REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES

Faculté de **T**echnologie

Département **I**ngénierie des **S**ystèmes **E**lectriques

Mémoire de Master

Présenté par

MOKHEFI Meriem

Filière : Télécommunications

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Migration du réseau d'accès NGN MSAN à haut débit vers un réseau GPON FTTH à très haut débit

Soutenu le 13/07/2023 devant le jury composé de :

Mme. MECHID	Samira	MAA	UMBB	Président
Mme. BOUMERIDJA	Hafida	MAA	UMBB	Examinateur
Mr. AKLIOUAT	Hacene	MAA	UMBB	Rapporteur
Mme. GUERTI	Nadia	Ingénieur	Algérie Télécom	Encadrant externe

Année Universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout d'abord, **Allah** le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et le courage pour terminer mes études et à élaborer ce modeste travail.

Je tiens à remercier mes chers parents pour les efforts et sacrifices qu'ils ont entrepris afin de me voir réussir.

Je remercie tout particulièrement mon promoteur **Mr AKLIOUAT**, pour ses conseils pendant la réalisation de ce mémoire, son aide appréciable et ses encouragements tout au long de mon travail, et aussi je remercie **Mme GUERTI Nadia** et **Mr HENNI ABDALLAH** mon encadreur au niveau d'Algérie télécom qui m'a accompagné tout au long de mon stage.

Je tiens à remercier également les membres de jurys pour avoir accepté de juger ce travail Je les remercie sincèrement pour le temps qu'ils ont consacré à la lecture et à l'évaluation de mon travail.

Mes profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui m'ont aidés et soutenue de près ou de loin.

DEDICACE

***J**e dédie ce mémoire*

***A** la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.*

***A** l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de ma joie et de mon bonheur ; celui qui s'est toujours sacrifié de me voir réussir, à toi chère papa.*

***Q**ue Dieu le tout puissant les gardes et le protège.*

***A** mes adorables frères : Ismail et Sami.*

***A** toute ma famille.*

***E**t à tous ceux qui me sont chers.*

***A** mes professeurs à qui je suis très reconnaissante,*

***A** toute la promotion,*

***A** moi-même,*

MERIEM

RESUME

En raison de l'évolution scientifique rapide dans notre monde contemporain, il est essentiel de pouvoir transporter des informations à grande vitesse, presque sans limite, et sur de longues distances. Les technologies qui utilisent le cuivre comme supports de transmission ne sont pas adaptées à cette demande. C'est pourquoi il est nécessaire de migrer vers des vitesses de transmission très élevées en utilisant les fibres optiques comme support (Fibre To The Home - FTTH).

Le but de ce mémoire est d'étudier les performances de ces nouveaux réseaux d'accès, dans cette étude nous abordons la technologie FTTH (Fiber To The Home) de type GPON (Gigabit Passive Optical Network), en examinant ses différents types ainsi que leurs avantages en termes de qualité de service et d'atténuation. Pour simuler et tester les liaisons optiques, nous avons utilisé l'application Optisystem. Cette application permet d'étudier la qualité de transmission d'une liaison optique en analysant des paramètres tels que le facteur de qualité (Q), le taux d'erreur binaire (BER) et l'atténuation.

Mots-clés : Les réseaux d'accès, FTTH, GPON, OptiSystem, Q, BER.

ABSTRACT

Due to the rapid scientific advancement in our contemporary world, it is crucial to be able to transport information at high speeds, almost without limits, and over long distances. Technologies that use copper as transmission media are not suitable for this demand. That is why it is necessary to migrate to very high transmission speeds using optical fibers as the medium (Fiber to the Home - FTTH).

The objective of this dissertation is to study the performance of these new access networks. In this study, we address the FTTH (Fiber to the Home) technology, specifically the GPON (Gigabit Passive Optical Network) type, by examining its different types and their advantages in terms of quality of service and attenuation. To simulate and test the optical links, we used the Optisystem application. This application allows us to study the transmission quality of an optical link by analyzing parameters such as the quality factor (Q), the bit error rate (BER), and the attenuation.

Keywords: access networks, FTTH, GPON, OptiSystem, Q, and BER.

