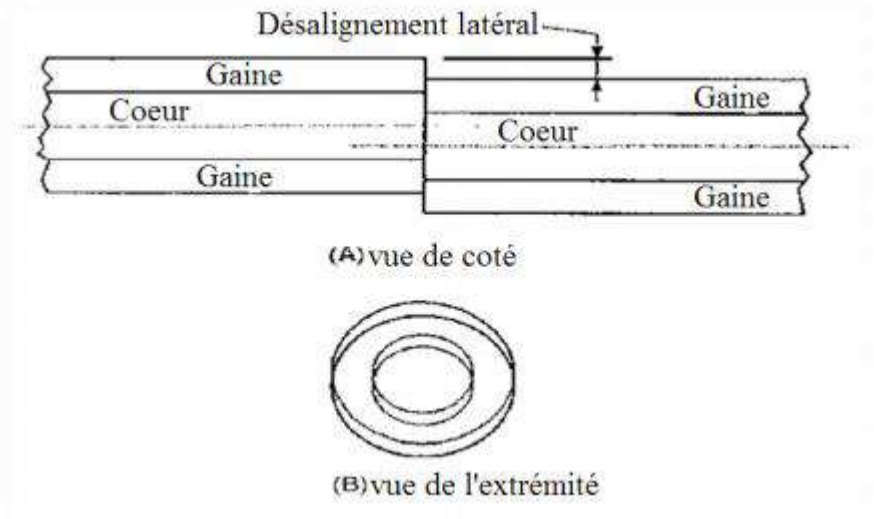


Figure I.15 : désalignement latéral vue de côté (A) et vue d'extrémité(B).

I.4. Comparaison entre Fibres optique monomodes et multimodes :

Tableau I.1 : Caractéristiques des différentes fibres optiques monomodes et multimodes

Fibre monomode	***Fibre multimodes***
Faible dispersion (quasiment nulle)	Forte dispersion
Connexion délicate	Connexion facile
Faible atténuation	Forte atténuation
Hauts débits (100Gbits/Km), utilisées pour des longues distances	Faible débit(1Gbits/Km), utilisées aux Réseaux locaux de faibles distances

I.5Les applications de la fibre monomode :

Les applications de la fibre optique monomode sont nombreuses, les plus connuesconcernent :

- ✓ Les télécommunications, pour la réalisation des réseaux hauts débits à grande distance en technologie WDM, SDH, ATM.
- ✓ L'audiovisuel, pour la réalisation des réseaux câblés de télévision en association avec lecâble coaxial utilisé pour le raccordement de l'abonné.
- ✓ La médecine, ou la fibre optique est notamment utilisée.
- ✓ En chirurgie, pour transporter le faisceau laser jusqu'au tissus a traiter.

- ✓ En endoscopie, pour éclairer l'intérieur du corps et transmettre les images jusqu'au médecin.
- ✓ L'éclairage (muséographique, architectural, espaces d'agrément publics ou domestiques).
- ✓ La décoration/illumination de piscines, bassins, fontaines,
- ✓ La signalétique d'orientation de l'information (panneaux de signalisation et enseignes).
- ✓ La signalisation routière (rond points, séparation de voies de circulation). [9]

I.6. Avantages et inconvénients des fibres optiques :

a) Avantages :

Ils sont nombreux, on peut les classer comme suit :

- ✓ Performances de transmission : très faible atténuation, très grande bande passante,multiplexage possible de plusieurs signaux ; elles permettent aux systèmes d'avoir uneportée et une capacité très supérieurs à celles des câbles conducteurs.
- ✓ Avantage de mise en œuvre : très petite taille, grande souplesse, faible poids, appréciablesaussi bien en télécommunications que pour le câblage en informatique, aéronautiques,applications industrielles.
- ✓ Sécurité électrique : isolation totale entre terminaux, utilisation possible en ambianceexplosive ou sous forte tension.
- ✓ Sécurité électromagnétique : la fibre optique n'est pas sensible aux parasites et n'en créepas elle-même.
- ✓ Avantage économique : contrairement à l'aidée encore répandue, le coût globale d'unsystème sur fibre optique et de plus en plus souvent inférieur à celui d'un système surcuivre.

b) Inconvénients :

- ✓ La fibre optique ne permet pas le transport d'énergie.
- ✓ Les répéteurs doivent être alimentés séparément, soit localement, soit par second câbleélectrique, soit par un câble mixte optique et électrique.
- ✓ Les techniciens des installations doivent protéger ces yeux.
- ✓ Il est indispensable de porter des verres de protection infrarouge pour travaille de prés surun dispositif en fonctionnement.
- ✓ Perte de raccordement entre différents composants optiques du système.
- ✓ Parmi les pertes de raccordement on trouve :
    - Pertes de couplage à la source : une partie seulement de la puissance émise par lelaser sera captée par la fibre à cause de la désadaptation entre eux.
    - Pertes d'épissure : elle est due à cause d'une discontinuité des rayons, une erreurd'espacement, une erreur d'excentrement, une erreur d'alignement angulaire

I.7 dispositifs de transmission et réception optique :

I.7.1 diode laser :

Depuis le début des télécommunications par fibre optique, le choix des sources optiques s'est porté sur les émetteurs à semi-conducteur à cause de leurs petites dimensions en rapport avec celles du cœur des fibres optiques, de la relative facilitée que l'on a à moduler directement la lumière émise en agissant sur le courant, de leur spectre optique relativement étroit et de leur faible consommation énergétique. [6]

Ainsi la diode laser est la source là mieux adaptée pour les télécommunications optiques car elle permet d'avoir la meilleure efficacité de couplage optique avec la fibre. Le mot laser, (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), signifie amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement. Deux notions peuvent résumer cet effet : amplification et contre-réaction

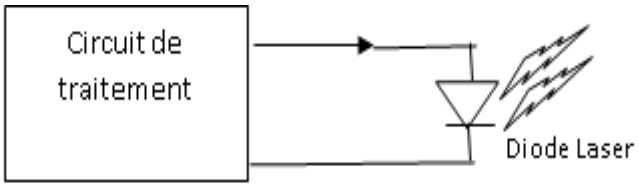


Figure I.16 : principe d'utilisation d'une diode laser

Le choix des sources optiques s'est appuyé sur les émetteurs à semi-conducteur dont l'évolution des structures s'est faite de manière parallèle aux autres types de lasers. Avec ses nombreux avantages :

- Petites dimensions (volume de 1,5.10-3 mm3) en rapport avec celles du cœur des fibres optiques.
- Excellente capacité de modulation en agissant sur le courant.
- Couverture spectrale importante (0,4 μm< λ < 30 μm) avec un spectre optique relativement étroit.
- Alimentation très commode (une simple source de courant est suffisante pour enclencher le processus d'émission stimulée) avec une faible consommation énergétique pour donner une puissance pouvant atteindre plusieurs Watts en continu, et donc un bon rendement.
- Faible coût de fabrication avec une très bonne fiabilité.
- Facilité d'intégration avec d'autres composants optoélectroniques.
- Le laser à semi-conducteur est la source là mieux adaptée pour les télécommunications optiques en permettant ainsi une meilleure efficacité de couplage optique avec la fibre.

I.7.2 photo diode :

La lumière à la sortie de la fibre est focalisée sur une jonction P-N à laquelle on applique les caractéristiques du point de fonctionnement (courant inverse de bais) afin de générer une paire d'électron-trou pour chaque photon empiétant sur ou près de sa région active. Le courant inverse ainsi appliquer crée un champ magnétique au travers de la jonction P-N ; ce qui cause une hausse du photo-courant avant la recombinaison permettant ainsi le passage du signal numérique optique en impulsion électrique.

I.8.Notion générale sur les réseaux informatiques :

Les réseaux doivent répondre aux besoins actuels des organisations et doivent pouvoir prendre en charge les technologies émergentes dès leur adoption. Les principes et les modèles de conception réseau peuvent aider l'ingénieur réseau à concevoir et construire un réseau flexible, robuste et gérable. (Et pour plus de détaille, voir l'annexe B).

I.8.1Réseau :

Un réseau de télécommunications est un ensemble des ressources matérielles et logicielles destinées à la transmission et l'échange d'information entre deux ou plusieurs points distants. Les réseaux de télécommunications sont classés en fonction de différents types de critères : Informations transmises, nature des entités, distance couverte, mode de transfert, mode de connexion, techniques de commutation, etc. Et les réseaux informatiques n'échappent pas à cette règle.

En transposant cette définition globale des réseaux, nous pouvons conclure qu'un réseau informatique est un ensemble d'équipements informatiques reliés ou interconnectés entre eux et paramétrés de manière qu'ils puissent communiquer, chaque Réseau utilise un ensemble des protocoles.

Protocole :

Ensemble des règles à suivre pour satisfaire des objectifs bien déterminés, son but est utiliser le canal de communication en évitant les collisions, le transfert fiable de données de bout en bout, etc.

I.8.2.Caractéristiques d'un réseau :

Fiabilité : Elle mesure l'intervalle moyen entre les pannes enregistrées par les routeurs, commutateurs PC, etc.……

Évolutivité : Elle indique la facilité avec laquelle le réseau peut accueillir plus d'utilisateurs et répondre à davantage de trafic.

Disponibilité : Elle mesure la probabilité que le réseau soit disponible lorsqu'on en a besoin.

Sécurité : Elle correspond au niveau de protection du réseau et doit être mise à jour en permanence pour pallier aux nouvelles menaces.

Coût : Il indique les dépenses consacrées à l'achat de composants réseau, ainsi qu'à l'installation et à la maintenance du réseau.

Vitesse : Elle mesure le débit des données pour une liaison du réseau en bits par seconde (bits/s).

Topologie :

Physique ➔indique comment les périphériques réseau sont interconnectés au moyen de fils et de câbles.

Logique ➔décrit le chemin par lequel les données sont transmises dans un réseau.

I.8.3. Les différents types de réseaux : Les différents types de réseaux informatiques peuvent être classifiés selon leur étendue, leur topologie et leur architecture.

- ✓ **L'étendue :** c'est l'éloignement maximal entre les systèmes informatiques connectés: les réseaux locaux (***LAN***), les réseaux métropolitains (***MAN***), les réseaux étendus (***WAN***), les réseauxprivés (***VPN***) et les réseaux sans fil (**Wireless**).

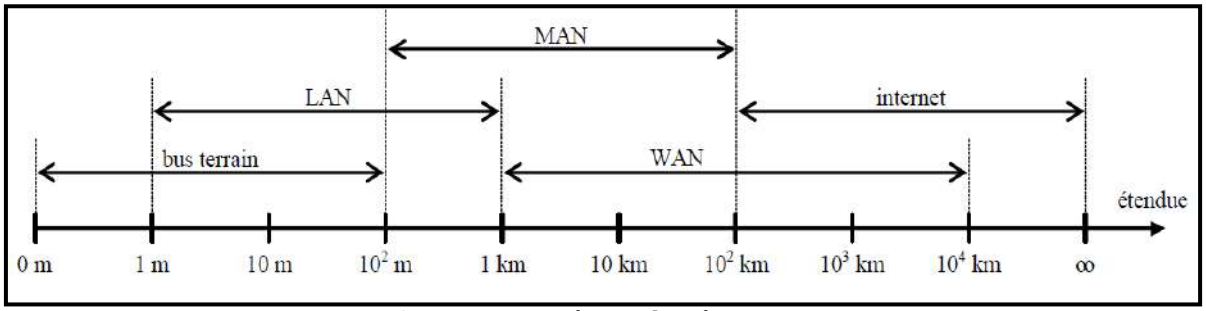


Figure I.17 : Catégoriesdes réseaux.

a) Les réseaux locaux (LAN)

Ce sont des réseaux de taille plus ou moins modeste, complexes, qui permettentl'échange de données informatiques et le partage de ressources (données, disques durs,périphériques divers, etc.). L'étendue géographique des réseaux locaux ne dépasse pas10 km (ex. : pour un immeuble, un campus, ou une mêmeentreprise) ils sont souvent reliés entre eux à l'aide d'une même technologie (la plus répandue étant Ethernet). Le débit, ou la vitesse decommunication, varie de quelques Mbps à 100 Mbps.

b) Les réseaux locaux sans fils (Wireless, LAN ou WLAN)

Ce sont des réseaux sans connexions physiques visibles. Ces réseaux utilisent lesondes (radio, infrarouges, etc.) comme support de communication. Les ordinateursmobiles constituent le secteurinformatique en plus forte progression.

c) Les réseaux métropolitains (MAN)

Les réseaux métropolitains permettent l'interconnexion de plusieurs réseaux locauxrépartis sur différents sites dans une zone urbaine dont l'étendue géographiquen'excède pas 200 km. Ces réseaux peuvent être privés ou publics. Ils se distinguentaussi par leurs taux d'erreurs de communication. Le taux d'erreurs pour les réseaux*MAN* reste faible bien que plus élevé que pour les réseaux locaux.

d) Les réseaux étendus (WAN)

Les *WAN* (*Wide Area Network*) appelés aussi réseaux longue distance se situent àl'échelle nationale et internationale. Ce sont généralement des réseaux detélécommunications gérés par des opérateurs, qui assurent la transmission des donnéesentre les villes et les pays à l'échelle de la planète. Leurs supports de transmission sontvariés (ligne téléphonique, ondes hertziennes, fibre optique, satellite, etc.). La plupart deces types de réseaux sont publics.

e) Les réseaux privés virtuels (VPN)

Les réseaux privés virtuels consistent en l'interconnexion de *LAN* à l'échelle nationaleou internationale. Ces réseaux restent privés et sont transparents pour l'utilisateur. Ilspermettent en fait, par exemple pour une entreprise, de s'affranchir de certainescontraintes, telles que la localisation géographique. Ils rendent possible unetransmission plus sécuritaire des données sur un réseau public, en particulier surInternet.

I.8.4communication et protocole réseaux:

Les différentes couchessont caractérisées par un ensemble de protocoles, commele montre le tableau suivant. Et pour plus de détaille, voir l'annexe A)

Tableau I.2 : présentation de protocole réseau.

Différentes couches	**Protocoles**
Couche application	Telnet, SMTP, FTP, HTTP, DNS, POP, SNMP, RIP…
Couche transport	TCP , UDP,RTP ,SCTP ,OSPF …
Couche internet	IP, ICMP, ARP, IGMP, RARP…
Couche accès réseau	Arp , ppp ,Ethernet , pilote d'interface …

I.9 Conclusion :

Dans ce chapitre on a présentée des généralités sur fibre optique, oncommence par les technique des télécommunications qui nous donnons une idée à comprendre comment fait la transmission des informations, ensuite on parle de l'historique de la fibre optique et leur développement au cours des siècles et on discutées la description de la fibre optique et ces différent type ,on a fait la comparaison entre l'utilisation des différent fibre optique et les avantages et les inconvénients de fibre optique , à la fin de ce chapitre on finalisent par des généralité sur les réseaux informatique.

Dans le chapitre suivant nous allons étudier les différents systèmes de transmission optique.

Chapitre II : système de transmission optique

II.1 Introduction :

Les amplificateurs à fibre ont permis d'injecter dans les fibres des puissances importantes et de compenser les pertes de propagation ; la contrepartie en est l'apparition d'effets non linéaires, qui sont aussi une source de dégradation du signal, mais peuvent également être utilisés dans certaines conditions de manière positive pour compenser l'influence de la dispersion chromatique. Dans le cas général, effets linéaires et non linéaires interagissent et ne peuvent donc être isolés et traités séparément.

La fibre optique apparaît donc comme un milieu de propagation complexe, dont l'effet sur un signal ne peut être prédit qu'au moyen de logiciels de simulation : de nombreux laboratoires ont développé de tels outils.

II.2 Description d'une liaison optique :

La fibre optique ne constitue qu'une partie du quadripôle optoélectronique représentant la chaîne de transmission d'information (figure II.1). L'utilisateur s'intéresse avant tout à la relation entre le signal de sortie s (t) fourni par le détecteur et le signal d'entrée e (t) fourni par la source. On souhaite souvent que cette relation soit linéaire afin de pouvoir utiliser les techniques classiques de filtrage et d'égalisation pour reconstituer le signal entrant. La liaison optique comprend une fibre optique, un émetteur (source laser), un récepteur (photodétecteur) et éventuellement un ou plusieurs régénérateurs (amplificateur) [5]

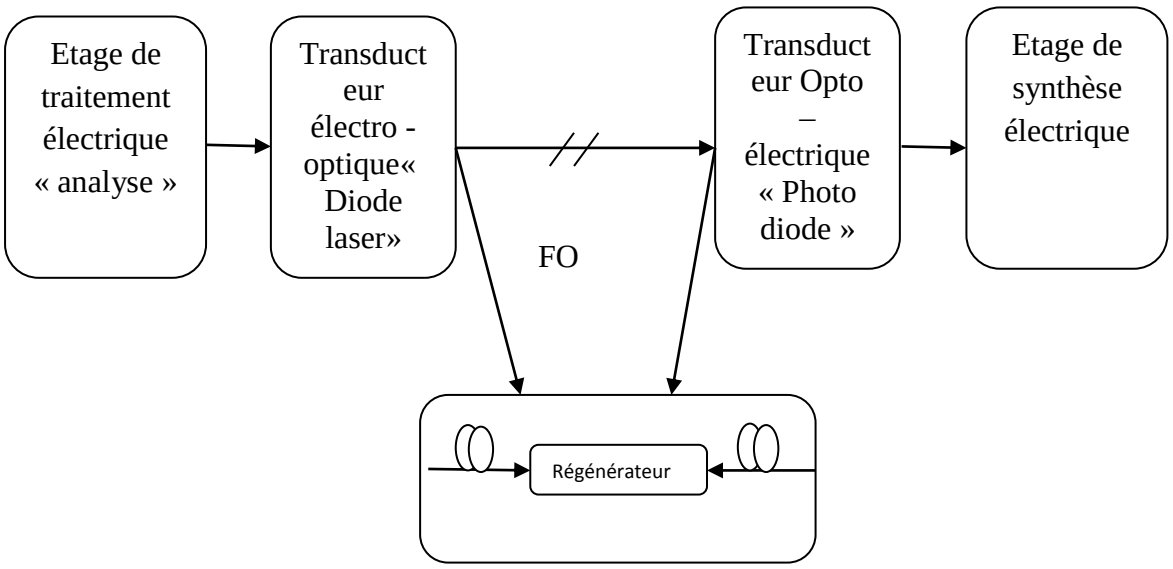


Figure II.1 : Schéma d'une liaison optique.

II.3 Emetteur optique :

Les émetteurs optiques permettent de convertir le signal électrique en une forme optique et de l'envoyer à travers la fibre optique, Il existe deux types de sources qui sont les suivantes :

II.3.1 La diode laser (DL) :

Un laser est un dispositif à semi-conducteur qui génère de la lumière monochromatique et cohérente à travers le processus de l'émission stimulée comme l'indique l'acronyme dont le mot est issu « Light Amplifier by Stimulated Emission of Radiation ». La première démonstration de l'effet Laser date de 1960 par T. H. MAIMAN (laser à rubis dopé Cr). Ce composant produit de la lumière dont la longueur d'onde va, selon les types, du domaine de l'ultraviolet lointain (laser à excimères) au domaine de l'infra rouge (laser CO2). [3]

II.3.2 La diode électroluminescente (DEL) :

Une diode électroluminescente, abrégée sous les sigles DEL ou LED « light-emitting diode », est un composant optoélectronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Une diode électroluminescente ne laisse passer le courant électrique que dans un seul Sens (le sens passant, comme une diode classique, l'inverse étant le sens bloqué) de plus elle produit un rayonnement monochromatique ou poly chromatique incohérent à partir de la conversion d'énergie électrique lorsqu'un courant la traverse. Les LED sont considérées, par beaucoup, comme une technologie d'avenir dans le domaine de l'éclairage général. [6]

II.4 Le canal de transmission :

Dans le domaine de la transmission du signal, le problème qui se pose est celui de définir le type de support de ce signal devant relier l'émetteur au récepteur sans déformer le signal véhiculé et sans atténuer. Ce support de transmission du signal (la fibre optique) est appelé canal de transmission.

On rappelle que la lumière est une onde de champ électromagnétique de longueur d'onde voisine de 1mm. Au-dessus de cette longueur d'onde on se situe dans l'infrarouge et au-dessous dans l'ultraviolet. On distingue aussi l'indice de réfraction n d'un milieu d'où on tire la vitesse de phase V=C/n avec n représente l'indice de réfraction.

La fibre optique est basée sur le principe de la réfraction de la lumière. C'est un guide d'onde qui se constitue de plusieurs couches de matériaux, ces derniers sont dits diélectrique et peuvent être soit du verre, soit du plastique. Ces matériaux sont transparents et ont des indices de réfraction différents, ce qui permet de confiner la lumière au voisinage du centre. Le phénomène de transmission par fibre optique s'appuie sur un processus de réfraction et de réflexion. C'est une transmission qui dépend ainsi du passage d'une radiation électromagnétique dans un média transparent.

Lorsqu'un faisceau lumineux heurte obliquement la surface qui sépare deux milieux plus ou moins transparents, il se divise en deux : une partie est réfléchie tandis que l'autre est réfractée, c'est à dire transmise dans le second milieu en changeant de direction. L'indice de réfraction est une grandeur caractéristique des propriétés optiques d'un matériau. Il est obtenu en divisant la vitesse de la lumière dans le vide par la vitesse de cette même onde dans le matériau. Plus l'indice est grand, et plus la lumière est lente. [5]

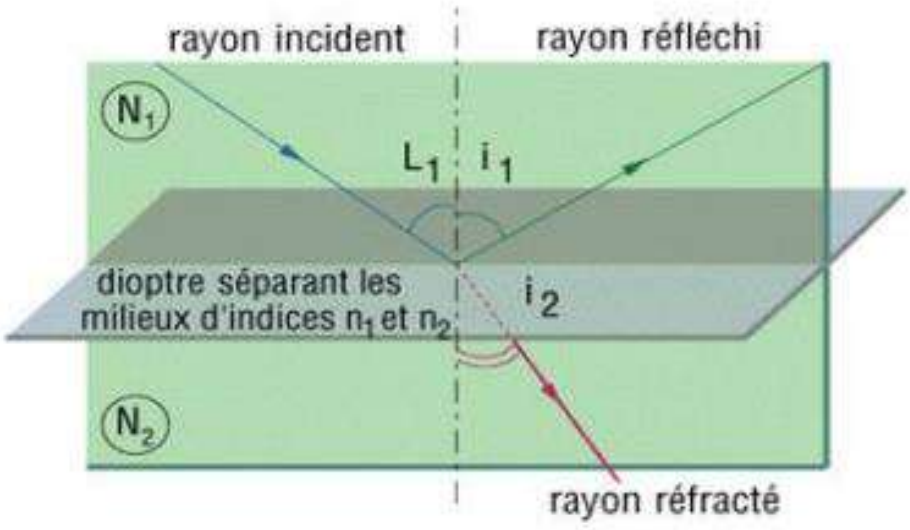


Figure II.2 : Le principe qui est utilisé pour guider la lumière dans la fibre. [5]

II .5 Récepteur optique :

De même que pour les modules d'émission, de nombreux efforts ont été fournis pour rendre les modules de réceptions de plus en plus performants. Le rôle du récepteur est de convertir au mieux le signal optique en signal électrique. Ce module est donc composé de trois blocs fonctionnels Figure II.3

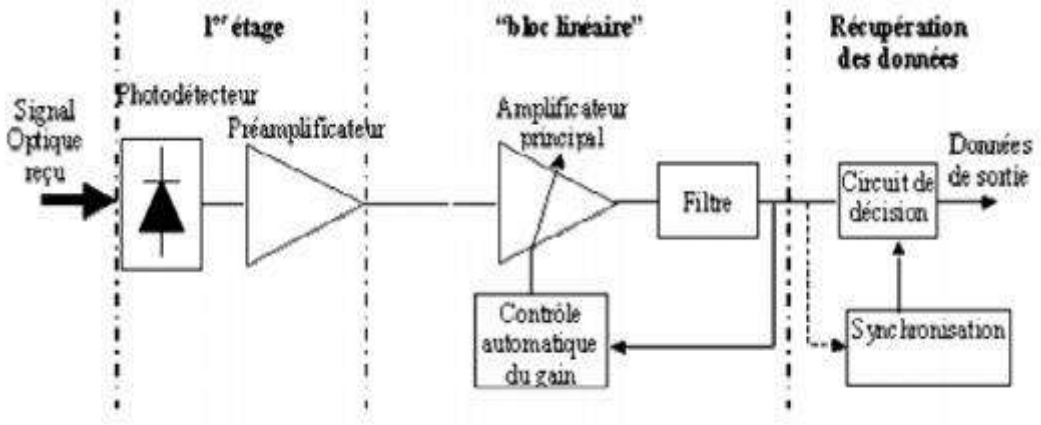


Figure II.3 : Schéma d'un récepteur de données à détection directe. [5]

Le bloc du premier étage est composé de la photo détectrice. Il est accompagné d'un préamplificateur, qui a pour but de rendre le photocourant généré suffisamment fort malgré le faible signal optique reçu ou la faible sensibilité du photodétecteur.

Ensuite le bloc 'linéaire', composé d'un amplificateur électrique à gain élevé et d'un filtre réducteur de bruit.

Le bloc 'récupération des données', correspondant au dernier étage du récepteur. A ce niveau il se trouve un circuit de décision et un autre de récupération de rythme, ce dernier est appelé circuit de synchronisation.

II.5.1 La photodiode PN :

La lumière à la sortie de la fibre est focalisée sur une jonction P-N à laquelle on applique les caractéristiques du point de fonctionnement (courant inverse de bais) afin de générer une paire d'électron-trou pour chaque photon empiétant sur ou près de sa région active. Le courant inverse ainsi appliquer crée un champ magnétique au travers de la jonction P-N ; ce qui cause une hausse du photo-courant avant la recombinaison permettant ainsi le passage du signal numérique optique en impulsion électrique.

II.5.2 La photodiode PIN :

Les systèmes nécessitant plus de vitesse et de sensibilité lors de la réception du signal utilisent les photodiodes P-Intrinsèque-N qui sont plus onéreuses. Le principe consiste à coincer entre une jonction P-N un matériau semi-conducteur légèrement dopée (avec du gallium, Indium, Arsenic). Pour effectuer la photo détection en évitant les recombinaisons des paires électron-trou, il est nécessaire que les photons soient absorbés dans une zone dépourvue de porteurs mobiles, assimilable à une zone de charge d'espace d'une jonction PN, encore appelée zone déplétée. Pour favoriser le rendement quantique, il est préférable que cette zone soit large. La majorité des photons est absorbée dans la zone intrinsèque (I), où règne le champ électrique pratiquement uniforme, qui sépare les porteurs. Une des zones

traversées par la lumière (P ou N) doit être de faible épaisseur, et recouverte d'une couche antireflet qui améliore le rendement quantique externe, et qui protège le matériau.

II.5.3 La photodiode à avalanche :

Afin que le rapport signal sur bruit soit suffisamment important, l'idée d'utiliser le phénomène de multiplication interne pour qu'un photon incident n'engendre plus un seul photoélectron, mais plusieurs a été soulevée, ceci pour augmenter la puissance du signal électrique correspondant à une puissance optique incidente donnée. En faisant croître le champ électrique dans la jonction PIN, l'énergie des porteurs s'élève, jusqu'au point d'ioniser un atome en cas d'impact avec celui-ci. Des ionisations en chaîne se produisent alors et les porteurs se multiplient.

Ce photo-détecteur à gain interne est appelé photodiode à avalanche ou PDA « APD ». Le gain de multiplication par ionisation par impact, appelé aussi facteur de multiplication M, est le rapport entre le nombre moyen de porteurs secondaires créés par ionisation et le nombre de porteurs primaires provenant de la photo-détection. Le gain augmente avec la différence de potentiel appliquée, mais est limité à une valeur maximale. Si le champ devient trop fort, il y a risque de claquage. Cette valeur limite de tension dépend du matériau et de la structure utilisée. Tout comme pour les photodiodes PIN, il existe plusieurs structures possibles. Elles résultent d'un compromis entre une zone d'absorption large, et une jonction très abrupte pour obtenir un très fort champ électrique.

II.6 Amplification optique :

Comme l'atténuation est l'une des principales limitations de la distance de transmission des systèmes de télécommunications optiques, il est nécessaire de trouver les solutions qui permettent de régénérer le signal à intervalle régulier dans la fibre.

La première solution pour y parvenir c'était d'utiliser un répéteur régénérateur optoélectronique, qui convertit le signal optique en un signal électrique à l'aide d'une photodiode, l'amplifier électriquement, puis le reconvertit en un signal optique.

Cependant, ce répétiteur, tant par leur capacité restreinte (conversion optoélectronique, complexité pour un système multicanaux) que par leur coût élevé a conduit à étudier un système amplifiant directement le signal optique c'est l'amplificateur optique qui a révolutionné l'évolution des systèmes de transmission. Il est devenu au début des années 90 l'un des éléments primordiaux des systèmes à multiplexage. Le signal optique peut être alors transmis sur une distance beaucoup plus grande sans aucun démodulation/remodulation des signaux de chaque canal. Sa large bande passante permet en effet d'amplifier simultanément plusieurs longueurs d'onde d'un signal multiplexé.

Ces amplificateurs se répartissent en deux catégories : les amplificateurs à semi-conducteurs et ceux à fibre en fonction du milieu qui les compose.

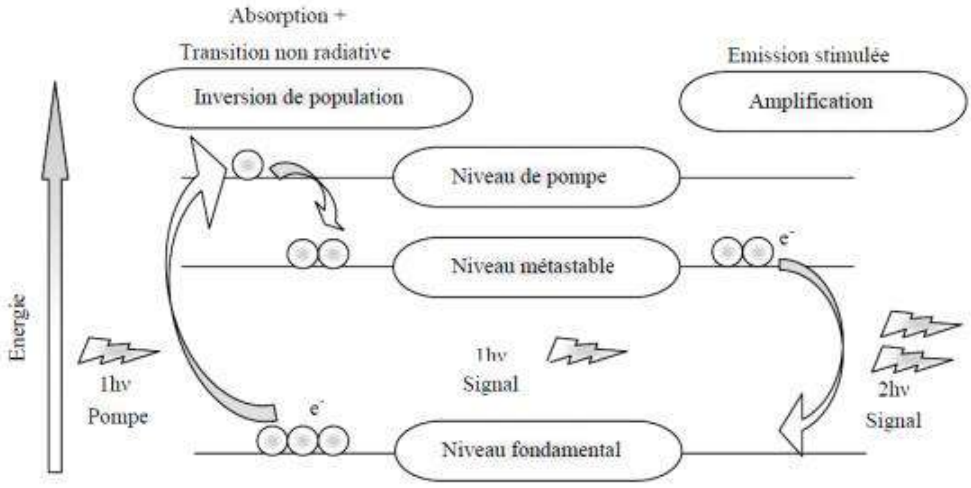


Figure II.4 : Amplification optique à 3 niveaux. [5]

II.6.1 L'amplificateur à semi-conducteur :

Du moment où les lasers à semi-conducteur fonctionnent en continu avec une fiabilité acceptable (au début des années 90), les études et recherches sur les amplificateurs à semi-conducteur (ou SCOA pour semi-conducator Optical amplifier) ont été commencées. La structure de base d'un SCOA est, à première vue, peu différente de celle d'une diode laser du type Fabry-Pérot, dont les faces ont été traitées antireflets, pour éviter la formation d'une cavité laser (création d'une oscillation). Il est constitué d'une jonction p-n à l'intérieur de laquelle est insérée une couche d'environ 0.1 mm d'un matériau semi-conducteur de bande interdite plus faible que celles des zones avoisinantes mais de structure cristalline très proche. Cette couche centrale, aussi appelée zone active, sert à confiner à la fois les porteurs de charge (électrons et trous) et les photons. Lorsque la jonction est polarisée en direct, il se créé une inversion de population, c'est-à-dire une injection de porteurs (électrons) dans l'état d'énergie supérieur. Le passage d'un photon de longueur d'onde correspondant à la bande interdite de la zone active provoque alors l'émission d'un autre photon à la même longueur d'onde par recombinaison radiative d'un électron avec un trou. L'amplification du signal optique résulte alors de cette production de photons, connue sous le nom d'émission stimulée utilisée par les lasers à semi-conducteur. Les principales caractéristiques de ce type d'amplificateur optique sont :

- Compacité et rendement : l'amplificateur le plus compact qui existe, avec un rendement record.
- Simplicité du pompage électrique.
- Grande bande passante optique en petit signal : ≈ 5 THz environ 40 nm à 1550 nm.
- Opportunités offertes en termes d'intégration et de fabrication en grand nombre.
- Niveau de bruit élevé (AES) et fortes non-linéarités en saturation du gain.
- Puissance de saturation en sortie de 5 à 10 mW.
- Sensibilité à la polarisation de la lumière entrante.

- Pertes de raccordement non négligeables avec les fibres optiques, ce qui est un défaut majeur pour les répéteurs en ligne.
- Pertes de couplage du faisceau incident dans l'amplificateur sont élevées, à cause du grand diamètre du faisceau en vue d'épaisseur de la zone active du semi-conducteur.

Faible durée de vie des porteurs (de l'ordre de la nanoseconde), entrainant une dépendance du gain par rapport au signal pour des fréquences inférieures au GHz. Ces amplificateurs ne présentent pas encore toutes les caractéristiques nécessaires pour une utilisation dans les systèmes terrestres haut-débit et large bande. Leur puissance de sortie est en effet limitée et la rapidité de la réponse de leur gain les rend sensibles au débit utilisé. Autre que les amplificateurs à semi-conducteur, il existe actuellement deux technologies basées sur des principes totalement différents pour amplifier le signal.

II.6.2 L'amplificateur à Fibre Dopée Erbium :

Le plus répandu des amplificateurs optiques à ce jour est l'amplificateur à fibre dopée Erbium EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier). Il s'agit d'un dispositif comprenant en un seul boîtier compact la fibre dopée, le laser de pompe qui produit une énergie lumineuse de très forte puissance et les composants optiques passifs nécessaires. Il repose sur le phénomène d'émission stimulée A la différence des amplificateurs à semi-conducteurs, le milieu amplificateur est cette fois-ci le cœur d'une fibre optique monomode (amplification localisé) dopée avec des ions de terre rare (Erbium ou Ytterbium) qui sont à l'origine de l'existence d'un niveau d'absorption supplémentaire, autour d'une longueur d'onde bien déterminée dépendante du dopant (pour l'Erbium : 980 nm ou 1480 nm) et d'un compromis entre le gain et le bruit. C'est en pompant, précisément, à cette longueur d'onde (de pompage) que l'on va créer une inversion de population, et par conséquence une amplification optique Le signal et la pompe sont couplés par un multiplexeur en longueur d'onde afin de minimiser les pertes, et puisque la fibre amplificatrice est de nature bidirectionnelle, alors les isolateurs empêchent d'une part l'amplification du signal arrivant en sens inverse de la fibre, et d'munies d'isolateurs. Pour réduire encore les pertes aux raccordements avec les fibres de ligne une section de fibre adaptatrice de mode est en général utilisée. Ceci permet d'augmenter la densité de puissance de l'onde pompe, donc le gain et le rendement On trouve encore à la sortie du répéteur un filtre optique, destiné à éliminer le résidu de l'onde pompe et à réduire l'émission spontanée amplifiée autre part l'émission spontanée amplifiée.

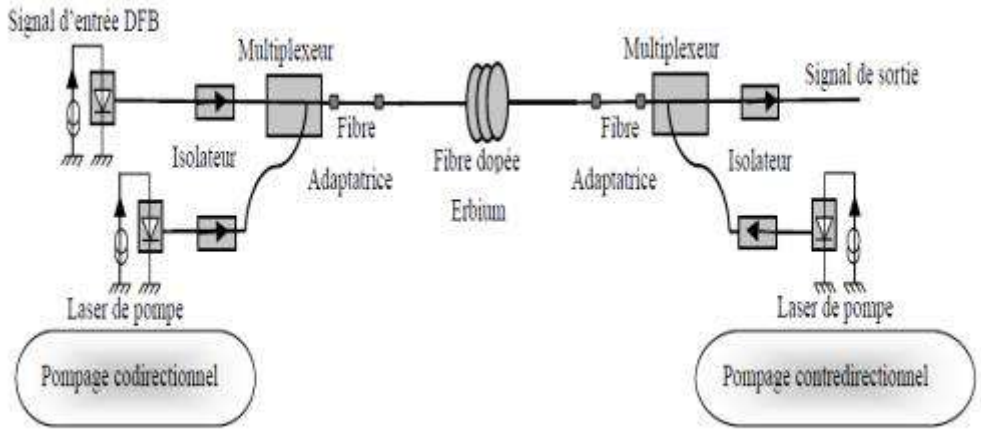


Figure II.5: Structure d'un amplificateur optique à fibre dopée Erbium avec pompage bidirectionnel.

Les performances de ces amplificateurs dépendent bien entendu de la concentration d'ions à terre rare dans la fibre, du niveau de la pompe, de la puissance du signal d'entrée de l'amplificateur, de la longueur d'onde du signal et encore de la longueur de la fibre. En général, un compromis est à faire entre les principaux critères de performance que sont le gain, le rendement, la puissance de saturation et le facteur de bruit Leurs principaux avantages sont :

- ✓ Amplification de plusieurs longueurs d'ondes en même temps.
- ✓ Largeur de bande typique de 4 THz (40 nm), Amplification ponctuelle (moins de 50 m de fibre Erbium).
- ✓ Puissances de pompage relativement faibles (quelques dizaines de mW) permettant d'obtenir des gains élevés (25 dB à 45 dB) pour compenser des pertes liées à plusieurs dizaines de kilomètres de fibre.

II.6.3 L'amplificateur Raman :

Cette amplification peut, elle aussi, être relativement localisée, mais elle est généralement utilisée en configuration distribuée, c'est-à-dire que l'amplification se fait le long de la fibre de transmission Avec l'accroissement des canaux dans la fibre, la bande spectrale offerte par les amplificateurs optiques à fibre dopée a l'erbium, limitée au maximum à 40 nm, peut s'avérer être un facteur pénalisant. Chose qui a créé des tendances de recherche pour nouveaux amplificateurs optiques tels que les amplificateurs Raman qui prennent une part non négligeable dans les systèmes de télécommunications. Son principe de fonctionnement est basé sur l'effet Raman et consiste à injecter dans la fibre un signal pompe continu de forte puissance à une longueur d'onde plus courte d'environ 100 nm que la longueur d'onde du signal utile. Ce phénomène peut être spontané, s'il n'y a pas de photon signal, ou stimulé par la présence d'un photon signal. Ainsi, dans le cas de l'amplificateur Raman, l'onde incidente, dite onde de pompe, stimulée par l'onde signal, va créer une autre onde signal et un phonon

l'amplification est alors réalisée L'effet Raman offre une amplification sur une large bande (aussi bien dans la bande C que dans les nouvelles bandes L ou S) à condition de multiplexer plusieurs diodes de pompe à différents longueurs d'onde, dans la fibre. Cette amplification multi-pompes peut être employée pour combler la plage spectrale non couverte par les EDFA, pour améliorer l'homogénéité du gain d'amplification, ou pour compenser les effets Raman dans les télécommunications multiplexées en longueur d'onde à 1.55 µm en jouant sur la puissance relative des diverses pompes Raman utilisées.

L'amplificateur Raman offre plusieurs avantages :

- Faible niveau de bruit ;
- Conception simple : amplification directe du signal dans la fibre optique ;
- Flexibilité pour la sélection des longueurs d'onde : gain Raman dépend de la longueur d'onde de la pompe et pas d'un paramètre matériau sensible à la longueur d'onde ;
- Large bande passante.

II.7 Multiplexage :

Le multiplexage est une technique qui permet de faire passer sur un canal les signaux venant de n canaux.

Les signaux entrant dans le multiplexeur (MUX) et sortant du démultiplexeur (DEMUX) sont dits voies basse vitesse. Entre ces deux équipements se trouve une voie haute vitesse [8]

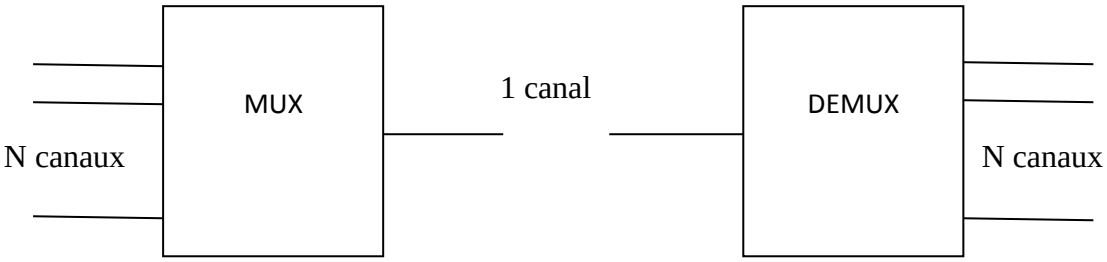


Figure II.6 : multiplexage /démultiplexage.

Des techniques de multiplexage ont été élaborées de façon à pouvoir transmettre une très grande quantité de données sur une même fibre.

II.7.1 TDM :

La technologie TDM (Time Division Multiplexing ou Multiplexage Temporel) permet d'échantillonner les signaux de différentes voies à faible débit et de les transmettre successivement sur une voie à haut débit en leur allouant la totalité de la bande passante. [7]

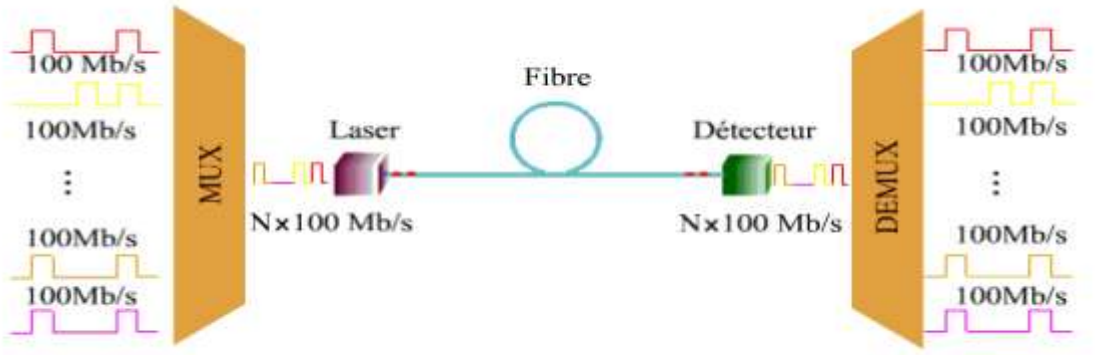


Figure II.7: la technique TDM. [7]

Le principe du multiplexage temporel appliqué aux télécommunications optiques est illustré sur la figure ci-dessus. Les différentes voies à faible débit (100Mb/s) sont adressées successivement sur le canal à haut débit (Nx100Mb/s). Le "mélange" des voies faible débit se fait par l'intermédiaire du multiplexeur temporel (MUX) les signaux sont récupérés ensuite grâce au démultiplexeur (DEMUX) qui fait l'opération inverse. Entre le MUX et le DEMUX, on retrouve le système optique de base (Laser-Fibre-Détecteur).

II.7.2 WDM :

Le principe du WDM (Wavelength Division Multiplexing ou multiplexage en longueur d'onde) est d'acheminer plusieurs longueurs d'onde sur une même fibre, chaque longueur d'onde correspondant à un canal de transmission.

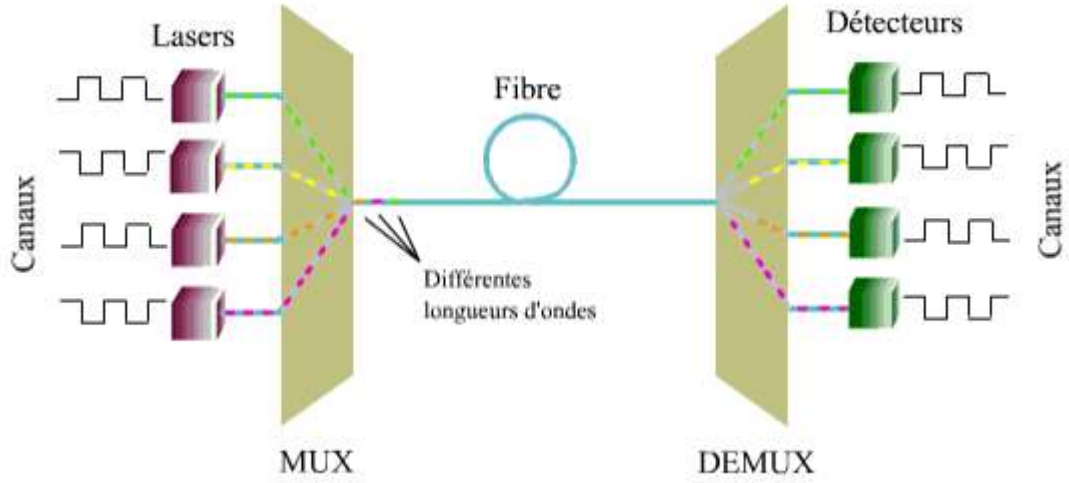


Figure II. 8: La technologie WDM. [7]

Chaque laser est modulé par un canal comprenant un signal à émettre, chaque laser émet une longueur d'onde différente. Le multiplexeur (MUX) se charge d'injecter les différentes longueurs d'onde dans la fibre et le démultiplexeur (DEMUX) fait l'opération inverse.

II.7.3 DWDM :

La technologie WDM est dite « dense » (DWDM Dense WDM ou MDLO pour « multiplexage dense en longueur d'onde ») lorsque l'espacement utilisé est égal ou inférieur à 100 GHz ou 0,8 nm. Les systèmes DWDM commercialisés aujourd'hui comportent 32, 80 voire même 160 canaux optiques, ce qui permet d'atteindre des capacités de 80, 200 voire jusqu'à 400 Gbit/s en prenant un débit nominal de 2,5 Gbit/s, et de quatre fois plus avec un débit nominal de 10 Gbit/s.