ملخص

نظرًا للتطور العلمي السريع في عالمنا المعاصر، أصبح من الضرورة توفير تدفق معلومات سريع جدًا، تقريبًا بلا حدود، وعلى مسافات طويلة. التقنيات التي تستخدم النحاس كوسائط نقل ليست مناسبة لهذا الطلب. هذا هو السبب في أنه من الضروري الانتقال إلى سرعات نقل عالية جدًا باستخدام الألياف الضوئية كوسيط (تقنية الألياف إلى المنزل – FTTH).

الغرض من هذه الرسالة هو دراسة أداء شبكات الوصول الجديدة هذه، في هذه الدراسة نتعامل مع تقنية FTTH (الألياف إلى المنزل) من نوع GPON (شبكة بصرية سلبية جيجابت)، من خلال فحص أنواعها المختلفة بالإضافة إلى المزايا من حيث جودة الخدمة والتخفيف. لمحاكاة واختبار الروابط الضوئية، استخدمنا تطبيق Optisystem. يتيح هذا التطبيق دراسة جودة الإرسال للوصلة الضوئية من خلال تحليل المعلمات مثل عامل الجودة (Q) ومعدل الخطأ في البتات (BER) والتوهين.

الكلمات المفتاحية: شبكات الوصول، BER,Q,Optisystem,GPON,FTTH.

TABLE DES MATIERES

Remerciements	**I**
Dédicace	**II**
Résumé	**III**
Table des matières	**V**
Liste des figures	**X**
Liste des tableaux	**XII**
Liste des abréviations	**XIII**
Introduction générale	**01**
Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil d'Algérie Télécom	
I .Présentation de l'organisme d'accueil	**04**
I.1. Historique	**04**
I.2. Mission et objectifs	**04**
I.3. Organisation de l'organisme d'accueil	**06**
I.4. Présentation de la structure d'accueil	**07**
I.4.1. Présentation de la structure encadrée (Division des Systèmes d'Information)	**07**
I.4.2. Présentation de la structure métier (Direction Centrale du Patrimoine)	**09**
I.5. Conclusion	**10**
Chapitre II : Evolution des réseaux d'accès	
Introduction	**12**
II.1. Réseau téléphonique commuté	**12**
II.1.1. Définition	**12**
II.1.2. Principe de fonctionnement	**12**

II.1.3. Organisation du RTC	**14**
a. La distribution	**14**
b. La commutation	**15**
c. La transmission	**16**
II.1.4. La signalisation dans le RTC	**16**
a. La signalisation voie par voie	**17**
b. La signalisation par canal sémaphore	**17**
II.1.5. Avantages et inconvénients du RTC	**18**
II.2. L'évolution de la téléphonie RNIS	**19**
II.2.1. Définition	**19**
II.2.2. Avantages et inconvénients de RNIS	**20**
II.3. Les technologies xDSL	**20**
II.3.1. Définitions des différentes technologies	**21**
II.3.2. Les DSLAM	**22**
II.4. Migration vers les réseaux NGN	**22**
II.4.1. Pourquoi le NGN ?	**23**
II.4.2. Architecture du réseau NGN	**23**
II.4.3. Les entités fonctionnelles du réseau NGN	**26**
II.4.4. Les familles de protocole d'un réseau NGN	**27**
II.4.4.1. Les protocoles de contrôle d'appel	**27**
a. Le protocole historique : H.323	**27**
b. Le protocole alternatif SIP	**28**
II.4.4.2. Les protocoles de commande de Media Gateway	**28**
II.4.4.3. Les protocoles de signalisation entre les serveurs de contrôle	**28**
II.4.5. Impact sur le passage vers le NGN	**29**
II.4.6. Caractéristiques du réseau NGN	**31**
II.4.7. Types de NGN	**32**

II.4.8. Les services offerts par les NGN	**32**
II.4.9. Avantages du NGN	**33**
II.5. Description de l'équipement MSAN	**33**
II.5.1. Les services offerts par l'MSAN	**35**
II.5.2. Architecture du MSAN dans le réseau NGN	**35**
II.5.3. Le rôle de MSAN dans un modèle NGN	**36**
II.5.4. Les différents types des MSAN	**36**
Conclusion	**37**
Chapitre III : Etude du réseau FTTH GPON	
Introduction	**39**
III.1. Les réseaux d'accès FTTx	**39**
III.1.1. Types d'architectures dans les réseaux FTTx	**39**
III.1.2. Topologies dans l'architecture FTTH	**40**
a. Point à point	**41**
b. Point à multipoints	**41**
III.2. Technologie GPON	**42**
III.2.1. Etude des éléments d'un réseau GPON	**43**
a. Eléments actifs	**43**
b. Eléments passifs	**44**
III.2.2. Caractéristiques du GPON	**44**
III.2.2.1. Débit et bande passante dans une architecture GPON	**45**
III.2.2.2. L'allocation dynamique de bande passante(DBA)	**45**
III.2.2.3. T- CONT	**47**
III.2.2.4. Les V-LAN	**47**
III.2.2.5. Sécurité	**48**
III.2.3. L'architecture protocolaire dans un réseau FTTH à technologie GPON	**49**
a. La couche PMD	**49**
b. La couche de convergence de transmission TC	**50**

c. Le protocole GEM	**50**
III.2.4. La couche MAC	**50**
III.2.5. Correction d'erreur	**50**
III.2.6. La phase Ranging	**51**
III.2.7. L'activation de l'ONT	**51**
III.3. La variante XGPON1	**52**
Conclusion	**53**
Chapitre IV : Simulation et résultats	
Introduction	**55**
IV.1. Bilan de liaison	**55**
IV.1.1. La portée maximale	**55**
IV.1.2. Calcul des pertes de liaison	**56**
a- Scénario 1 réseau FTTH GPON (pavillon)	**56**
b- Scénario 2 réseau distribué	**59**
IV.2. Simulation de réseau FTTH GPON	**62**
IV.2.1. Présentation du logiciel Optisystem	**62**
IV.2.2. Conception d'une liaison optique	**63**
IV.2.3. Avantages du logiciel Optisystem	**64**
IV.2.4. Application du logiciel Optisystem	**64**
IV.2.5. Critères de qualité d'une transmission	**64**
IV.2.5.1. Le facteur de qualité Q	**65**
IV.2.5.2. Le taux d'erreur binaire (BER)	**65**
IV.2.5.3. Le diagramme de l'œil	**65**
IV.2.6. La simulation du réseau FTTH GPON de la cité PROMOTION EL-ITKANE FOES	**66**
IV.2.6.1. Le sens descendant	**67**
IV.2.6.2. Le sens montant	**71**
IV.2.6.3. Etude des performances d'un réseau FTTH GPON	**73**
IV.2.6.3.1. L'influence de la longueur d'onde	**73**

IV.2.6.3.2. L'influence de la distance	**75**
IV.2.6.3.3. Effet d'atténuation sur le facteur Q	**77**
Conclusion	**79**
Conclusion générale	**81**
Références bibliographiques	**84**

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Organigramme d'Algérie Télécom. …… **07**

Figure I.2 : Organigramme (DSI) d'Algérie Télécom…. **08**

Figure II.1 : Structure du réseau RTC…. **13**

Figure II.2 : Entités fonctionnelles de la partie distribution…. **15**

Figure II.3 : Commutateurs semi électroniques. **.....15**

Figure II.4 : Signalisation voie par voie…. **17**

Figure II.5 : Signalisation sémaphore. ……. **18**

Figure II.6 : Communication par le réseau RNIS….**19**

Figure II.7 : Topologie simplifié des technologies xDSL. …….... **21**

Figure II.8 : Architecture en couche d'un réseau NGN…. **25**

Figure II.9 : Le Soft Switch…. **.. 26**

Figure II.10 : La pile protocolaire de H.323…… **... 27**

Figure II.11 : Equipement MSAN……..… **... 34**

Figure II.12 : Services fourni par le MSAN…. **35**

Figure III.1 : Localisation du NRO. …… **40**

Figure III.2 : Réseau de desserte optique jusqu'à un point de distribution. **41**