Lorsque les signaux lumineux doivent franchir de longues distances, il faut installer, à intervalles réguliers de 50 à 100 km, des amplificateurs à fibre dopé à l'erbium (EDFA). Ceux-ci permettent de compenser les pertes d'insertion dues au multiplexage et au démultiplexage des longueurs d'onde, et de limiter le « bruit » qui parasite les liaisons. La Fenêtre à 1550 nm a été choisie par l'UIT pour deux raisons : c'est l'une des fenêtres présentant le plus faible niveau d'atténuation et elle se situe dans la bande de fonctionnement des amplificateurs optiques dopés à l'erbium. Par ailleurs, il existe également des technologies U-DWDM (Ultra-Dense WDM). Ces systèmes U-DWDM permettent de réduire les intervalles de longueur d'onde à 50 GHz (0,4 nm), voire même à 25 GHz (0,2 nm), ouvrant ainsi la voie au transport simultané de centaines de canaux sur la même fibre. [7]

II.8 Modulation :

Afin de transmettre des informations dans les systèmes numériques optiques, il faut les emporter sur le signal lumineux à envoyer dans la fibre, Pour cela, il est nécessaire de réaliser une conversion des données électriques en données optiques.

Le dispositif optique qui module le faisceau lumineux continu est appelé un modulateur. En fonction de la technologie et le taux de modulation, généralement la modulation est utilisée par deux techniques : la modulation directe et la modulation externe. [5]

II.8.1 La modulation directe :

La méthode consiste à faire varier le courant de la source. Il en résulte une variation proportionnelle de la puissance émise qui suit le signal modulateur. Pour les communications optiques à moindre coût, ce type de modulateur est privilégié car utilise peu de composants ce qui simplifie la conception et la fabrication.

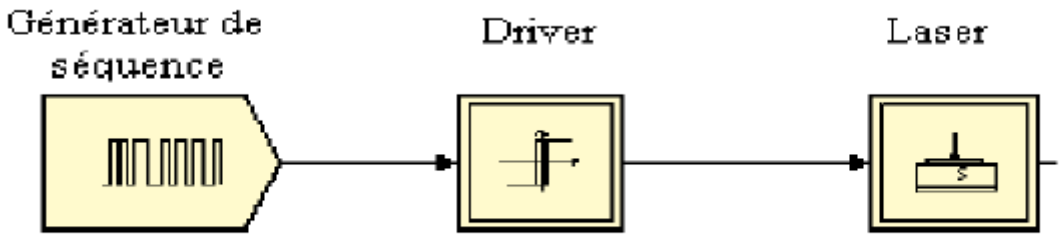


Figure II.9: Synoptique de la modulation directe. [5]

II.8.2 La modulation externe :

La modulation externe consiste à graver les données électriques sur un signal optique continu en utilisant un modulateur. Ainsi, les défauts de la modulation directe qui sont liés au laser ne seront plus présents sur le signal optique. Le modulateur est commandé par une tension externe v(t), modulée et représentative de l'information à transmettre. Cette tension appliquée au modulateur a pour propriété de modifier le facteur de transmission en intensité en sortie. Le signal optique continu émis par le laser alimenté par un courant constant est pur et peu dégradé. En traversant le modulateur, il subit les modifications du facteur de transmission et le signal de sortie se trouve modulé selon v (t). Un driver est souvent présent entre les données et le modulateur afin de fixer les niveaux de v(t) et choisir les modifications du facteur de transmission.

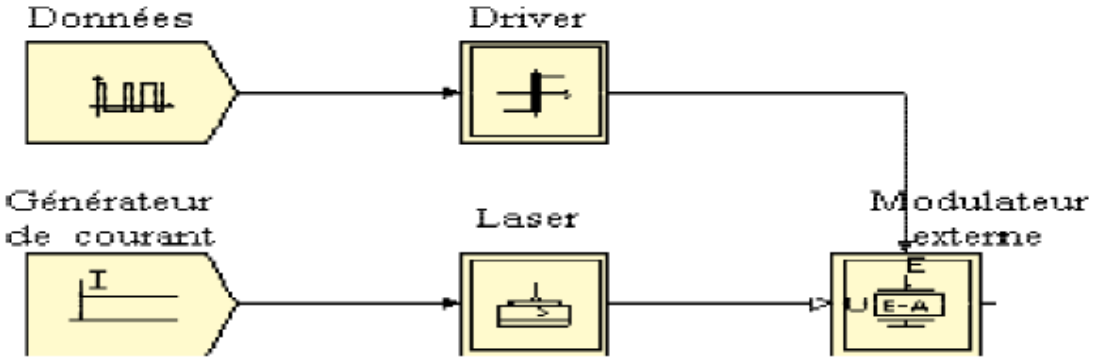


Figure II.10: Synoptique d'un modulateur externe. [5]

II.8 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons vu une description de la liaison par fibre optique, et ses différents composants (l'émetteur, le récepteur, l'amplificateur, le canal de transmission…) et leurs caractéristiques.

En vue aussi une technique qui nous permet de faire passer plusieurs communications à travers un seul et même canal. On peut rencontrer du multiplexage temporale ou fréquence.

Chapitre III : Liaison optique spécialisée

III. 1 Introduction :

Les liaisons spécialisées par fibre, sont une nouvelle technologie permettant de relie des équipements à haut débit sur des longues distances, cette technique est devenue très importante aujourd'hui sur le domaine des télécommunications, permettant l'interconnexion des réseaux LAN, MAN, WAN, Parmi ces liaisons optiques on peut citer par exemple la liaison spécialisée de l'université.

III. 2 Présentation de la société :

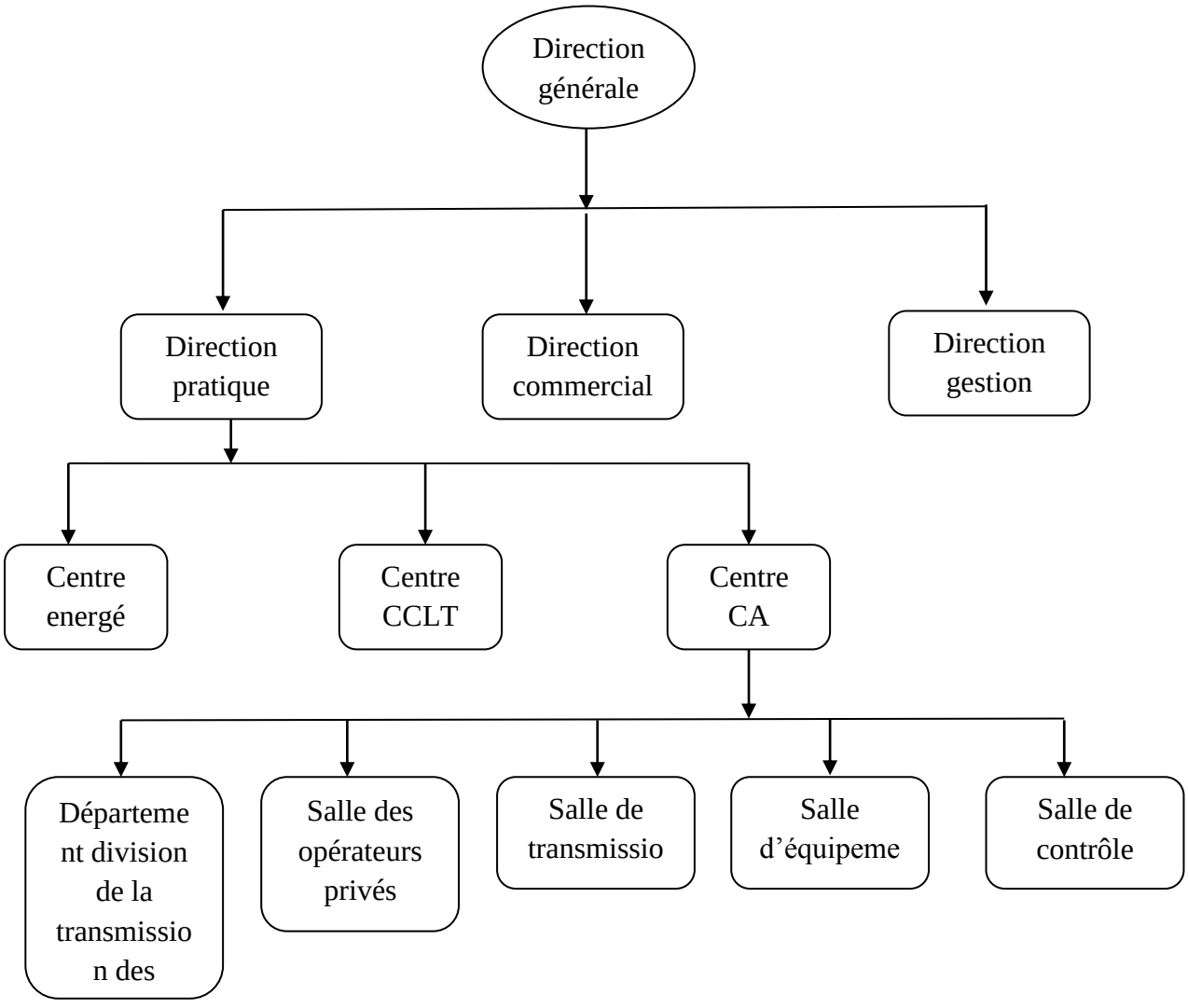


Figure III.1 : Représente la société d'Algérie télécom côté pratique.

Algérie Télécom est née de la restructuration du secteur des télécommunications sous l'ancrage juridique de la loi 2000-03 du 05 août 2000 fixant les règles générales relatives à la poste et aux télécommunications. Algérie Télécom est une société par actions détenue par l'Etat.

En avril 2002, la société s'est dotée des différents organes statutaires. Les activités d'Algérie Télécom s'articulent principalement autour :

• De la fourniture des services de télécommunications permettant le transport de la voix, de messages écrits, de données numériques, d'informations audiovisuelles…

• Du développement, de l'exploitation et de la gestion des réseaux publics et privés de télécommunications,

• De l'établissement, de l'exploitation et de la gestion des interconnexions avec tout opérateur de réseaux de télécommunication,

En plus de la téléphonie fixe qui constitue l'activité principale et pour laquelle elle est actuellement en position de monopole, Algérie Télécom intervient aussi dans le mobile via sa filiale Algérie Télécom Mobilise, dans le satellite (VSAT, INMARSAT…) et l'Internet (voix sur IP et ADSL).

Algérie Télécom offre également des services de transmissions de données par paquet (DZPAC et MEGAPAC), l'accès à Internet à haut débit (ADSL), le service télex et les services de lignes spécialisées nationales et internationales.

Algérie Télécom utilise un réseau national de transmission numérique composé de Km de câbles à fibres optiques dont 1.262 Km en câbles sous-marins et 34.500 Km de faisceaux hertziens numériques (FHN).

En plus de son propre réseau commercial composé de 95 agences (y compris ceux de Mobilise), 145 divisions commerciales et plus de 22.000 kiosques multi services (KMS). [11]



Figure III. 2: L'interface de la direction opérationnelle des télécommunications.

III.3 Matériel de la liaison spécialisée (LS) par Fibre optique:

Modem : périphérique permettant de transférer des donnes : équipement capable d'émettre et recevoir des donnes sur un réseau.



Figure III. 3: Modem (un débit de 2 Mbits* 04 ports).

Module SFP (Small form-factor pluggable) : Port permettant de connecter l'équipement au câble de fibre optique mettant en considération ses caractéristiques : la distance et le débit.



Figure III.4 : Support SFP.

Types de connecteurs de pigtails de fibre :

Connecteur LC

Connecteur SC

Connecteur FC



Figure III.5 : PIGTAILS de Fibre.

PC (personnel computer) : utilisé pour l'installation du logiciel propre à la programmation et la transmission des données à travers le logiciel propre : ALGERIE TELECOM



Figure III.6 : Ordinateur portable.

Câble de fibre : support physique pour relier la liaison ALGERIE TELECOM – UNIVERSITY YAHIA FARESS MEDEA : ***Liaison optique***

Il y a plusieurs câbles de transmission, Câble de : 04 FO/12FO/24FO/36FO/72FO.



Figure III.7 : Câble de fibre.

Câble Ethernet : câble pour raccorder l'équipement data (les données : ADSL ***(internet)***, vidéo :(***Visioconférence***)) et d'autre service comme la voix (***voix-IP***) avec le modem d'Algérie télécoms.



Figure III.8: Câble Ethernet: **FE Fast Ethernet.**

ADSL : équipement, fournit l'internet d'Algérie télécoms.





Remarque : ont aigué le débit ADSL (internet) venant du modem **:**

Un (01) Port FE*: de (**1 Mbit/s**) jusqu'à **(100 Mbit/s)***

Algérie Telecom/université : débit par exemple 2 Mbit/s : port G703, plus de 2 Mbit/s on utilise un port FE (10 BT 100) on peut transmet vers :

- Un pc ordinaire port Ethernet
- Un Switch Université
- Routeur
- Armoire de brassage.

1-Appareil de soudure optique : Dans le domaine de transmission et spécialement dans la transmission optique, on enregistre des atténuations et des perturbations qui sont causées par la rupture de la fibre optique donc on utilise des appareils de mesure et soudage pour colmater cette cassure, parmi ces appareils on peut citer l'appareil de soudure spécialement conçu pour effectuer des soudages (fusion des brains de fibre au niveau répartiteur optique) et mesurer le signal (atténuation ,affaiblissement ,dégradation ……)



Figure III.9 : Appareil de soudure optique.

III.4 Description du travail :

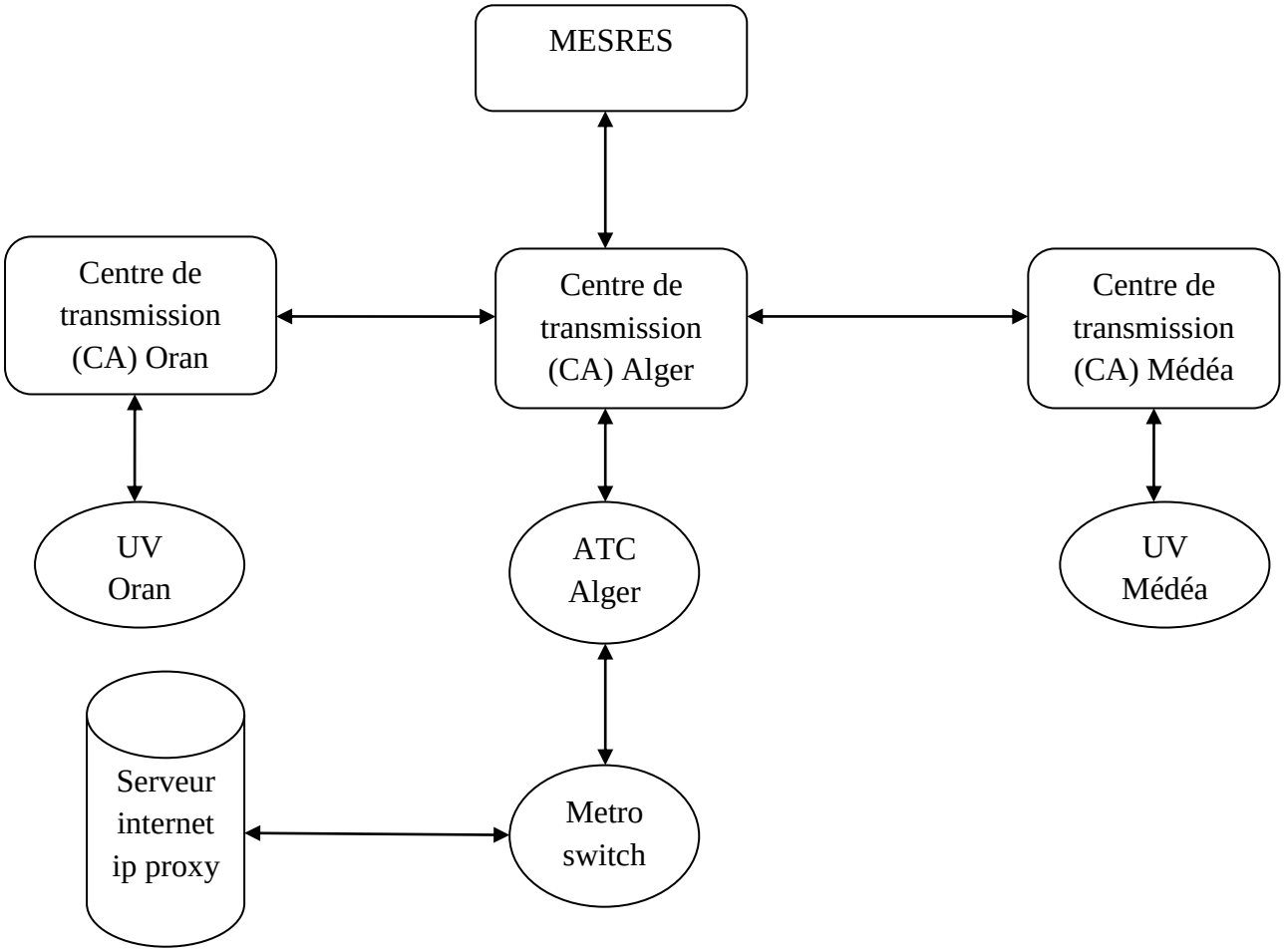


Figure III.10 : Schémas de transmission entre les différentes sociétés.

Dans les liaisons de transmission il y a plusieurs équipements d'émettre et de recevoir l'information (signal émis), ils ont un rôle unificateur entre les communautés modernes et les civilisations mondiales et qui connaissent une croissance vertigineuse à travers le temps partout dans le monde, parmi ces méthodes, on utilise des câble guidée (fibre optique), qu'on réalise entre deux points (Modem AT – Modem UV) utilisé comme émetteurs/récepteurs avec des liaisons optiques.

- Au début on a placé le module SFP dans l'émetteur (modem AT) et l'autre dans le récepteur (modem UV) qui est branché à son tour à la fibre optique.



Figure III.11: Modem avec leur module SFP.

- Ensuite on relie le fil de fibre optique avec le module SFP (port LC, port SC) du Modem d'Algérie Télécom, on utilise deux fibre pour la transmission de la voix (on peut transmet par deux fibre la voix, data ou bien voix et data).

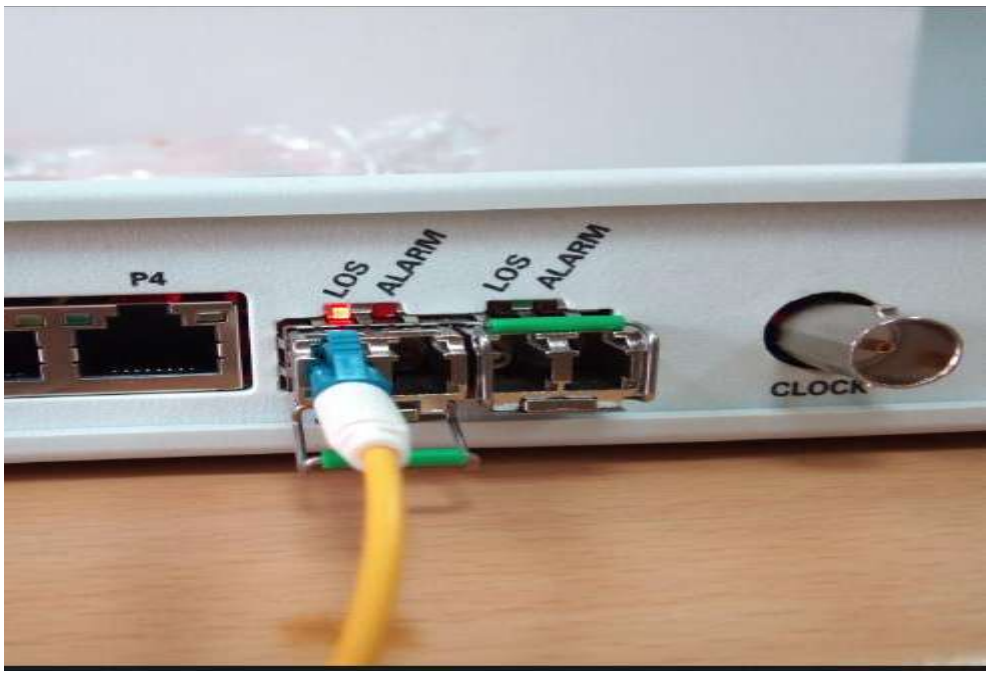


Figure III.12 : Bronchement de la fibre.

- Aussi on relie le câble de transmission avec la porte A de modem qui bronché déjà avec l'équipement d'ADSL (on remarque que la lampe de porte A c'éteint juste après le bronchement du câble de transmission), on utilise la Fibre optique monomode entre l'équipement d'Algérie Télécoms car la Fibre monomode permet de transmet les donnes a des petits distance par un débit élevé et une grande

vitesse, par contre on utilise la Fibre optique multimode dans les grands distances car le signal émet par la Fibre multimode ne pas perturbé et on peut le récupéré.

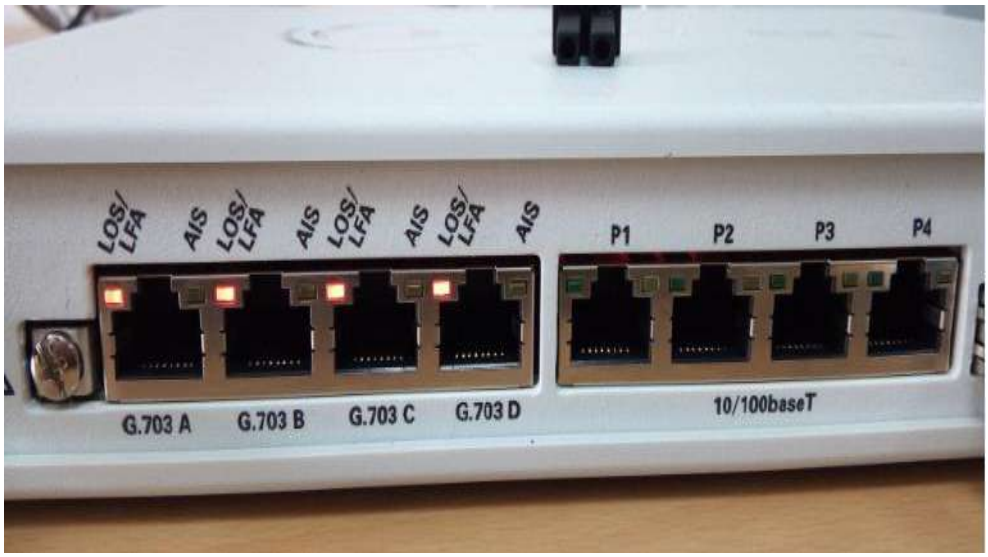


Figure III.13 : Modem (4*2 Mbit/s) avant le branchement de câble Ethernet.