Figure III.3 : Topologie FTTH point à point (P2P). …. **41**

Figure III.4 : Topologie FTTH en PON. ……..… …**42**

Figure III.5 : Composants du réseau d'accès GPON. ……..... **43**

Figure III.6 : Schéma du réseau GPON. ……..... **44**

Figure III.7 : Allocation de la bande passante selon les différentes architectures……. **46**

Figure III.8 : Schéma de mappage. ……..... **47**

Figure III.9 : Trame de données V-LAN. …. **48**

Figure III.10 : Architecture du réseau d'accès GPON FTTH. …..... …..**49**

Figure III.11 : Le principe de fonctionnement de FEC. …. **51**

Figure III.12 : Exemple d'ONT industriel. …….. **52**

Figure IV.1 : Exemple Synoptique des atténuations du Réseau FTTH..... …..**55**
Figure IV.2 : Liaison optique à un niveau 1: 64. ……..……... **56**
Figure IV.3 : Liaison optique à deux niveaux 1 :2/1 :32. …..... **58**
Figure IV.4 : Liaison optique à deux niveaux 1:8 / 1:8. ……..... **60**
Figure IV.5 : Liaison optique à deux niveaux 1:4 / 1:8. …..... …… **61**
Figure IV.6 : La fenêtre d'OptiSystem. ……...……. ……. **63**
Figure IV.7 : Bibliothèque de composants. ……...…….…… ……. **63**
Figure IV.8 : Interface d'utilisateur graphique (GUI). …...……...…….. **64**
Figure IV.9 : Fenêtre de présentation du Projet en cours. …….**.....** **64**
Figure IV.10 : Les composantes d'un système de communication optique. ……..….....**64**
Figure IV.11 : Le diagramme de l'œil. ……..……..... **67**
Figure IV.12 : Le schéma de déploiement FTTH GPON dans promotion EL ITKANE FOES BOUMERDES. ……..……...……... **67**
Figure IV.13 : Simulation GPON (Sens descendant). ……..……..... **69**
Figure IV.14 : Puissance mesurée. …..... **69**
Figure IV.15 : Diagramme de l'œil (sens descendant). **70**
Figure IV.16 : Simulation GPON (Sens montant). …..**.....71**
Figure IV.17 : Diagramme de l'œil (sens montant**)**….**.....72**
Figure IV.18 : Diagrammes de l'œil en montant pour différentes valeurs de longueurs d'ondes. …….. **74**
Figure IV.19 : Diagramme de l'œil par variation de la distance. …….. **76**
Figure IV.20 : Diagramme de l'œil en fonction de variation d'atténuation…..**78**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.1 : Calcul de l'atténuation totale de la liaison à un niveau1 :64…… **57**

Tableau IV.2 : Calcul de l'atténuation totale de la liaison à deux niveaux 1 :2/1 :32. ….**58**

Tableau IV.3 : Comparaison entre 1 :64 et 1 :2/1 :32. ……. **59**

Tableau IV.4 : Calcul de l'atténuation totale de la liaison à deux niveaux 1 :8/1 :8. .....**60**

Tableau IV.5 : Calcul de l'atténuation totale de la liaison à deux niveaux 1 :4/1 :8. .....**62**

Tableau IV.6 : Comparaison entre les deux scénarios des réseaux distribués. ……**62**

Tableau IV.7 : L'influence de la longueur d'onde. ….....**73**

Tableau IV.8 : L'influence de la distance. …..... **75**

Tableau IV.9 : Effet d'atténuation sur le facteur Q. ……. . **77**

LISTE DES ABREVIATIONS

ADSL : Asymetric Digital Subscriber Line.

DSLAM : Digital Subscriber Line Multiplexer.

GSM : Global System for Mobile.

IETF: Internet Engineering Task Force.

IMS: IP Multimedia Subsystem.

IP : Adresse de Protocole Internet.

ITU: International Telecommunication Union.

LAP D: Link Access Protocol on D.

MGCP: Media Gateway Control Protocol.

MSAN: MultiService Access Node.

PABX: Private Automatic Branch Exchange.

POTS: Plain Old Telephony Systems.

PSTN: Public Switched Telephone Network.

RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Services.

RTCP: Real Time Transport Protocol.

SDP : Session Description Protocol.

SIP : Session Initiation Protocol.

SS7 : Système de Signalisation 7.

TCP : Transmission Control Protocol.

UDP : User Datagram Protocol.

UMTS : Universal Mobile Telecommunications Systems.

VoIP : Voice over IP.

VPS : Virtual Private Server.

WDM: Wavelengh Division Multiplexing.

xDSL: Digital Subscriber Line.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le monde des télécommunications a connu d'importantes évolutions, mais un grand pas a été effectué durant les deux derniers siècles avec le développement des systèmes de transmission sur câbles et sur ondes hertziennes mais la qualité et le débit d'une transmission est resté toujours d'une grande importance.

Initialement, Algérie Télécom utilisait le RTC, qui reposait sur des lignes téléphoniques en cuivre, pour fournir des services de téléphonie traditionnelle et d'accès à Internet à bas débit. Cependant, avec la demande croissante en matière de connectivité haut débit et l'émergence de nouvelles applications numériques, le RTC ne pouvait plus répondre aux besoins des utilisateurs.

Pour améliorer la qualité de service et répondre aux exigences de vitesse et de bande passante, Algérie Télécom a déployé le réseau NGN (Next Generation Network**)** via MSAN (Multi-Service Access Node) en utilisant des infrastructures basées sur le cuivre. Ce réseau NGN a permis le développement de multiples services regroupés sous une interface unique. Bien que le NGN semblait capable de fournir une diversité de services multimédias et un accès haut débit grâce aux technologies xDSL, celles-ci ont rapidement atteint leurs limites en termes de débit et de portée face à l'émergence de services tels que l'IPTV, les jeux en ligne et la visioconférence. De plus, les inconvénients du support en cuivre ont incité les opérateurs à rechercher une alternative de transmission.

Dans ce contexte, Algérie Télécom a investi dans l'utilisation de la fibre optique comme support de transmission. Comparée au cuivre, la fibre optique offre une bande passante essentielle et une atténuation très limitée du signal transmis sur de longues distances.

Dans le but de mettre à jour ses infrastructures, Algérie Télécom a déployé un nouveau réseau de télécommunications physique qui permet notamment l'accès à Internet à très haut débit et dans lequel la fibre optique se termine au domicile de l'abonné, c'est Le FTTH qui utilise la technologie GPON (Gigabit Passive Optical Network) pour offrir une qualité de service répondant aux attentes des clients. L'objectif de notre travail est d'analyser les performances du réseau FTTH GPON sous logiciel Optisystem, en évaluant des aspects tels que la qualité de service. L'analyse de ces performances contribuera à une meilleure compréhension du réseau.

Ce mémoire présente une étude théorique et pratique organisée en quatre chapitres. Le premier chapitre se concentre sur la présentation de l'organisme d'accueil d'Algérie Télécom,

Le deuxième chapitre aborde les généralités des réseaux d'accès NGN MSAN. Le troisième chapitre traite de la solution FTTH GPON ainsi que des services qu'elle propose. Enfin, le quatrième chapitre se focalise sur le calcul du bilan optique pour plusieurs scénarios, l'analyse des performances d'un réseau FTTH GPON, et leur simulation sur le logiciel OptiSystem.

Chapitre 1

Présentation de L'organisme d'accueil d'Algérie Télécom

I. Présentation de l'organisme d'accueil :

I.1. Historique :

Algérie Télécom est leader sur le marché Algérien des télécommunications qui connait une forte croissance. Offrant une gamme complète de services de voix et de données aux clients résidentiels et professionnels.

Algérie Télécom, est une société par actions à capitaux publics opérant sur le marché des réseaux et services de communications électroniques.

Sa naissance a été consacrée par la loi 2000/03 du 5 août 2000, fixant les règles générales relatives à la poste et aux télécommunications ainsi que les résolutions du conseil national aux participations de l'Etats (CNPE) du 1er Mars 2001 portant création d'une Entreprise Publique Economique dénommée « Algérie Télécom ».