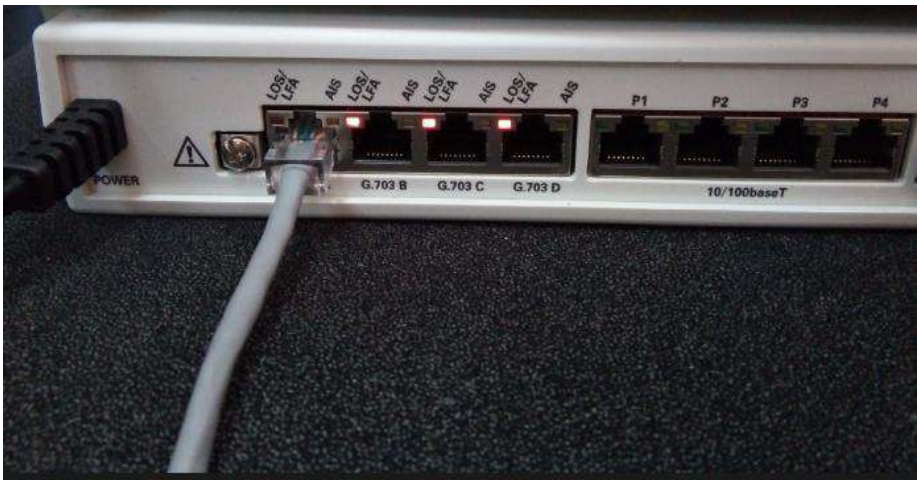


Figure III.14 : branchement de câble Ethernet.

- Par suite on bronche le modem AT avec le pc.
- Après ces étapes on ouvre le logiciel et on le configure pour émetteur les informations (on utiliser le débit 2 Mbit/s).si les données bien transmet les lampes de port A est alimenté (à gauche la lampe alimente en vert, à droite la lampe signalée en orange), si les données mal transmet les lampes de port A (vert et l'oronge) sont c'éteint.

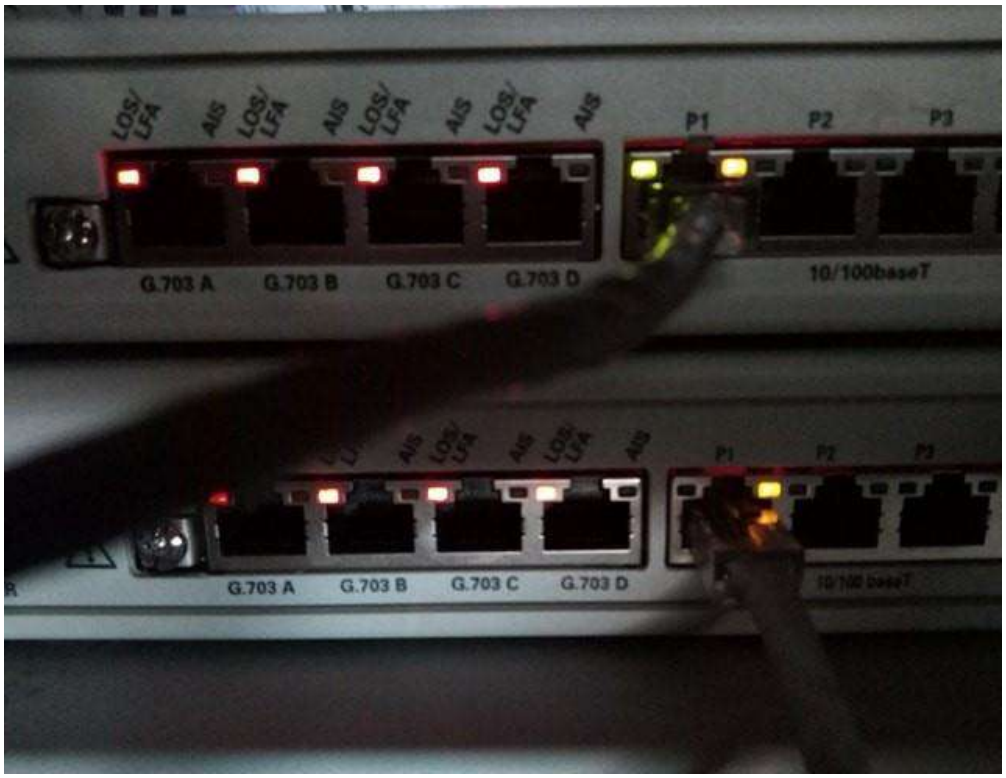


Figure III.15 : Modem après la configuration.

On remarque : pour une vision de la réalité un débit de l'ordre des 2 Mbit/s on trouve une légère variation au niveau des données reçue, cette dernière peut présenter soit des perturbations ou bien des augmentations, ses variations causées par les effets de câble de la Fibre optique :

1- Coupure de la fibre, on peut le détecter par des appareils qui détecter l'interruption du câble.
2- Mal transmission des données, on peut le teste la fibre par la pareil d'émetteur optique qu'émet un signal de 150 nm qui sera visible.
3- A grande distance, on a des câbles de fibre de 80 km mes parfois la distance est loin dans ce cas-là on utilise la pareil de soudure.

❖ Après la mise en marche de la liaison spécialisée, on relie le câble de la Fibre optique qui arrive à l'université.



Figure III.16 : Armoire de fibre optique de l'université.

- Ce dernier est relié à un routeur qui consiste à traduire des paquets entre les réseaux.



Figure III.17 : Router de l'université.

- puis le router raccorde à des Switch.

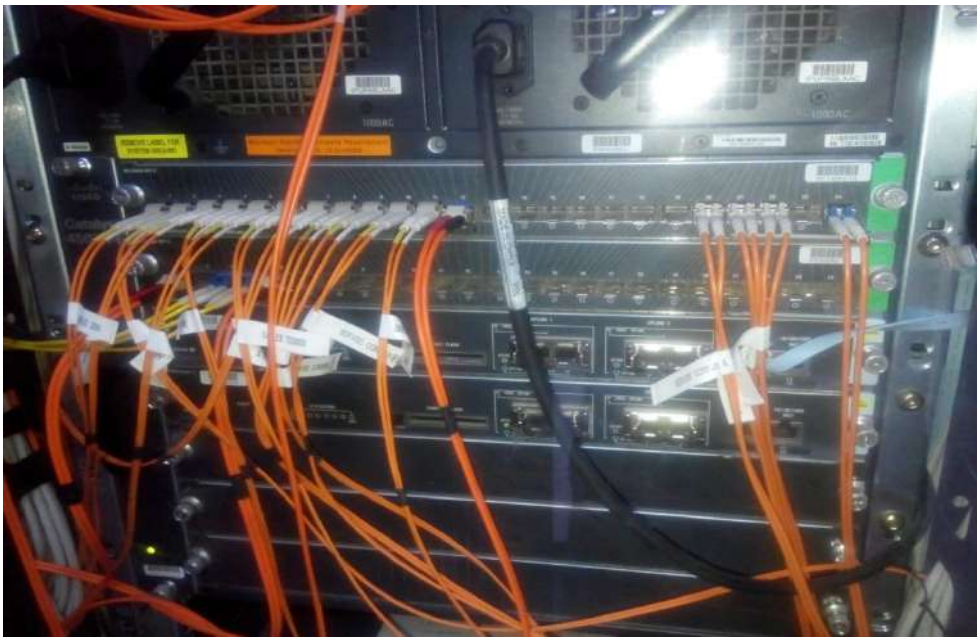


Figure III.18 : Les Switch de l'université.

- Chaque Switch représente un Réseaux LAN, duquel ont installé dans la faculté de science et de la technologie et reparte comme suit :
    1) Réseau LAN Etudient
    2) Réseau LAN travailleur
    3) Réseau LAN Wifi
    4) Réseau LAN TP labo
    5) Réseau LAN Enseignent
    6) Réseau LAN Scolarité

On divise le 100 Mbit/s qui arrivent d'Algérie Télécoms en égalité sur tous les réseaux LAN, on fait un filtrateur (fire Wall) qui limite certains sites de moindre importance, par exemple l'élimination du site Face book du Réseau LAN Etudient.

III.5 conclusion :

A la fin de ce chapitre nous avons conclu que les nouvelles technologies sont utilisée une liaison spécialisées par fibre optique, car nous permettant de relie des équipements à haut débit sur des longues distances, nous avons présenté les Matériels de la liaison spécialisée LS qui nous permettant de faire l'interconnexion entre la société d'Algérie Télécoms et l'Université, ensuit nous avons fait la description de toute matériel qui nous avons observé dans cette société et notre université.

Dans le chapitre suivant nous avons présenté la topologie de notre LS, et une présentation sur Packet tracer et la configuration de la simulation de notre étude.

Chapitre IV :
Simulation et discussion des résultats

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons simuler une liaison spécialisée LS en utilisant le logiciel ***Packet tracer*** en suivant plusieurs étapes telles que la configuration des équipements en choisissant une topologie spécifiée qui représente la technologie Frame-Relay sur des routeurs Cisco. Durant cette étude, nous allons simuler le routage à l'aide du protocole OSPF, et le Frame-Relay (relais de trames).

Une réalisation a été effectuée au niveau de l'institut de formation professionnelle de Ain D'heb Médéa, en utilisant trois routeurs, trois PC plus le logiciel de configuration ***HYPPER Terminal*** plus des câbles de liaison.

Enfin, nous allons proposer des solutions aux anomalies qui peuvent être intervenir, afin d'améliorer la transmission par lignes optique.

IV.2. Présentation du Logiciel Packet Tracer :

IV.2.1 description générale :

Le logiciel Packet Tracer est un simulateur de réseau qui permet de configurer les différents composants d'un réseau informatique sans avoir à utiliser les appareils réels.

Packet Tracer est un logiciel de CISCO permettant de construire un réseau physique virtuel et de simuler le comportement des protocoles réseaux sur ce réseau. L'utilisateur construit son réseau à l'aide d'équipements tels que les routeurs, les commutateurs ou des ordinateurs. Ces équipements doivent ensuite être reliés via des connexions (câbles divers, fibre optique). Une fois l'ensemble des équipements reliés, il est possible de configurer les adresses IP, les services disponibles, de lancer des Ping entre des périphériques etc. . . .

IV.2.2 La fenêtre principale : La figure ci-dessous montre un aperçu général de la fenêtre principale de Packet Tracer.

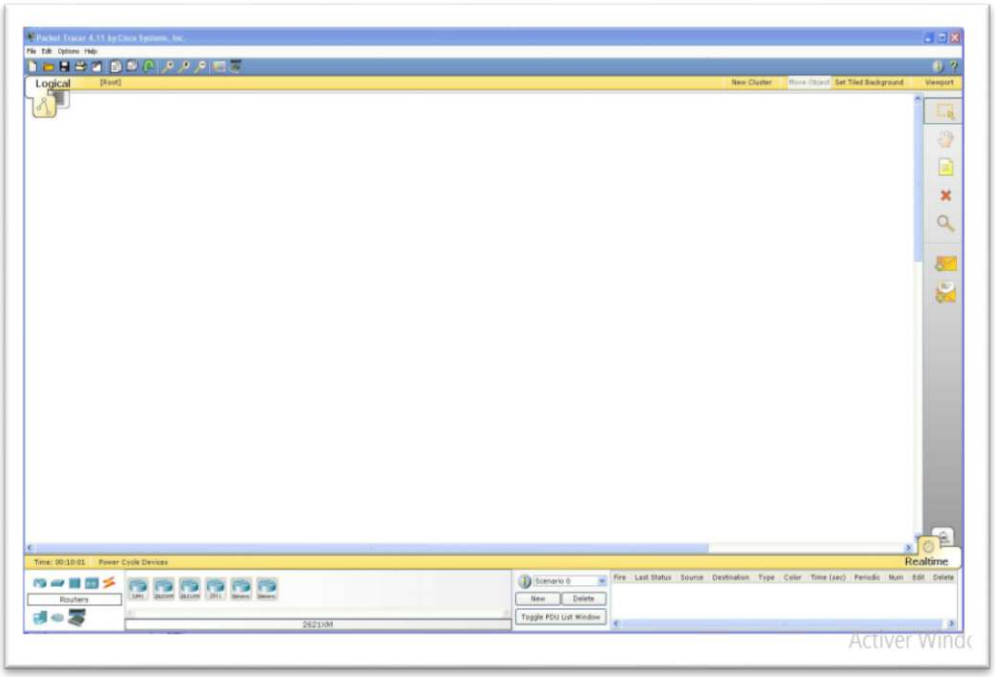


Figure IV.1 : Fenêtre générale de Packet Tracer.

IV.2.3 Description de la fenêtre :

Pour comprendre cette interface nous allons la décomposer en 9 parties.

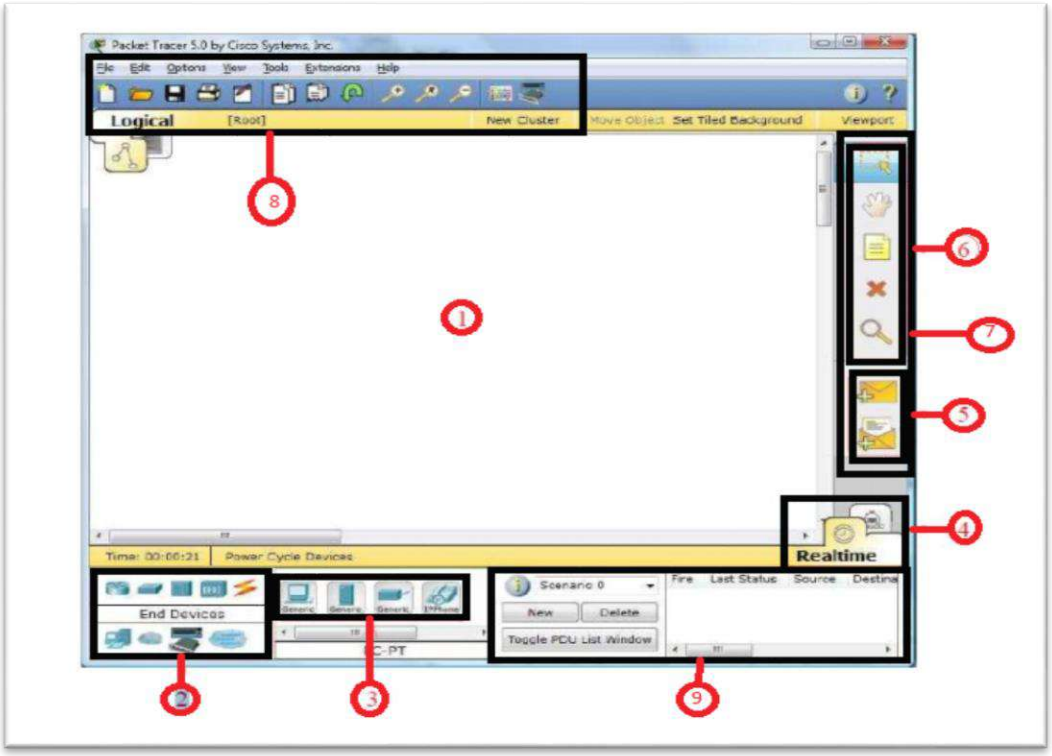


Figure IV.2: L'interface de Packet Tracer.

Partie 1 : zone de travail

La zone de travail est l'endroit où nous placerons les équipements pour les connecter entre eux et les configurer pour créer le réseau souhaité.

Partie 2 : types d'équipements

Dans cette zone il y a toutes les catégories d'équipement disponible dans le logiciel

Partie 3 : choix d'équipement

Une fois la catégorie de l'équipement choisis la zone 6 nous permet de choisir notre modèle souhaité en fonction des besoins nécessaire à la création de notre réseau

Partie 4 : temps réel/simulation

Cette fonction sert à passer du temps réel au mode simulation.

En temps réel on configure nos équipements et on les tests.

Le mode simulation est un mode pas à pas qui permet d'étudier plus en détails les échanges fait entre les équipements.

Partie 5 : permet d'ajouter des indications dans le réseau.

- L'enveloppe fermée : sert à ajouter un PDU « Protocole Data Unit » simple (ICMP)
- L'enveloppe ouverte : sert à ajouter des PDU complexe (Telnet, SSH…).

Partie 6 : contient un ensemble d'outils :

- Le carré avec la flèche jaune (selecte) : sert à sélectionner un élément
- La page (place note) : sert à ajouter une zone de texte
- La croix (delete) : sert à supprimer un élément
- La loupe (Inspect) : sert à inspecter un équipement, un paquet, une table

Partie 7 : barre d'outils

La barre d'outils se décompose en deux bloc (bloc 1 : partie 5, bloc2 : partie6).

Partie 8 : la barre de menu

Dans cette zone on retrouve les fonctions standards présentes dans n'importe quel logiciel.

On retrouve la fonction « sauvegarder », « ouvrir un fichier », « nouveau fichier »et d'autres fonctions de base.

Partie 9 : affichage des paquets

Dans cette fenêtre on voit les paquets qui seront utilisés lors des simulations du réseau. [1]

IV.2.4 Construire un réseau :

Pour construire un réseau, l'utilisateur doit choisir parmi les 8 catégories proposées par Packet Tracer : les routeurs, les Switch, les hubs, les équipements sans-fil, les connexions, les équipements dits terminaux (ordinateurs, serveurs), des équipements personnalisés et enfin, une connexion multiutilisateur. Lorsqu'une catégorie est sélectionnée, l'utilisateur a alors le choix entre plusieurs équipements différents. Pour ajouter un équipement, il suffit de cliquer dessus puis de cliquer à l'endroit choisi.

Pour relier deux équipements, il faut choisir la catégorie "Connections" puis cliquer sur la connexion désirée. Dans nos différents travaux pratiques, nous n'utiliserons que 2 sortes de connexions : les câbles droits (Copper Straight Through) et les câbles croisés (Copper Cross- Over). Ils sont en position 3 et 4 sur la partie droite de la figure IV.3 [1]



Figure IV.3: Différents applications pour réaliser des réseaux (Simulations).

IV.2.5 configuration d'un équipement :

Lorsqu'un ordinateur a été ajouté (appelé PC-PT dans Packet Tracer), il est possible de le configurer en cliquant dessus, une fois ajouté dans le réseau.

Il est possible aussi de configurer l'adresse IP et le masque de sous-réseau (cliquez pour cela sur le bouton Fast Ethernet en-dessous du bouton INTERFACE).

IV.2.6 Mode simulation :

Une fois le réseau créé et prêt à fonctionner, il est possible de passer en mode simulation, ce qui permet de visualiser tous les messages échangés dans le réseau. [1]

IV.3 Simulation avec Packet Tracer :

Pour la simulation de notre réseau nous avons utilisé :

- ✓ Des PC
- ✓ Des Routeurs
- ✓ Des Switch
- ✓ Un fournisseur d'accée représenté par un CLOUD
- ✓ Des câbles

Dans notre simulation, nous avons reliée 3 sites :

- Site université Oran qui représente par un routeur relié à des réseaux LAN (LAN étudiant, LAN département, LAN scolarité).
- Site université Médéa qui représente par un routeur relié à des réseaux LAN (LAN étudiant, LAN département, LAN scolarité)
- Site de ministère d'enseignement supérieur et de recherche scientifique représenté par un routeur, on a ajouté une interface loopback qui représente une interface de test

Ces 3 sites relié par un Cloud qui présenté le fournisseur d'accée, peuvent accéder à l'internet à travers un routeur d'accée. Nous avons représenté sur la figure suivant :

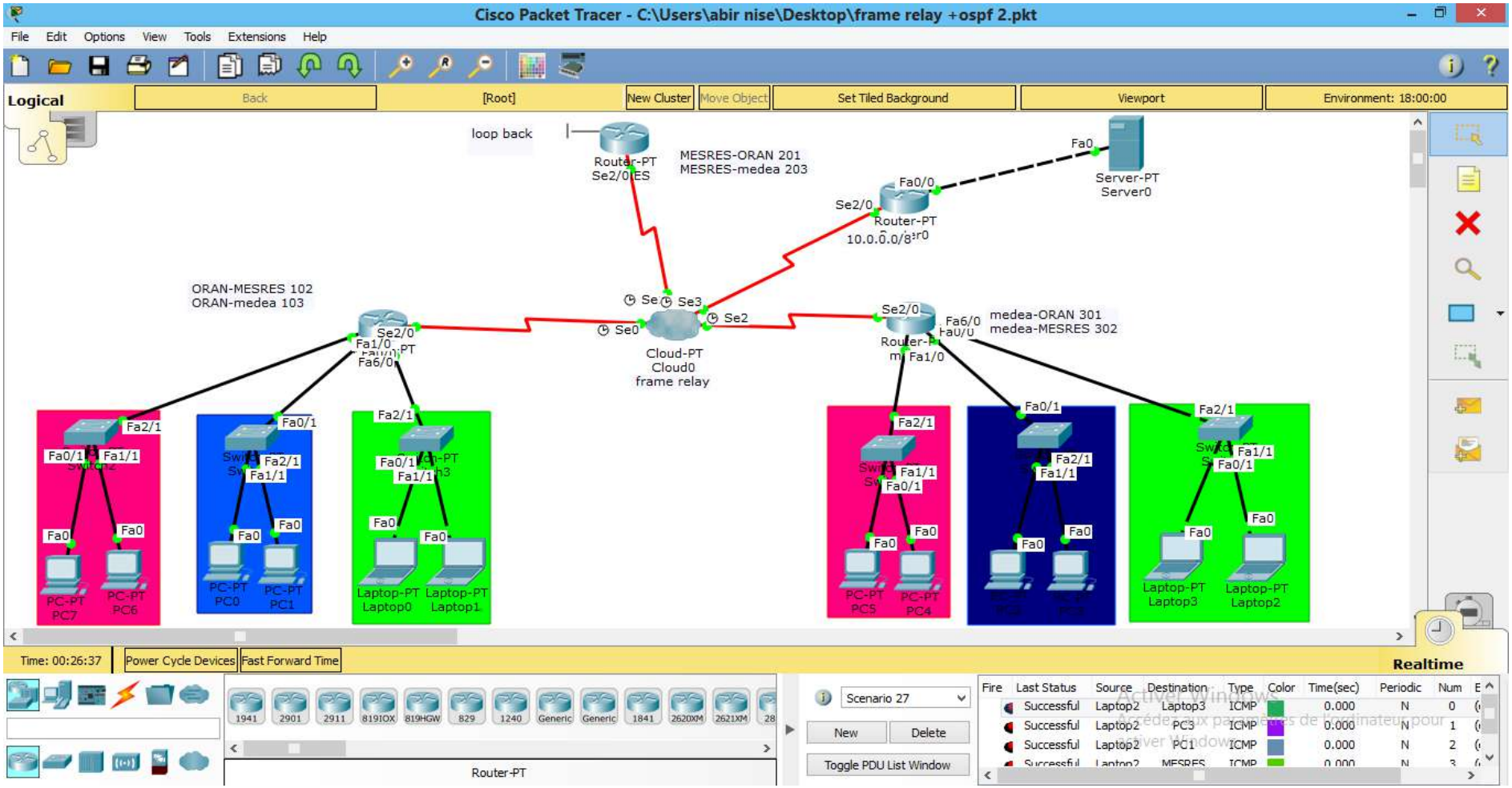


Figure IV.4 : Présentation de la liaison Spécialisée par Fibre Optique (LS) à l'aide de Packet Tracer.

La technologie de la LS par Fibre Optique aujourd'hui il permet une excellente transmission de l'information et il est utilisée dans le réseau WAN, la Fibre s'arrête à un point de distribution à partir duquel d'un autre câble (câble coaxial, câble torsadé, câble Réseaux…… etc.) prend le relais pour aller jusque chez le client.

On peut utiliser des techniques pour améliorer cette transmission, par exemple la technique de FTTH qui a un principe d'interconnexion à l'aide de Fibre Optique du fournisseur d'accès jusqu'à l'utilisateur.

IV.3.1 Description de la simulation :

La liaison spécialisée par fibre optique a essentiellement pour objet le transfert des données, utilise le principe de la commutation des Paquets la liaison spécialisée par fibre optique met en relation deux utilisateur.

Cette liaison à une organisation à trois niveaux, il est structure en zone, il est défini comme suite :

- Zone locale (ZL) : c'est la zone la plus basse de la hiérarchie, elle comporte un ou plusieurs utilisateurs par exemple le département de scolarité.
- Zone régionale (ZR) : cette zone comporte des utilisateurs de la zone régionale, il n'y a pas d'utilisateur (PC) relie directement à cette zone.
- Zone interrégionale (principale) : cette zone assurée la commutation des liaisons longues distance, cette dernière est raccordée avec les zone précédent (ZL, ZR)

Les routeurs (MEDEA –ORAN –MESRS) représente la zone locale par contre cloud représente la zone régional et interrégional

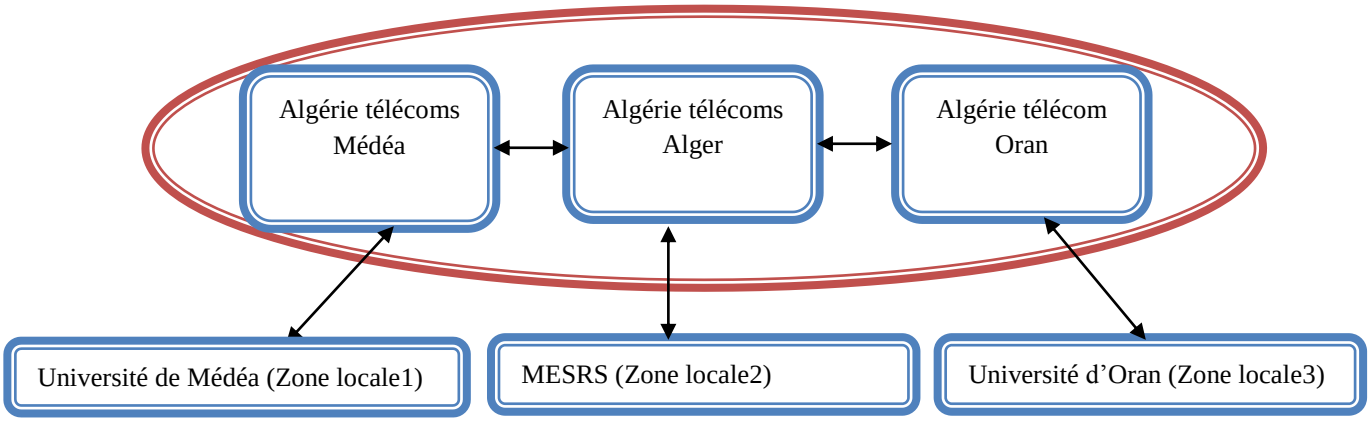


Figure IV.5 : Présentation du schéma bloc de la liaison spécialisée entre diverses zones.

IV.3.2. Configuration sur les routeurs et les hôtes :

Dans cette première étape, nous allons configurer les paramètres de base sur les PC hôte et les routeurs. Pour commencer une configuration sur un routeur on passe par les commandes suivant :

- **Router>enable :** permet de passer en mode d'exécution privilégie au mode utilisateur.
- **Router#conf t :** passez en mode de configuration globale.
- **Router(config) #hostname Oran :** Appliquez un nom d'hôte unique au router.
- **Oran(config)#line con 0 :** permet d'entré un mot de passe à la ligne console.
- **Oran(config-line) #password HR :** entré le mot de passe.

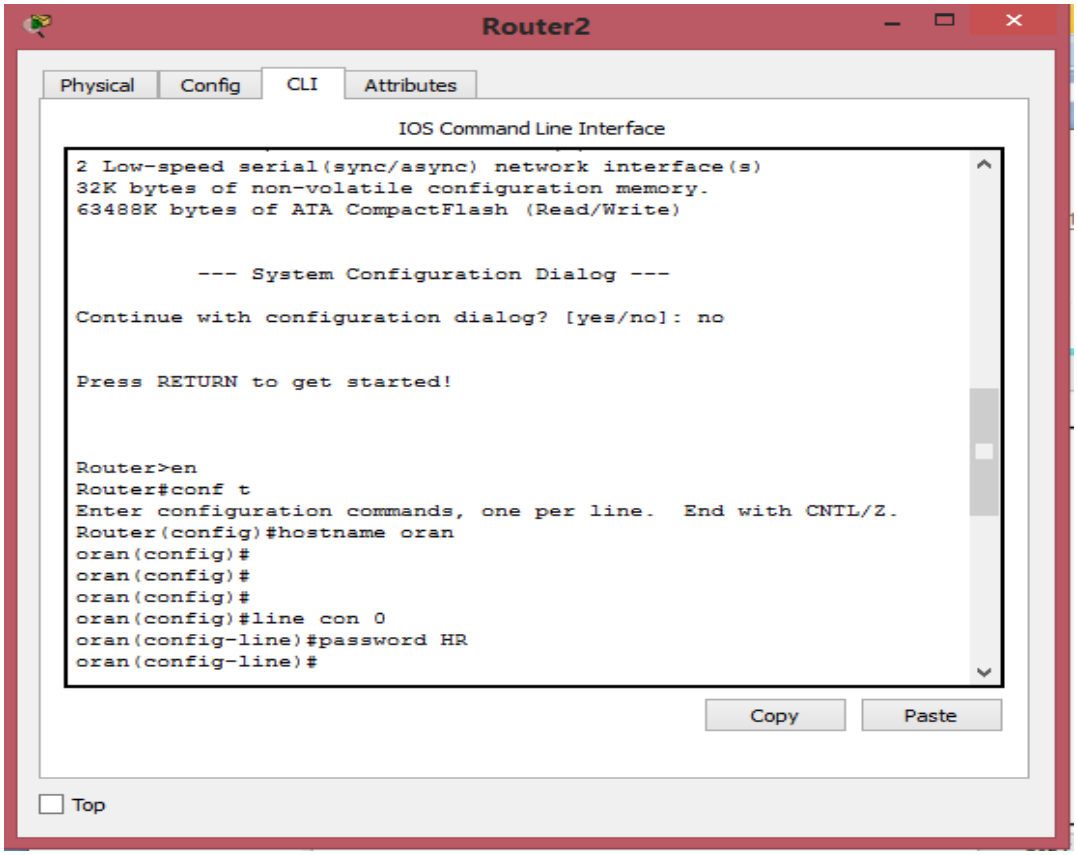


Figure VI.6 : configuration sur un router.

- **Oran# conf t :** passez en mode de configuration globale.
- **Oran(config)#interface se2/0 :** passez au mode de configuration d'interface en indiquons le type et le numéro d'interface.
- **Oran(config)#ip address 10.0.0.1 255.0.0.0 :** entré l'adresse IP et le masque de sous-réseau.
- **Oran(config)#no shutdown :** active cette interface.

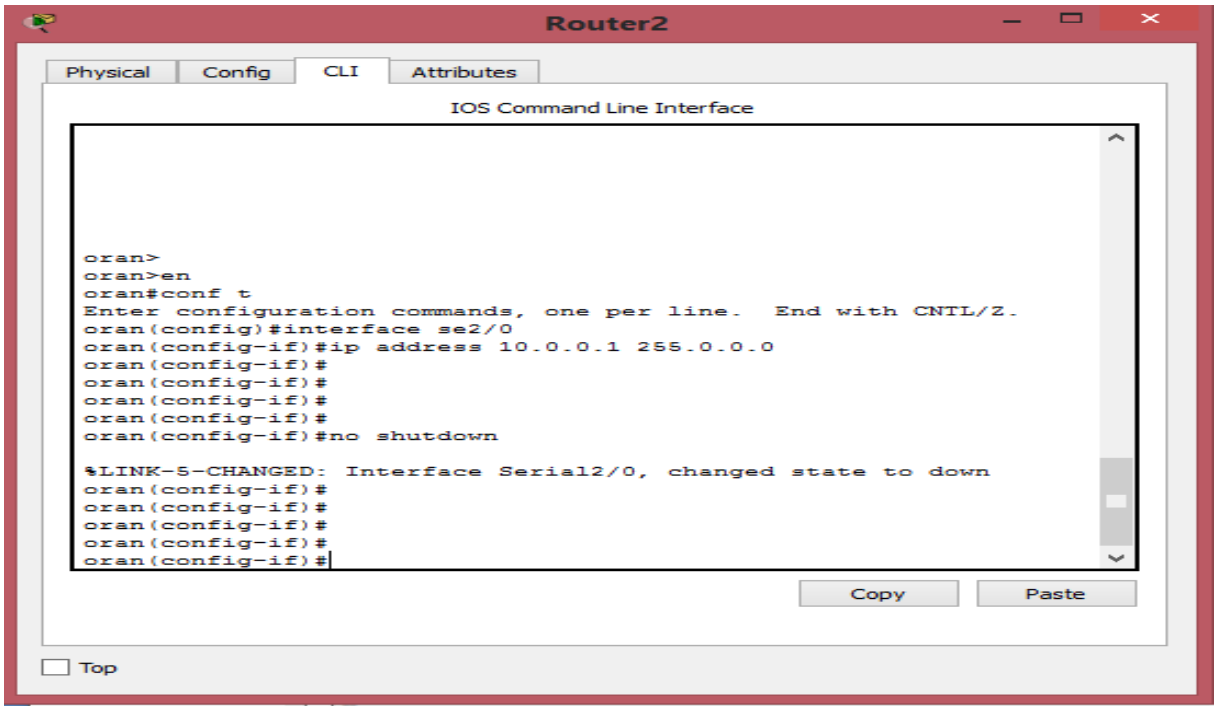


Figure VI.7 : Configuration d'un router.

Pour configurer les hôtes nous avons reporté à desktop pour les informations d'adresses et après nous avons choisir IP configuration pour tapée l'adresse (IP address) et default Gateway

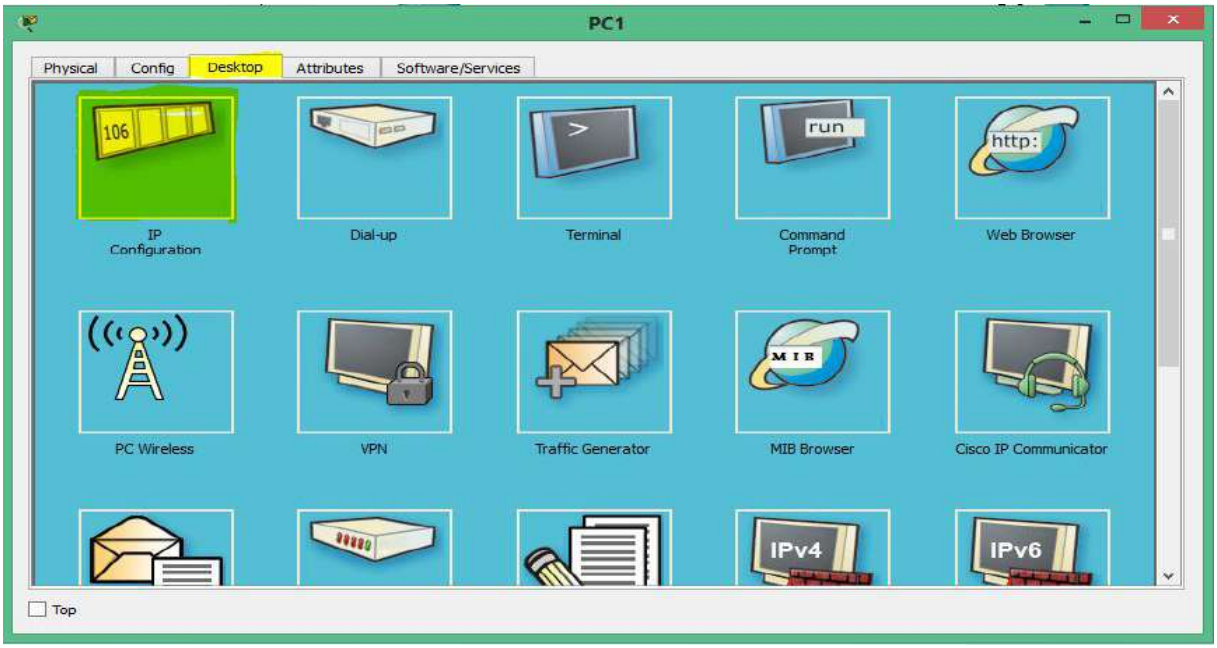


Figure IV.8 : Fenêtre d'interface de configuration des hôtes (PC).

IV.3.3. Configuration Frame-Relay :

Frame–Relay est un protocole de réseau étendu (WAN) qui intervient dans les couches physique et liaison de données du modèle de référence OSI, Frame Relay est une solution économique de communication entre plusieurs sites distants, qui utilise un seul circuit d'accès entre chaque site et le fournisseur. Tout d'abord, avec une ligne dédiée, le client paie pour une connexion de bout en bout, qui comprend la boucle locale et la liaison avec le réseau. Avec Frame Relay, les clients ne paient que l'utilisation de la boucle locale et la bande passante achetée au fournisseur de réseau. La distance entre les nœuds n'a pas d'importance. Alors que dans le modèle de ligne dédiée les clients utilisent les lignes dédiées par paliers de 64 kbit/s, les clients Frame Relay peuvent définir leurs besoins en matière de circuit virtuel de façon bien plus fine, les paliers possibles pouvant aller jusqu'à 4 kbit/s.

La deuxième raison est que Frame Relay partage la bande passante avec un plus grand nombre de clients. Le fournisseur de réseau peut généralement servir plus de 40 clients à 56 kbit/s. L'utilisation de lignes dédiées demanderait plus de CSU/DSU (un par ligne), ainsi qu'une plus grande complexité dans le routage et la commutation. Le protocole Frame Relay requérant moins d'équipements et moins de maintenance, les fournisseurs de réseau font donc des économies.

Frame-Relay est un protocole qui travail par la commutation des paquets (pour plus de détaille voir annexe C et annexe E).

Nous avons utilisé le protocole Frame-Relay (relais de trames) parce qu'il est rapide et basé sur un multiplexage de niveaux 2 du modèle OSI, ce protocole crée des canaux de communication en passant par un tas d'intermédiaires, il servent à établir définitivement un routage des informations (data gramme) au début de la transmission (les circuit virtuels), Les circuits virtuels peuvent s'établir en deux manières : PVC (permanent virtuel circuit) et SVC(switched virtuel circuit) :qui sont des modes de fonctionnement d'un service de transport de donnée par relais de trame.

Les circuits virtuels s'identifient par les DLCI (data Link circuit identifié), et utilisent aussi le LMI (local management interface) qui est un langage utilisé entre les circuits virtuels, selon des normes précises, par exemple Cisco, ansi, q933a.

Dans cette étape, nous allons configurer Frame Relay sur tous les routeurs pour diriger les messages vers le bon destinataire dans un réseau, si l'un de ces routeurs n'est pas configuré ou bien configuré par un autre protocole (par exemple PPP), les routeurs ne peuvent pas communiquer entre eux.

Avant qu'un routeur Cisco puisse transmettre des données via Frame Relay, il doit connaître les DLCI locaux mappés sur les adresses de couche 3 de la destination distante. Les routeurs Cisco prennent en charge tous les protocoles de la couche réseau passant par Frame Relay, comme les protocoles IPv4, IPv6, IPX et AppleTalk. Ce mappage entre adresse et DLCI peut être réalisé de manière statique ou dynamique.

Une fois Frame Relay configuré, nous allons activer le protocole de routage OSPF qui est un protocole de couche 3, afin de fournir une connectivité de bout en bout.

On commence par configurer tous les routeurs avec les commandes du protocole Frame-Relay

- **Oran(config)# interface se2/0**
- **Oran(config-if)# encapsulation frame-relay**
- **Oran(config-if)# frame-relay map ip 10.0.0.2 102 broadcast**
- **Oran(config-if)# frame-relay map ip 10.0.0.3 103 broadcast**
- **Oran(config-if)# frame-relay lmi-type ansi**
- **Oran(config-if) #exit**
- **Oran(config-if) # ip ospf network broadcas**t : permet de la diffusion des messages entre les diffèrent équipement

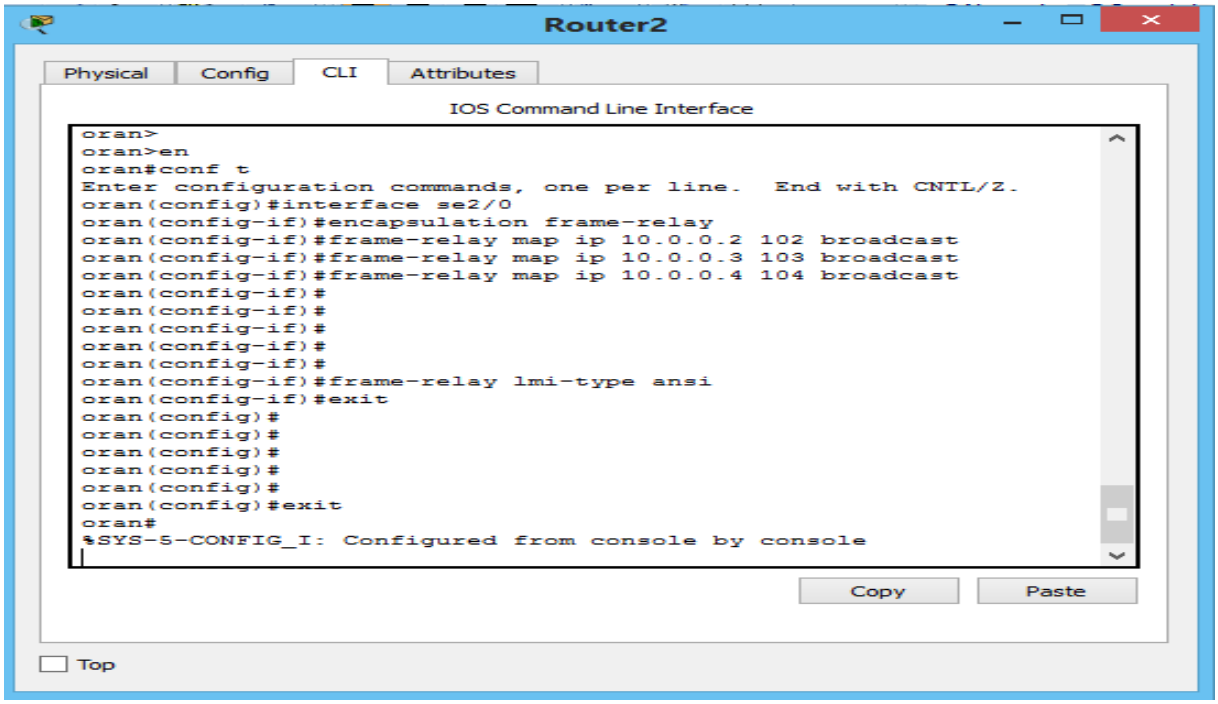


Figure IV.9: configuration du protocole Frame-Relay sur un router.

IV.3.4. Configuration de protocole OSPF :

OSPF est un protocole à état de lien, il est utilisé pour acheminer le trafic entre des réseaux LAN selon le plus court chemin en se basant sur un algorithme appelé dijikstra. (Et pour plus de détaille voir annexe D)

Nous avons commencé par configurer tous les router avec les commandes du protocole ospf :

Oran(config) #router ospf 1

Oran(config-router) #network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0

Oran(config-router) #network 10.0.0.0 0.0.0.255 area 0

Oran(config-router) #exit

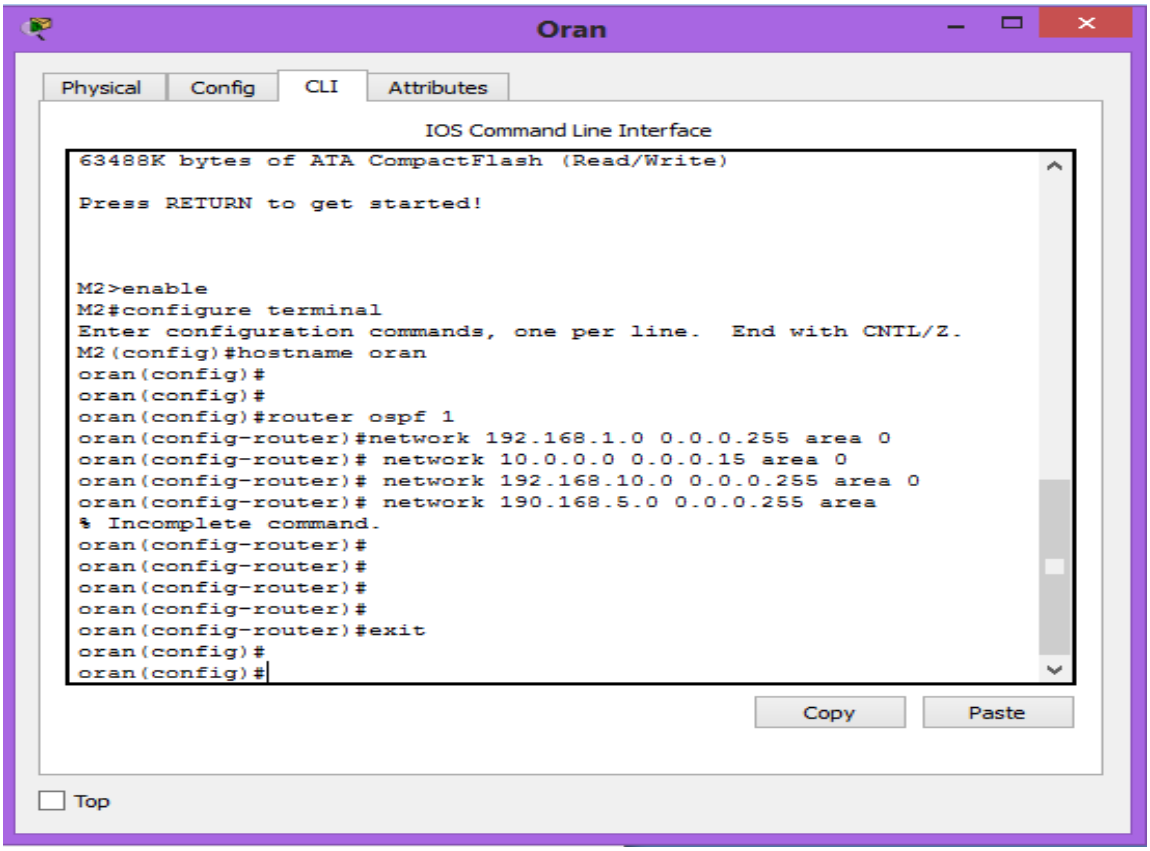


Figure IV.10: Configuration du protocole OSPF sur un router.

(Voire la configuration complète dans l'Annexe F)

IV.3.5. Vérification et jeux de test :

Pour voir nos résultats il faut suivre des commandes bien précises (on utilise les mêmes commandes de Packet Tracer dans la fenêtre d'HyperTerminal), parmi ces commandes on a :

- Nous avons exécuté la commande **show Frame-Relay map** sur les routeurs pour afficher un résumé des mappages statiques et dynamiques des adresses de couche 3 sur les DLCI.

  Oran# show Frame-Relay map

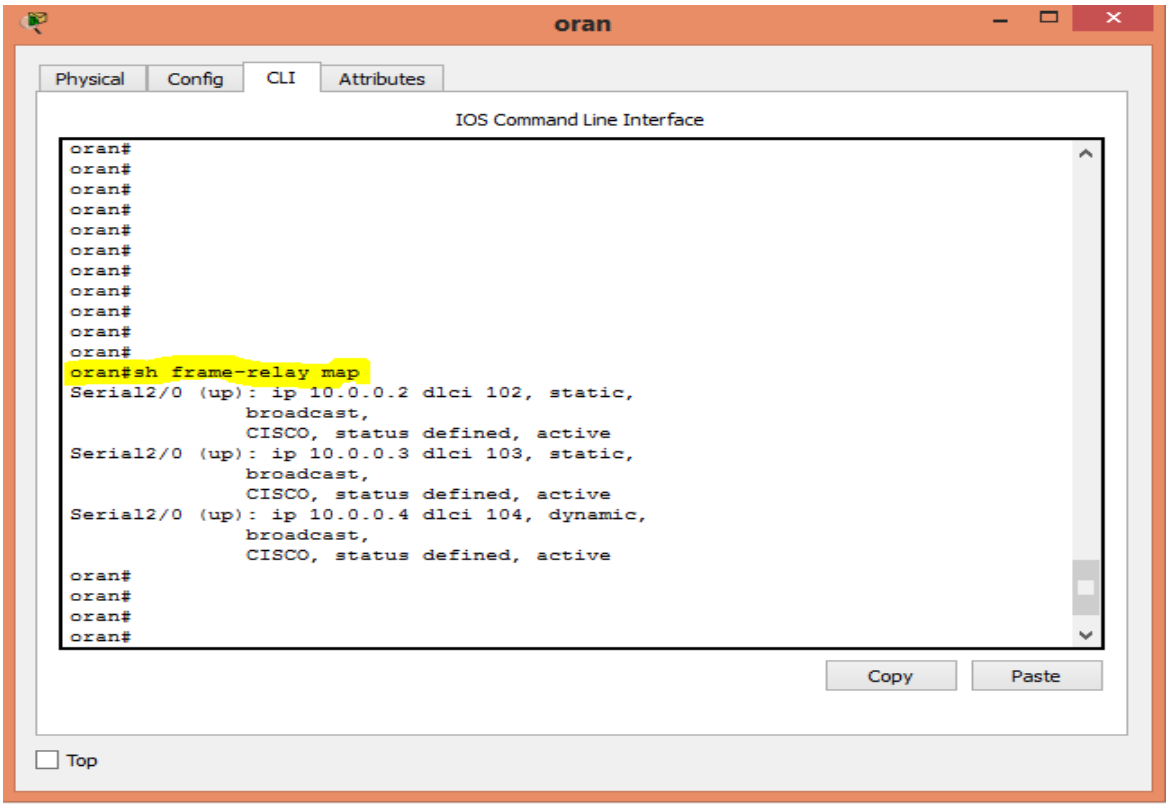


Figure IV.11 : Résultat des mappages Frame-Relay.

En vue que dans le sériel2/0 on a trois mappage statique crée par les trois DLCI :

- Le premier DLCI 102 commence d'Oran (10.0.0.1) vers MESRS (10.0.0.2).
- Le deuxième DLCI 103 commence d'Oran (10.0.0.1) vers Medea (10.0.0.3).
- Le troisième DLCI 104 commence d'Oran (10.0.0.1) vers Internet R0 (10.0.0.4).

Les trois DLCI sont de type Cisco et les trois sont actives.

❖ On exécute la commande **show Frame-Relay pvc** pour voir les informations d'état PVC sur les routeurs

Oran# show frame-relay PVC

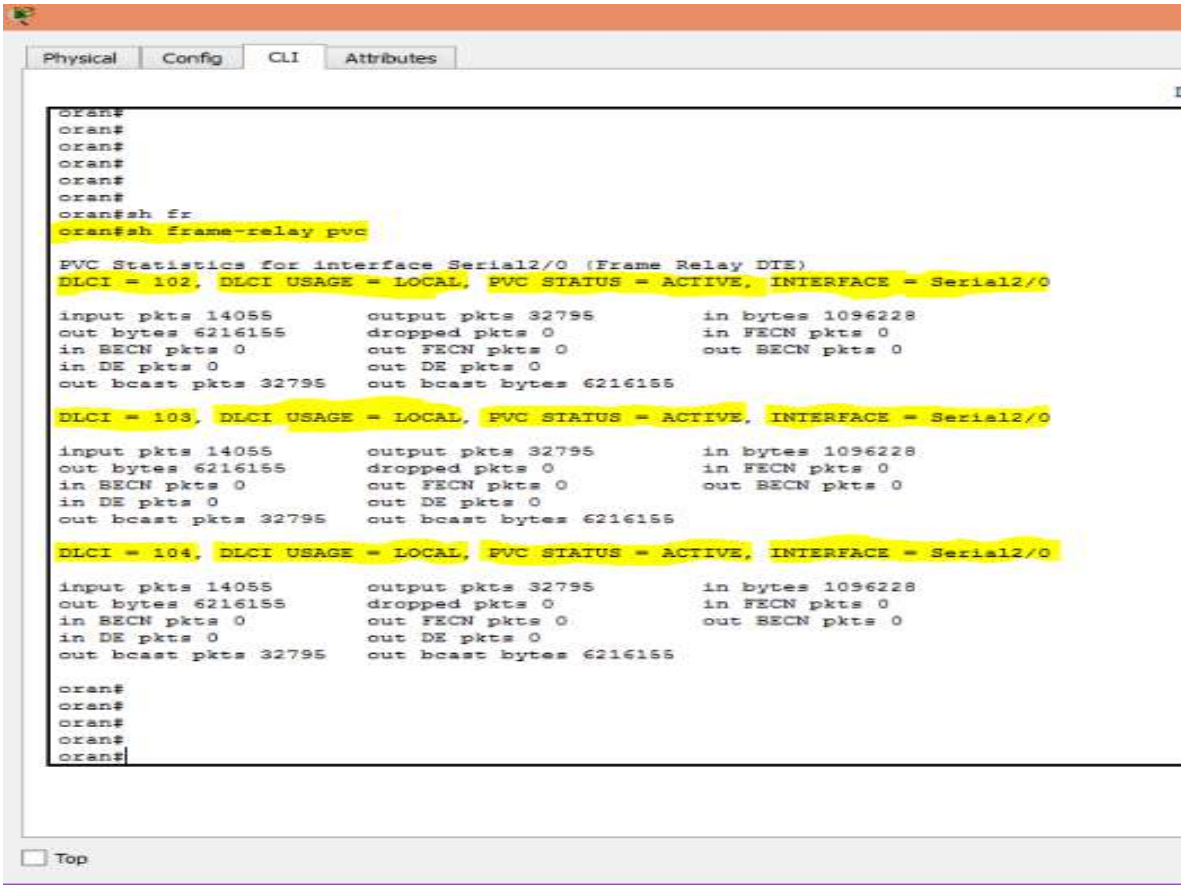


Figure IV.12: Résultats des circuits Virtual.

En vue que les trois pvc sont actifs chacune contient des informations sur les paquets entrant et sortant.

- On exécute la commande **show Frame-Relay lmi** pour voir les informations LMI, y compris le type LMI, le nombre d'expirations et le temps écoulé depuis la dernière mise à jour complète

Oran# show frame-relay lmi

```
oran>en
oran#sh fr
oran#sh frame-relay lmi
LMI Statistics for interface Serial2/0 (Frame Relay DTE) LMI TYPE = ANSI
  Invalid Unnumbered info 0       Invalid Prot Disc 0
  Invalid dummy Call Ref 0        Invalid Msg Type 0
  Invalid Status Message 0        Invalid Lock Shift 0
  Invalid Information ID 0        Invalid Report IE Len 0
  Invalid Report Request 0        Invalid Keep IE Len 0
  Num Status Enq. Sent 9          Num Status msgs Rcvd 8
  Num Update Status Rcvd 0        Num Status Timeouts 16
```

Figure IV.13: résultats de show LMI.

Cette commande nous permet de voir les informations LMI, notre résultat est de type **ansi**

- **Oran#Ping 10.0.0.3 :** vérification de la connectivité entre le routeur d'Oran (10.0.0.1) et le routeur de Medea (10.0.0.3).

```
oran>
oran>en
oran#ping 10.0.0.3

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.0.0.3, timeout is 2 seconds:
!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max =
7/10/17 ms
```

Figure IV.14: Résultats de show Ping.

Le résultat est réussite (successful, 100 percent) donc la liaison est abottée entre le routeur d'Oran (10.0.0.1) et le routeur de Medea (10.0.0.3), le temps minimal pour reçois les paquets est 7 ms, le temps maximal pour reçois les paquets est 17 ms, et la moyenne de temps entre les paquets est 10 ms.

Le transfert des données entre les deux utilisateurs est réussite lorsque les routeurs et les PC sont bien configuré, sinon les données sont mal transmises. On peut détecter la panne par la commande Ping :

- Si le Ping entre deux utilisateurs réussit donc il y a un chemin entre eux (successful).
- Si le Ping entre deux utilisateurs échoués (faild) dans ce cas il y a un problème de connectivité.
- On peut localiser la panne par la commande tracerout.

- Dans notre simulation on peut créer plusieurs chemins défirent entre les routeurs par exemple on a créé deux chemins défirent entre le routeur de MESRS et le routeur de MEDEA.
    1. Le premier chemin commence par MESRS passe par le routeur d'Oran vers le routeur de Medea.

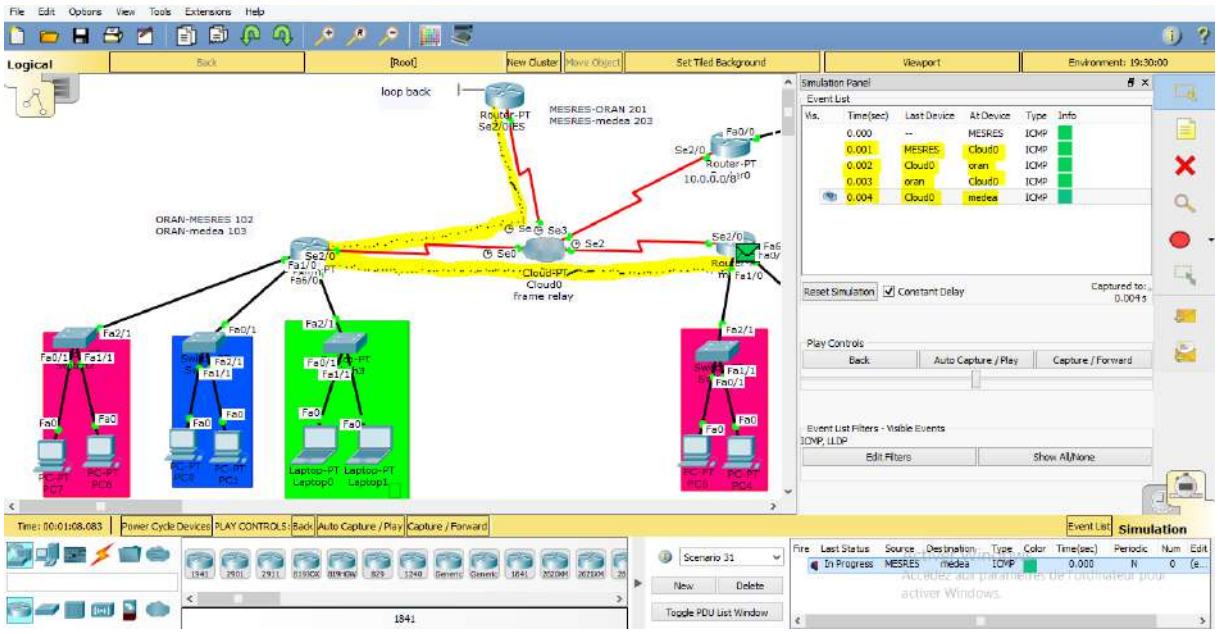


Figure IV.15 : Présentation du 1er chemin de la route entre MESRS et Medea.

La figure IV.15 explique le chemin que nous avons choisi, le transfert de paquet commence par le MESRS vers could dans le temps 0.001ms, ensuit dans le temps 0.002 ms il passe du cloud vers le routeur d'Oran, après dans le temps 0.003 ms il passe du routeur oran vers le could, enfin dans le temps 0.004 ms le paquet passe du cloud vers Medea.

- On exécute la commande **tracerout 10.0.0.3** pour voir les routes qui tracer les paquets du routeur MESRS (10.0.0.2) vers le routeur de Medea (10.0.0.3).

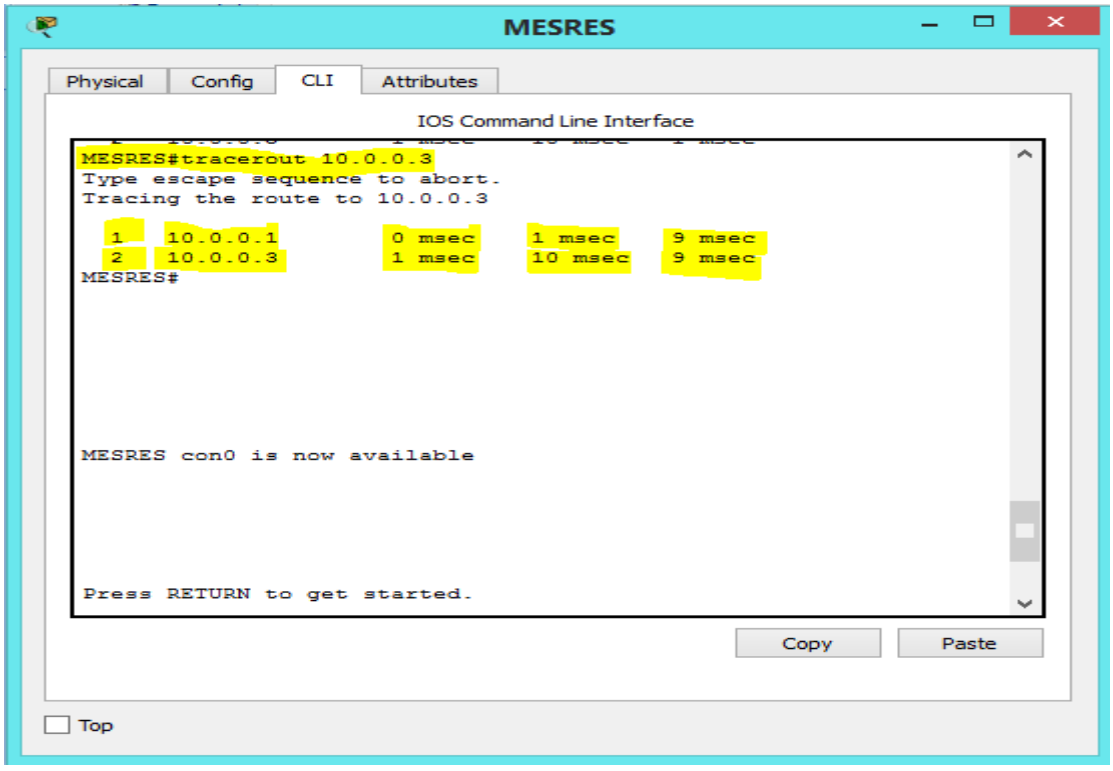


Figure IV.16 : Résultat de tracerout entre le routeur MESRS et le routeur Medea.

Le transfert des paquets passe par l'adresse 10.0.0.1 (l'adresse de routeur d'Oran) fait une durée minimale 0 ms, maximum 9 ms et un temps de moyenne 1 ms. Après les paquets passe à l'adresse 10.0.0.3 (l'adresse de routeur de Medea) qui fait une durée minimal 1 ms, maximum 9 ms et un temps de moyenne 10 ms.

2. Le deuxième chemin commence par le routeur MESRS vers le routeur de Medea directement.

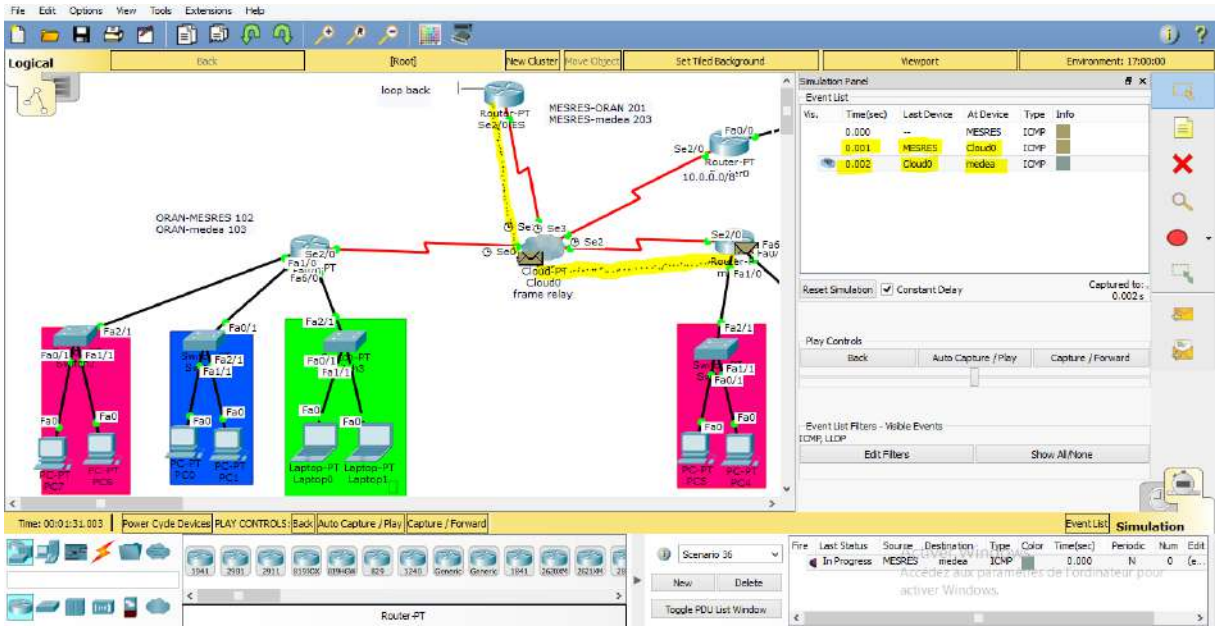


Figure IV.17 : Présentation du 2eme chemin de la route entre le routeur MESRS et le routeur Medea.

La figure IV.17 explique le chemin que nous avons choisi, le transfert de paquet commence par le MESRS vers cloud dans le temps 0.001ms, ensuit dans le temps 0.002 ms il passe du cloud vers le routeur de Medea.

- On exécute la commande **tracerout 10.0.0.3** pour voir les routes qui tracer les paquets du routeur MESRS (10.0.0.2) vers le routeur de Medea (10.0.0.3).

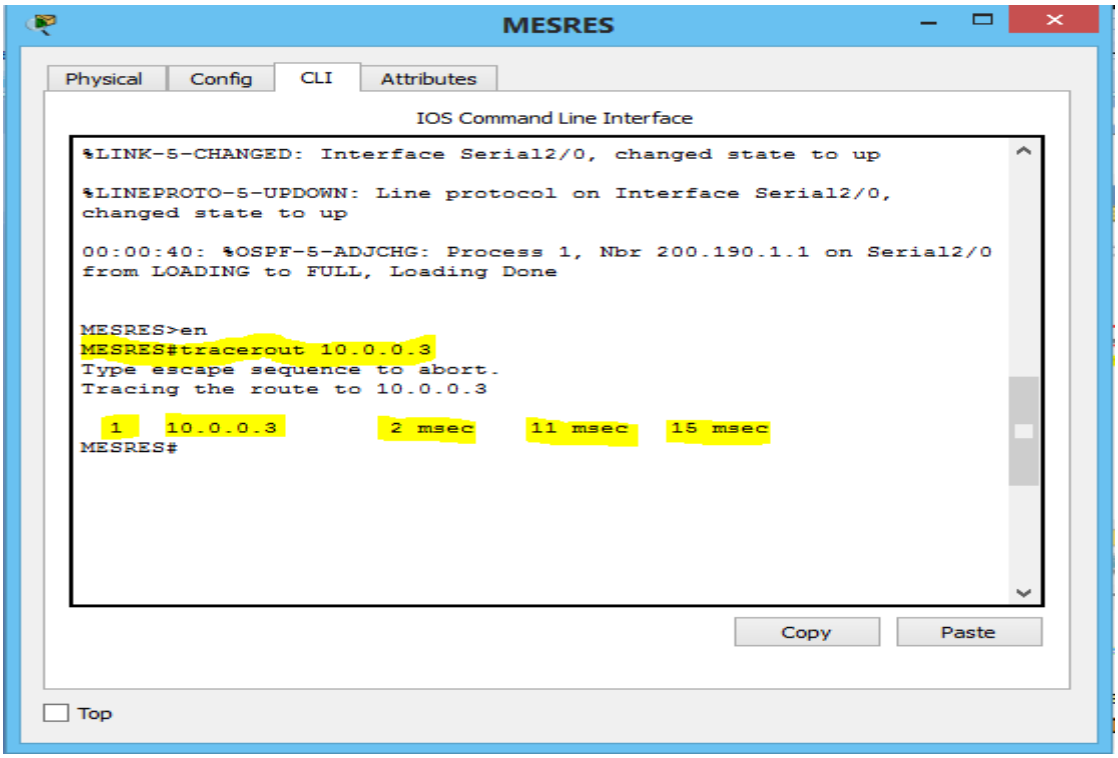


Figure IV.18 : Résultat de tracerout entre le routeur MESRS et le routeur Medea.

Le transfert des paquets passe directement à l'adresse 10.0.0.3 (l'adresse de routeur de Médéa) fait une durée minimale 2 ms, maximum 15 ms et un temps de moyenne 11 ms.

IV.4. Réalisation avec Hyper Terminal :

Dans la réalisation de notre réseau, nous avons utilisée trois PC, chaque pc représente un réseau local, et un câble console pour la configuration des routeurs, deux câbles faste Ethernet pour relie chaque PC avec un routeur et trois câbles sérié (parce que la fibre optique n'était pas disponible pour nous) pour faire la liaison entre les trois routeurs, comme montre dans la figure ci-dessus :

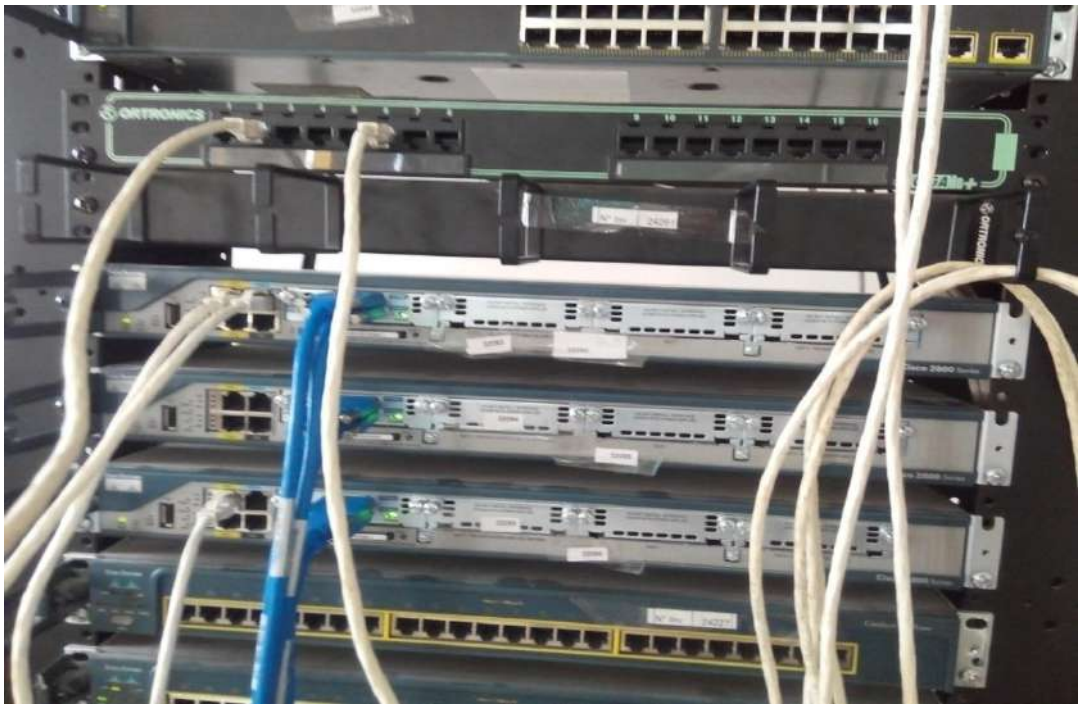


Figure IV.19 : Câblage des routeurs.

Dans cette partie, nous avons câblé la topologie du notre réseau qui est constitué de trois routeurs, un parmi les trois est considéré comme un fournisseur d'accée (nous avons utilisé cette topologie parce que nous avons seulement trois routeurs).

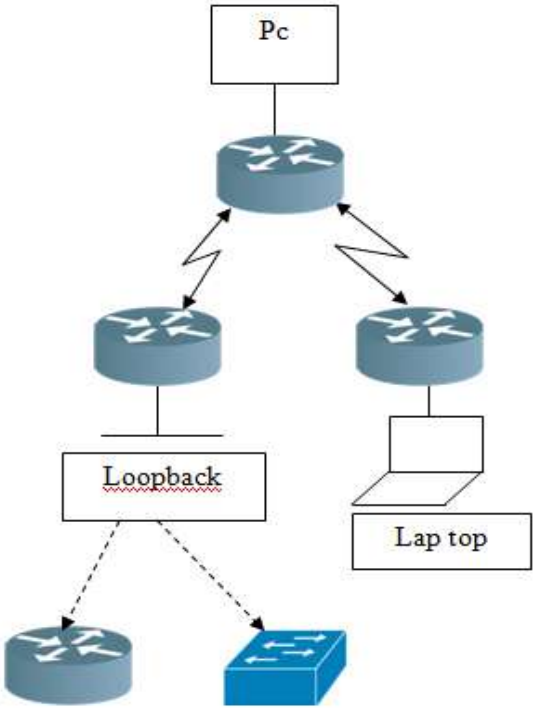


Figure IV.20 : Etude du cas de réalisation d'un réseau de Topologie étoile.

Après la connexion du matériel, nous avons suivi les étapes comme suite :

- Lancement du logiciel HyperTerminal
- Attribution d'un nom à la session ouverte.
- Simple clique sur **com1** pour faire la liaison série.
- Choix du bouton ***paramètre par défaut,*** au niveau de la fenêtre des paramètres du port.

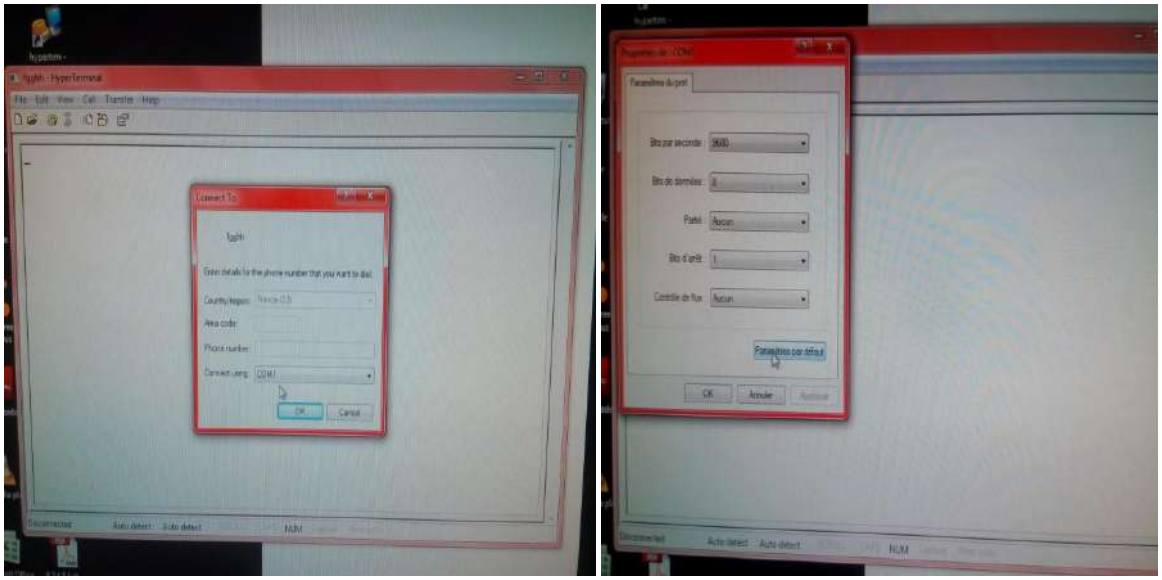


Figure IV.21 : Présentation de l'ouverture de logiciel.

Nous avons utilisé ce logiciel pour introduire des commandes de configuration via une interface appelée CLI (interface de ligne de commandes).

Ensuit nous avons passé à la configuration des paramètres de base pour chaque routeur :

- Nous avons commencé par la configuration des noms des périphériques.
- Nous avons mis la fréquence d'horloge sur toutes les interfaces série DCE.
- Nous avons configuré les adresses IPv4 pour toutes les interfaces.
- Nous avons reporté les informations d'adresse d'hôte de PC.

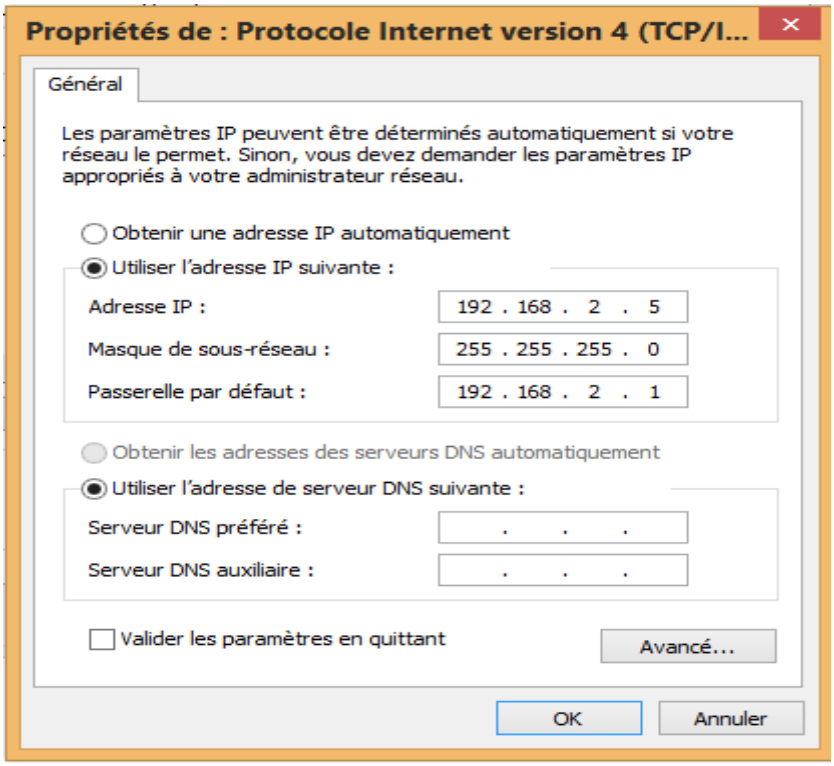


Figure IV.22 : Configuration de l'adresse IPv4.

IV.4.1. Configuration Frame-Relay :

Routeur(R1) : Interface se0/3/0

R1(config) #frame-relay switching

R1(config) #interface se0/3/0

R1(config-if) #encapsulation frame-relay

R1(config-if) #frame-relay intf-type dce

R1(config-if) #frame-relay route 102 interface se0/3/1 201

R1(config-if) #frame-relay lmi-type cisco

R1(config-if) #ip ospf network broadcast

R1(config-if) #no shutdown

Routeur (R1): Interface se0/3/1

R1(config) #interface se0/3/1

R1(config-if) #encapsulation frame-relay

R1(config-if) #frame-relay intf-type dce

R1(config-if) #frame-relay route 201 interface se0/3/0 102

R1(config-if) #frame-relay lmi-type cisco

R1(config-if) #ip ospf network broadcast

R1(config-if) #no shutdown

Routeur (R2): Interface se0/3/1

R2(config) #interface se0/3/1

R2(config-if) #encapsulation frame-relay

R2(config) #frame-relay map ip 10.1.0.2 102 broadcast

R2(config) #frame-relay map ip 10.1.0.1 102

R1(config-if) #frame-relay lmi-type cisco

R2(config) #ip ospf network broadcast

Routeur(R3) : Interface se0/3/1

R3(config) #interface se0/3/1

R3(config-if) #encapsulation frame-relay

R3(config) #frame-relay map ip 10.1.0.1 201 broadcast

R3(config) #frame-relay map ip 10.1.0.2 201

R1(config-if) #frame-relay lmi-type cisco

R3(config) #ip ospf network broadcast

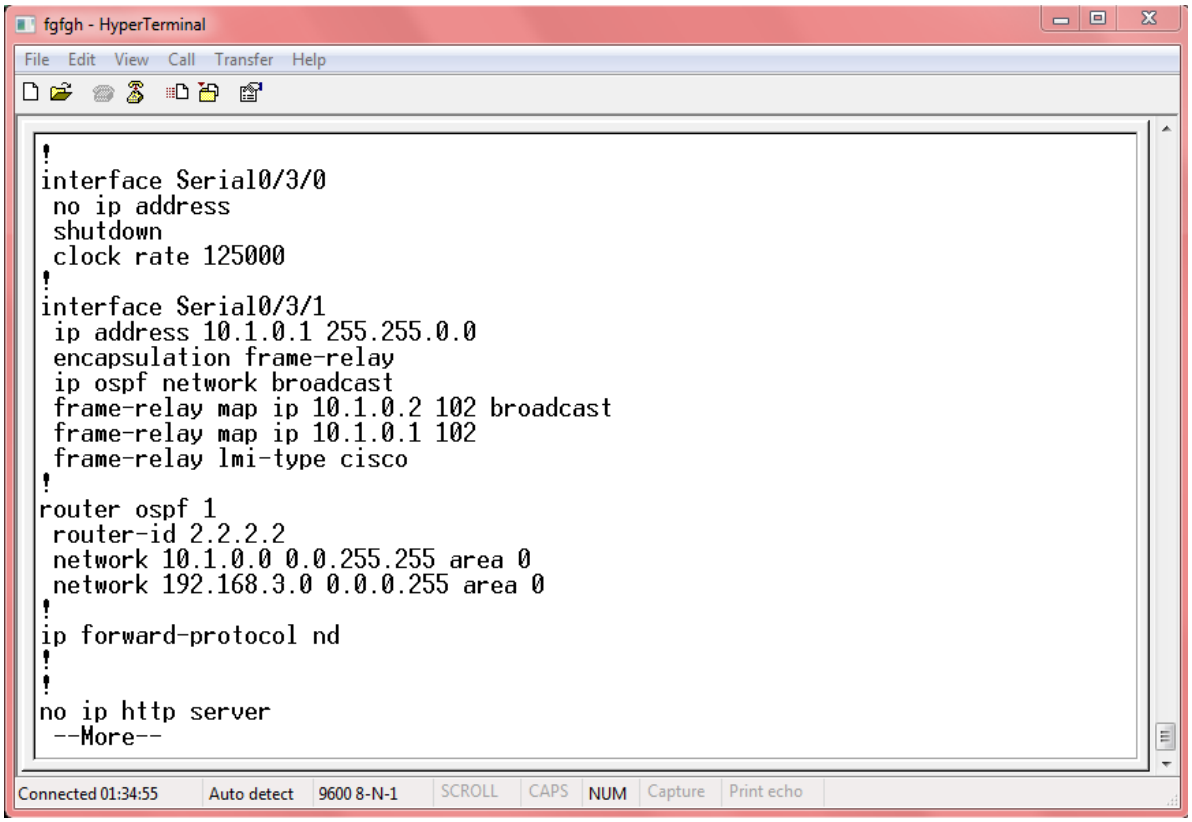


Figure IV.23: Configuration du protocole Frame-Relay sur un router(R2).

IV.4.2. Configuration de protocole OSPF :

Nous avons commencé par configurer tous les router avec les commandes du protocole ospf :

Routeur (R2) :

R2(config) #router ospf 1

R2(config-router) #network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0

R2(config-router) #network 10.1.0.0 0.0.255.255 area 0

R2(config-router) #router-id 2.2.2.2

R2(config-router) #exit

Routeur (R3) :

R3(config) #router ospf 1

R3(config-router) #network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0

R3(config-router) #network 10.1.0.0 0.0.255.255 area 0

R3(config-router) #router-id 3.3.3.3

R3(config-router) #exit

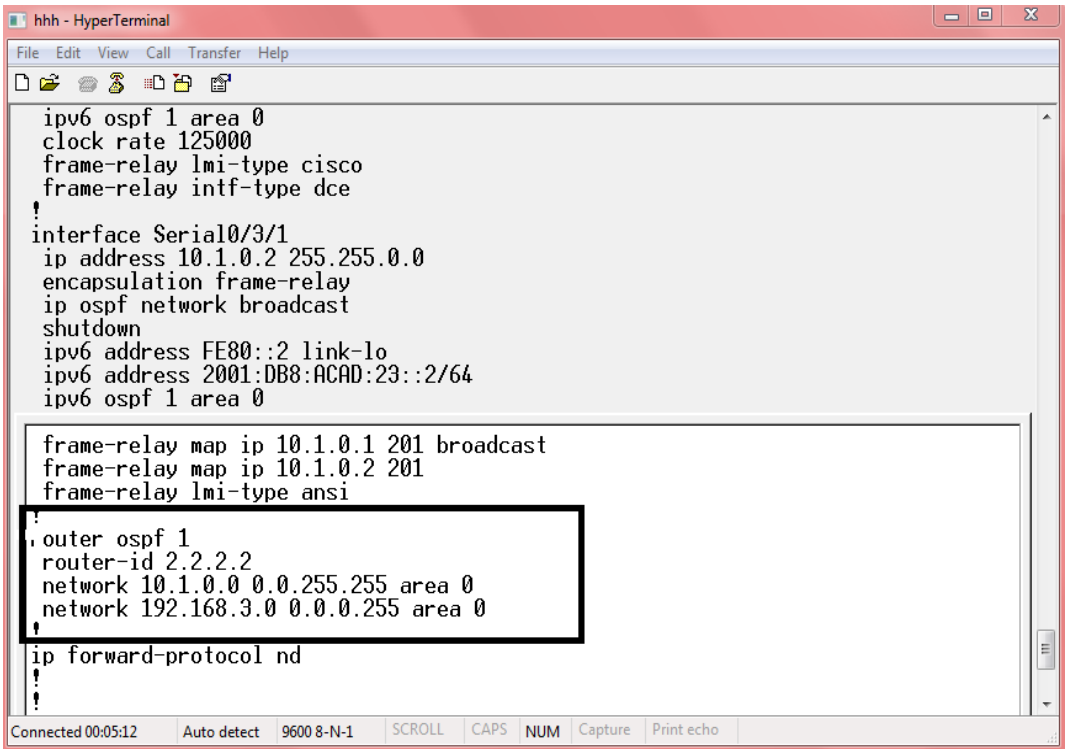


Figure IV.24 : configuration du protocole OSPF sur un router(R2).

IV.4.3. Vérification et jeux de test :

Les résultats quand nous avons trouvé :

- ✓ **R2# show frame-relay map**

```
R2#
R2#
R2#
R2#
R2#
R2#
R2#
R2#
R2#
R2#sh frame-relay map
Serial0/3/1 (up): ip 10.1.0.1 dlci 201(0xC9,0x3090), static,
              broadcast,
              CISCO, status defined, active
Serial0/3/1 (up): ip 10.1.0.2 dlci 201(0xC9,0x3090), static,
              CISCO, status defined, active
R2#
```

Figure IV.25 : Résultat des mappages Frame-Relay.

En vue que dans le sériel0/3/1 on a deux mappage statique crée par le DLCI :

- Le premier mappage commence de routeur R2 (10.1.0.2) vers le routeur R3 (10.1.0.1), avec un DLCI 201.
- Le deuxième mappage commence de routeur R2 (10.1.0.2) vers le routeur R2 lui même (10.1.0.2), avec un DLCI 201.

✓ **R2# show frame-relay pvc**

```
  shaping Q full 0        pkt above DE 0          policing drop 0
  connected to interface Serial0/3/1 102
  pvc create time 00:14:01, last time pvc status changed 00:00:25

PVC Statistics for interface Serial0/3/1 (Frame Relay DCE)

             Active     Inactive      Deleted       Static
  Local           0            0            0            0
  Switched        1            0            0            0
  Unused          0            0            0            0

DLCI = 102, DLCI USAGE = SWITCHED, PVC STATUS = ACTIVE, INTERFACE = Serial0/3/1

  input pkts 0             output pkts 1           in bytes 0
  out bytes 80             dropped pkts 0          in pkts dropped 0
  out pkts dropped 0                 out bytes dropped 0
  in FECN pkts 0           in BECN pkts 0          out FECN pkts 0
  out BECN pkts 0          in DE pkts 0            out DE pkts 0
  out bcast pkts 0         out bcast bytes 0
  30 second input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  30 second output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  switched pkts 0
  Detailed packet drop counters:
 --More--
```

Figure IV.26: Résultats des circuits virtuels.

En vue que les pvc sont actifs chacune contient des informations sur les paquets entrant et sortant.

✓ **R2# show ip route**

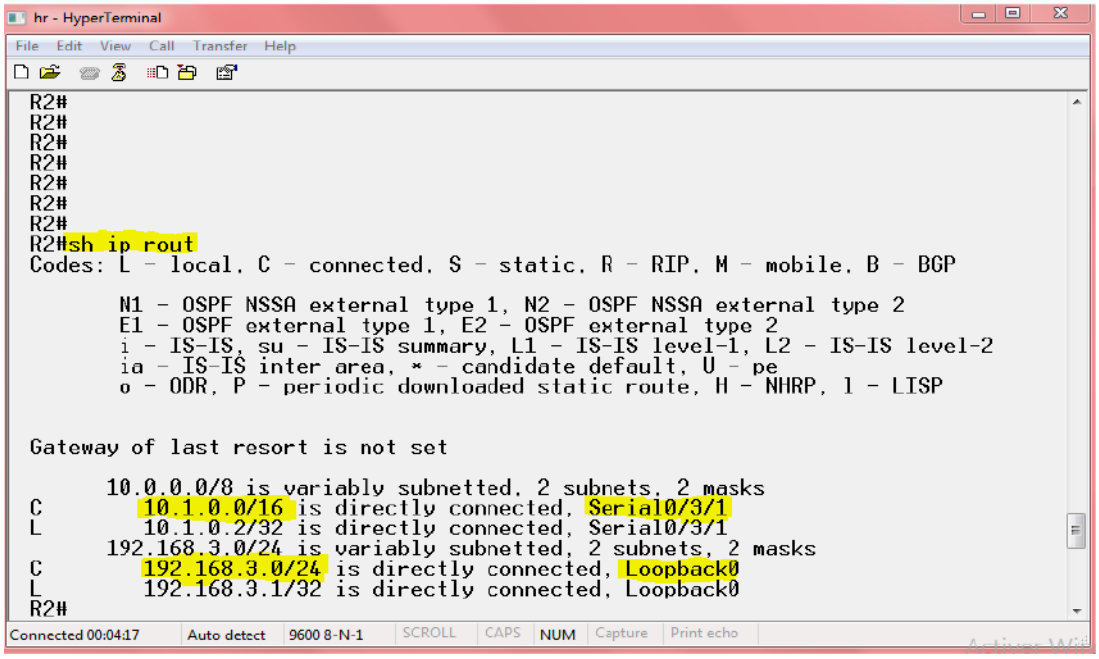


Figure IV.27 : Résultats des tables de routage.

Cette command nous permet de voir la table de routage.

✓ **R3# Ping 10.1.0.2**

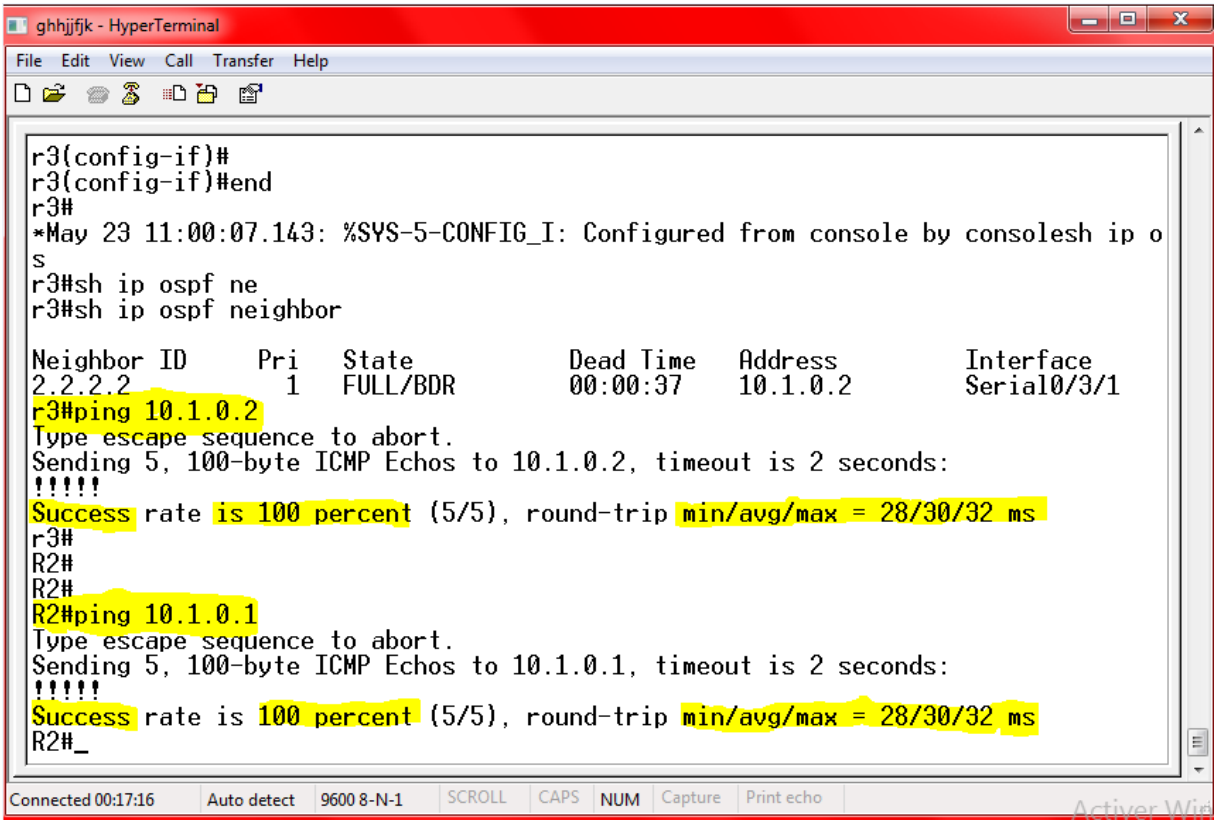


Figure IV.28: Résultats des Ping.

Les résultats sont réussite (successful, 100 percent) donc la liaison est abottée entre le routeur R3 (10.1.0.1) et le routeur R2 (10.1.0.2), le temps minimal pour reçois les paquets est 28 ms, le temps maximal pour reçois les paquets est 32 ms, et la moyenne de temps entre les paquets est 30 ms, nous avons obtenu les mêmes résultats avec le 2eme ping (du routeur R2(10.1.0.2) vers le routeur R3(10.1.0.1)).

IV.5 proposition des cas pour l'amélioration de la liaison spécialisée par Fibre Optique :

La Fibre optique est très importante actuellement, dans le domaine de télécommunication, et en raison de la constatation de certaine défaillance au niveau des câbles de liaison, au niveau des modems des utilisateurs et les panne qui peuvent être relevées au niveau du serveur internet, nous préconisons les solutions ci-après :

1. Prévoir deux liaisons de câble de Fibre Optique au lieu d'un seul.
2. Acquérir deux modems différents.
3. Doubler la liaison de la Fibre Optique et les fournisseurs.
4. Procéder à une double connexion internet en recourant à 2 ou 3 fournisseurs différents.

Cette quatrième option ne peut être envisagée actuellement en Algérie raison de l'existence d'un seul fournisseur.

IV.6 conclusion :

A la fin de ce chapitre nous avons appris l'utilisation du logiciel **Packet tracer** et ses différentes applications (routeur ,Switch, pc , câble ,…….), pour réaliser des réseaux sur un systèmes de **CISCO** qui nous permet de configurer un réseau réel comme la réalisation que nous avons fait sur les trois routeurs à travers le logiciel **HyperTerminal**, comme nous avons aussi utilisée des protocoles pour créer des chemins pour acheminer différentes données à sa voire le **Frame-Relay** et **OSPF** qui fonctionnent ensemble (il faut utiliser le même protocole dans les trois routeur).

En conclusion, nous pouvons signaler que nous avons en la possibilité de mettre en place un réseau loopback qui nous permet l'utilisation des équipements d'interconnexion à tout moment.

Conclusion générale :

Cette étude de la liaison spécialisée par fibre optique nous permet d'approfondir nos connaissances dans le domaine de télécommunication et plus précisément dans le domaine optique.

La technologie de fibre optique permette le transport de débits nettement supérieurs à ceux que peuvent véhiculer les autres supports (câble coaxial, paire torsadée, etc.…) et ceci avec une meilleure qualité de transmission.

Les composants optiques sont les moteurs de la révolution des réseaux optiques qui tendent vers le tout-optique avec ses optimums performances (énorme capacités, défauts optimisés…).

Mais, les performances des systèmes des communications optiques haut débit (≥100Mb/s) se trouvent des atténuations ou bien des augmentations soit par les effets extérieurs ou bien les effets intérieurs.

Nous avons vu, dans la société d'Algérie Télécoms (Algérie télécoms Aissat-Idir Alger), tous équipements nécessaires à la transmission Optique, tels que : les modems à 2 Mbit/s, les routeurs, les switches, les différents types de câble de connexion Optiques.

La simulation de la liaison a été effectuée à l'aide du logiciel Packet Tracer. Nous avons arrivé à apprendre la simulation à l'aide de ce logiciel pour faire la conception de liaisons de diverses topologies, en utilisant les différentes applications et la configuration des protocoles Frame-Relay et OSPF.

Nous avons arrivé à réaliser, au niveau de l'institut de formation professionnelle de Ain D'heb Médéa, la liaison en utilisant les équipements disponibles (matériels Cisco et le logiciel Hypper Terminal), afin de configurer des routeurs, et des PC. Donc la réalisation de n'importe quelle liaison sur matériel, doit être précédée par un simulation en utilisant le Packet Tracer.

Références bibliographiques

[1] : BOUTOUIL Mohamed, HAMZA REGUIG Zouhir, ‘’la dispersion chromatique en transmission WDM’’, mémoire d’ingénieur d’état, ITOran, juin 2007.

[2]: KABBACHE Nouri et GACEMI Larbi, ‘’Transmission des données par voie optique’’, mémoire d’ingénieur d’état, ITOran, juin 2007.

[3] :MEJDOUB Fadila, ‘’Optimisation par la simulation système d’une chaine de transmission numérique par fibre optique haut débit’’, mémoire de magister, 2009/2010.

[4] : Togniclo Carolle Thon-Adjalin, ‘’étude d’un système de transmission sur fibre optique plastique à saut d’indice’’, mémoire pour l’obtention du grade de Maitre en sciences, 2011.

[5] :AMARI Malika et HAMRI Bellel ,’’Etude et évaluation d’une chaine de transmission optique point apoint avec une longueur d’onde 1.55µm’’, mémoire de Master, juin 2017.

[6] : BENKRARAZ Abdelkader et BOUMEDINE Belal Walid,’’Caractérisation d’une chaine de transmission numérique à haut débit par fibre optique’’, mémoire de Master, 2014.

[7] : BENCHAA Alia et BOUANANI Soumia, ‘’Etude et caractérisation de la communication optique’’,mémoire master, 2014.

[8] : HAMI Abdelkader et HAMI Mohamed,’’ transmission par soliton dans une liaison optique à haut débit’’, 2007/2008.

[9] : REBOUH Hichem, BENSALEM Nabil,’’étude et synthèse des systèmes de communication optique’’, 2010 -2011.

[10] :ABBAD Walid, ‘’Instalation et configuration d’un réseau local’’, 2016/2017.

Bibliographie électronique :

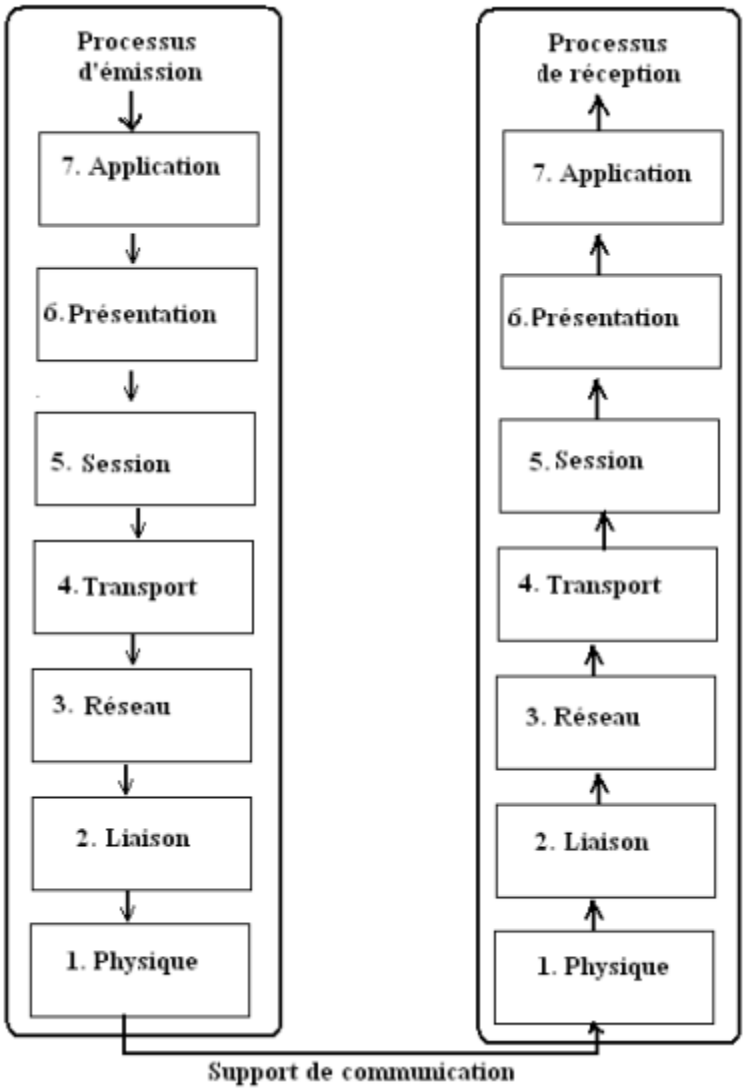
https://www.netacad.com/fr/group/landing/v2/learn/

http://www.soudeuse-optique.fr/bien-choisir-votre-soudeuse-fibre-optique/

Annexe :

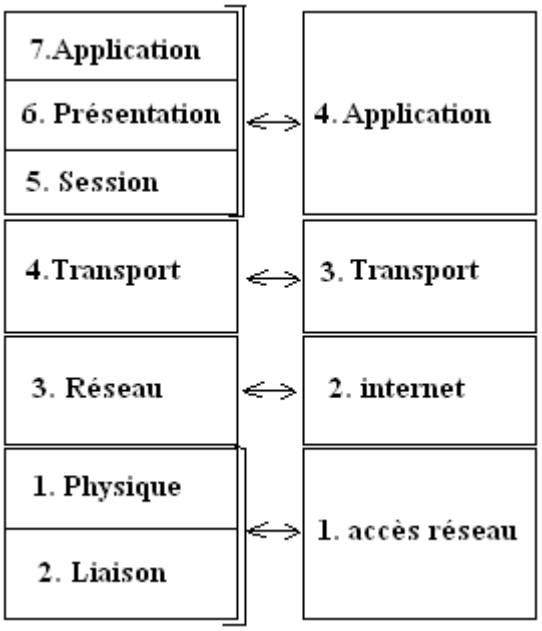
A. L'architecture (le modèle en couche) : Précise comment les différentes activités sont organisées entre elles

➢ Modèle de conception OSI (Open Systems Interconnexion) : c'est un modèle permet de régler les problèmes d'interconnexion des systèmes hétérogènes (logiciel et matériel)



➢ Le modèle DOD (TCP/IP) :

Le modèle OSI est un modèle un peu complexe avec peu de performance. Un autre modèle plus performant qui est d'ailleurs le modèle le plus utilisé existe. Il s'agit d'un modèle à 4 couches appelé modèle DOD (Département Of Défense) ou parfois modèle TCP/IP(Transmission Control Protocol/ Internet Protocol). Il s'agit d'une suite de couches recouvrant presque les différentes couches du modèle OSI.



B. Les notions de routage :

- **Routage :**

Méthode d'acheminement des informations à la bonne destination à travers un réseau .selon les types de réseau .on envoie les données par paquets et on choisit leur chemin une bonne fois pour toutes.

Routage dans lequel le chemin suivi par les informations est déterminé au coup par coup, à chaque fois.

- **routage statique et dynamique**

Un routeur peut apprendre des réseaux distants de deux manières différentes :

- ✓ **Routage statique** : les réseaux distants sont saisis manuellement dans la table de route
- ✓ **Routage dynamique** : les routes distantes sont automatiquement acquises via un protocole

- **comment complète-la table de routage :**

La table de routage est la liste des réseaux connus du routeur. La table de routage inclut des adresses réseau pour ses propres interfaces, qui correspondent aux réseaux directement

connectés, ainsi que des adresses réseau pour des réseaux distants. Un réseau distant est un réseau qui n'est accessible qu'en transférant le paquet vers un autre routeur.

- **Choix du protocole de routage :**

Pour choisir le protocole de routage on va suivre les étapes suivantes :

Connaitre les informations sur le cas des réseaux par les protocoles

Connaitre les caractéristiques du protocole :

-types de l'algorithme

-rapidité de convergence

C. FRAME RELAY :

Le but du ce protocole est de communiquer avec les autres sites connectés au même fournisseur. La capacité entre deux sites peut varier.

Frame Relay offre plus de bande passante, et une meilleure fiabilité et une plus grande résilience que les lignes privées ou les lignes louées.

Frame Relay encapsule les données pour le transport et les transfère sur la couche physique pour livraison, comme illustré à la Figure 1.

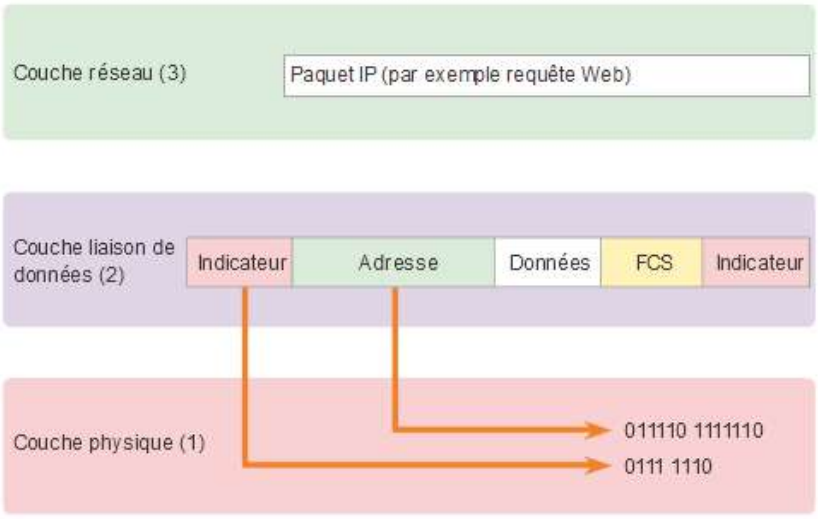


Figure .1 : encapsulation Frame Relay et modèle OSI

Un grand avantage de Frame Relay est que la capacité réseau inutilisée est mise à disposition de tous les clients, en général sans frais supplémentaires. Ceci permet aux clients d'aller au-delà de leur débit garanti.

D. OSPF (Open Shortest Path First) :

Open Shortest Path First (OSPF) est un protocole de routage à état de liens, qui prend en charge le concept de zones pour assurer l'évolutivité

Pour une efficacité et une évolutivité supérieures, le protocole OSPF prend en charge le routage hiérarchique à l'aide de zones. Une zone OSPF est un groupe de routeurs qui partagent les mêmes informations d'état de liens dans leurs LSDB.

Les messages OSPFv2 transmis via une liaison Ethernet contiennent les informations suivantes :

- En-tête de trame Ethernet de liaison de données
- En-tête de paquet IPv4
- En-tête de paquet OSPF
- Données spécifiques au type de paquet OSPF

E. La commutation : La commutation rassemble toutes les techniques qui réalisent la mise en relation de 2 abonnés quelconques.

- **Différente technique de commutation :**

a) **Commutation de circuits** : (ex. : le téléphone). Un chemin physique est établi à l'initialisation de la communication entre l'émetteur et le récepteur et reste le même pendant toute la durée de la communication. Si les deux correspondants n'ont pas de données à transmettre pendant un certain temps, la liaison restera inutilisée. L'idée est de concentrer plusieurs correspondants sur une même liaison. Dans le cas où les communications seraient nombreuses, il faut prévoir des mémoires pour stocker des informations en attendant que la liaison soit disponible.

b) **Commutation de messages** : Un message est un ensemble d'information logique formant un tout (fichier, mail) qui est envoyé de l'émetteur vers le récepteur en transitant nœud à nœud à travers le réseau. On a un chemin logique par message envoyé. Le message ne peut être envoyé au nœud suivant tant qu'il n'est pas reçu complètement et sans erreur par le nœud actuel.

Remarque : La commutation de message nécessite la mise en place d'algorithmes de routage

c) **Commutation de paquets** : optimisation de la commutation de message qui consiste à découper les messages en plusieurs paquets pouvant être acheminés plus vite et

indépendamment les uns des autres. Cette technique nécessite la mise en place de la numérotation des paquets.

Remarque : Technique très utilisé sans les réseaux d'ordinateurs transfèrent des données tel que le réseau Transpac.

d) **Commutation de cellule** : commutation de paquets particulière. Tous les paquets ont une longueur fixe de 53 octets (1 paquet = 1 cellule de 53 octets).

C'est la technique utilisée dans les réseaux ATM où un chemin est déterminé pour la transmission des cellules.

Commutation de cellule = superposition de 2 types de commutation : - commutation de circuit - commutation de paquets.

- Mode connecté : Demande explicite de connexion et de déconnexion.
- Mode non connecté : Pas de demande de connexion.

F. Configuration complète de notre simulation :

Routeur Oran :

Router >

Router >en

Router #conf t

Router (config) #hostname Oran

Oran(config)#line console 0

Oran(config-line)#password cisco

Oran(config-line) # login

Oran(config-line)#exit

Oran(config)#line vty 0 4

Oran(config-line)#password cisco

Oran(config-line)#login

Oran(config-line)#exit

Oran(config)#interface fa 0/0

Oran(config-if)#ip address192.168.1.1 255.255.255.0

Oran(config-if)#no shutdown

```
Oran(config- if)#exit

Oran(config)#interface  fa 1/0

Oran(config-if)#ip address192.168.10.1  255.255.255.0

Oran(config-if)#no shutdown

Oran(config-if)#exit

Oran(config)#interface  fa 6/0

Oran(config-if)#ip address192.168.5.1  255.255.255.0

Oran(config-if)#no shutdown

Oran(config-if)#exit

Oran(config)#interface  se2/0

Oran(config-if)#ip address10.0.0.1  255.0.0.0

Oran(config-if)#no shutdown

Oran(config-if)#exit

Oran(config)#router ospf 1

Oran(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0

Oran(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0

Oran(config-router)#network 192.168.5.0 0.0.0.255 area 0

Oran(config-router)#network 10.0.0.0 0.0.0.15area 0

Oran(config-router)#exit

Oran(config)#interface  se2/0

Oran(config-if)#encapsulation Frame-Relay

Oran(config-if)#Frame-Relay map ip 10.0.0.2 102 broadcast

 Oran(config-if)#Frame-Relay map ip 10.0.0.3 103 broadcast
```

Oran(config-if)#Frame-Relay lmi-type ansi

Oran(config-if)#ip ospf network broadcast

Oran(config-if)#exit

Oran(config)#exit

Oran#copy r s

Routeur médéa :

Router >

Router >en

Router #conf t

Router (config) #hostname Médéa

Médéa(config)#line console 0

Médéa(config-line)#password cisco

Médéa(config-line) # login

Médéa(config-line)#exit

Médéa(config)#line vty 0 4

Médéa(config-line)#password cisco

Médéa(config-line)#login

Médéa(config-line)#exit

Médéa(config)#interface fa 0/0

Médéa(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0

Médéa(config-if)#no shutdown

Médéa(config- if)#exit

Médéa(config)#interface fa 1/0

Médéa(config-if)#ip address192.168.20.1 255.255.255.0

Médéa(config-if)#no shutdown

Médéa(config-if)#exit

Médéa(config)#interface fa 6/0

Médéa(config-if)#ip address200.190.1.1 255.255.255.0

Médéa(config-if)#no shutdown

Médéa(config-if)#exit

Médéa(config)#interface se2/0

Médéa(config-if)#ip address10.0.0.3 255.0.0.0

Médéa(config-if)#no shutdown

Médéa(config-if)#exit

Médéa(config)#router ospf 1

Médéa(config-router)#network 192.168.20.0 0.0.0.255 area 0

Médéa(config-router)#network 200.190.1.0 0.0.0.255 area 0

Médéa(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0

Médéa(config-router)#network 10.0.0.0 0.0.0.15 area 0

Médéa(config-router)#exit

Médéa(config)#interface se2/0

Médéa(config-if)#encapsulation Frame-Relay

Médéa(config-if)#Frame-Relay map ip 10.0.0.2 302 broadcast

Médéa(config-if)#Frame-Relay map ip 10.0.0.1 301 broadcast

Médéa(config-if)#Frame-Relay map ip 10.0.0.4 403 broadcast

Médéa(config-if)#Frame-Relay lmi-type cisco

Médéa(config-if)#ip ospf network broadcast

Médéa(config-if)#exit

Médéa(config)#exit

Médéa#copy r s

Routeur MESRS:

Router >

Router >en

Router #conf t

Router (config) #hostname MESRS

MESRS(config)#line console 0

MESRS(config-line)#password cisco

MESRS(config-line) # login

MESRS(config-line)#exit

MESRS(config)#line vty 0 4

MESRS(config-line)#password cisco

MESRS(config-line)#login

MESRS(config-line)#exit

MESRS(config)# interface Loopback0

MESRS(config-if)#ip address 192.168.3.1 255.255.255.0

MESRS(config-if)#no shutdown

MESRS(config- if)#exit

MESRS(config)#interface se2/0

MESRS(config-if)#ip address10.0.0.2 255.0.0.0

MESRS(config-if)#no shutdown

MESRS(config-if)#exit

MESRS(config)#router ospf 1

MESRS(config-router)#network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0

MESRS(config-router)#network 10.0.0.0 0.0.0.15 area 0

MESRS(config-router)#exit

MESRS(config)#interface se2/0

MESRS(config-if)#encapsulation Frame-Relay

MESRS(config-if)#Frame-Relay map ip 10.0.0.1 201 broadcast

MESRS(config-if)#Frame-Relay map ip 10.0.0.3 203 broadcast

MESRS(config-if)#Frame-Relay map ip 10.0.0.4 402 broadcast

MESRS(config-if)#Frame-Relay lmi-type q933a

MESRS(config-if)#ip ospf network broadcast

MESRS(config-if)#exit

MESRS(config)#exit

MESRS #copy r s

Routeur internet R0:

Router >

Router >en

Router #conf t

Router (config) #hostname R0

R0(config)#line console 0

```
R0(config-line)#password cisco

R0(config-line) # login

R0(config-line)#exit

R0(config)#line vty 0 4

R0(config-line)#password cisco

R0(config-line)#login

R0(config-line)#exit

R0(config)#interface  fa0/0

R0(config-if)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.0

R0(config-if)#no shutdown

R0(config-if)#exit

R0(config)#interface  se2/0

R0(config-if)#ip address10.0.0.4  255.0.0.0

R0(config-if)#no shutdown

R0(config-if)#exit

R0(config)#router ospf 1

R0(config-router)#network 192.168.10.1 0.0.0.0 area 0

R0(config-router)#network 10.0.0.4 0.0.0.0 area 0

R0(config-router)#exit

R0(config)#interface  se2/0

R0(config-if)#encapsulation Frame-Relay

R0(config-if)#Frame-Relay map ip 10.0.0.1 401 broadcast

R0(config-if)#Frame-Relay map ip 10.0.0.2 402 broadcast
```

```
R0(config-if)#Frame-Relay map ip 10.0.0.3  403 broadcast

R0(config-if)#Frame-Relay lmi-type ansi

R0(config-if)#ip ospf network broadcast

R0(config-if)#exit

R0(config)#exit

R0#copy r s
```