Algérie Télécom est donc régie par cette loi qui lui confère le statut d'une entreprise publique économique sous la forme juridique d'une société par actions SPA au capital social de 61.275.180.000Dinars et inscrite au centre du registre de commerce le 11 mai 2002.

Entrée officiellement en activité à partir du 1er janvier 2003, elle s'engage dans le monde des Technologies de l'Information et de la Communication avec trois objectifs :

- Rentabilité.
- Efficacité.
- Qualité de service.

Son ambition est d'avoir un niveau élevé de performance technique, économique, et sociale pour se maintenir durablement leader dans son domaine, dans un environnement devenu concurrentiel. Son souci consiste, aussi, à préserver et développer sa dimension internationale et participer à la promotion de la société de l'information en Algérie.

I.2. Missions et Objectifs :

L'activité majeure d'Algérie Télécom est de :

- Fournir des services de télécommunication permettant le transport et

- L'échange de la voix, de messages écrits, de données numériques, d'informations audiovisuelles.
- Développer, exploiter et gérer les réseaux publics et privés de télécommunications.
- Etablir, exploiter et gérer les interconnexions avec tous les opérateurs des réseaux.

Algérie Télécom a, dans le cadre du renforcement et de la diversification de ses activités, mis en œuvre un plan de filialisation des activités liées au mobile et satellite qui s'est traduit par sa transformation en groupe auquel sont rattachées trois filiales :

- Algérie Télécom Mobile ATM **(Mobilis)** société par actions au capital social de 100.000.000 DA, pour la téléphonie mobile.

- Algérie Télécom Satellite ATS **(RevSat)**, société par actions au capital social de 100.000.000 DA, pour le réseau satellitaire.

- Algérie Télécom Internet ATI (**Djaweb**), pour le réseau internet.

Algérie Télécom a comme activité principale la téléphonie fixe et pour laquelle elle est actuellement en position de monopole. Elle intervient aussi dans le mobile avec sa filiale mobilis, via les satellites : VSAT, INMARSAT, GMPCS Thuraya. Et dans l'internet : voix sur IP et ADSL, et elle offre des services de base tels que la consultation de pages web, transfert de fichiers FTP, …etc. à travers DJAWEB.

Elle offre encore des services de transmissions de donnée 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.

- **Objectifs de l'activité :**

Algérie Télécom est engagée dans le monde des technologies de l'information et de la communication avec les objectifs suivants :

- Accroître l'offre de services téléphoniques et faciliter l'accès aux services de

télécommunications au plus grand nombre d'usagers, en particulier en zones rurales.

- Accroître la qualité de services offerts et la gamme de prestations rendues et rendre plus compétitifs les services de télécommunications.

- Développer un réseau national de télécommunication fiable et connecté aux autoroutes de l'information.

- **Réseau de transmission :**

Algérie Télécom utilise un réseau national de transmissions numériques composé de 23.262 Km de câbles à fibres optiques, dont 1.262 Km en câbles sous-marins et 34.500Km de faisceaux hertziens numériques.

- **Réseau commercial :**

En plus de son propre réseau commercial composé de 95 agences (y compris celles de Mobilis), 145 divisions commerciales et plus de 22.000 kiosques multi services (KMS), Algérie Télécom utilise le réseau

D'Algérie Poste (3.500 points de ventes), Gécos (provider), ANEP messagerie et GTS Phone, qui devient en Janvier 2005 distributeur officiel du premier opérateur detéléphonie mobile en Algérie MOBILIS.

I.3. Organisme d'accueil :

Algérie Télécom est organisée en Divisions, Directions Centrales, Directions Régionales, et Opérationnelles de télécommunication où il y a 13 directions régionales, et 53 directions opérationnelles distribués sur tous le territoire national dont trois à Alger (voir figure I.16) et deux à Constantine.

PDG : **P**résident **D**irecteur **G**énéral.

DGA : **D**irecteur **G**énéral **A**djoint.

Div : Division.

Dir : Direction.

DRT : **D**éligation **R**égionale des **T**élécomunications. **DOT : D**irection **O**pérationnelle des **T**élécomunications.

Organigramme Général d'Algérie Telecom :

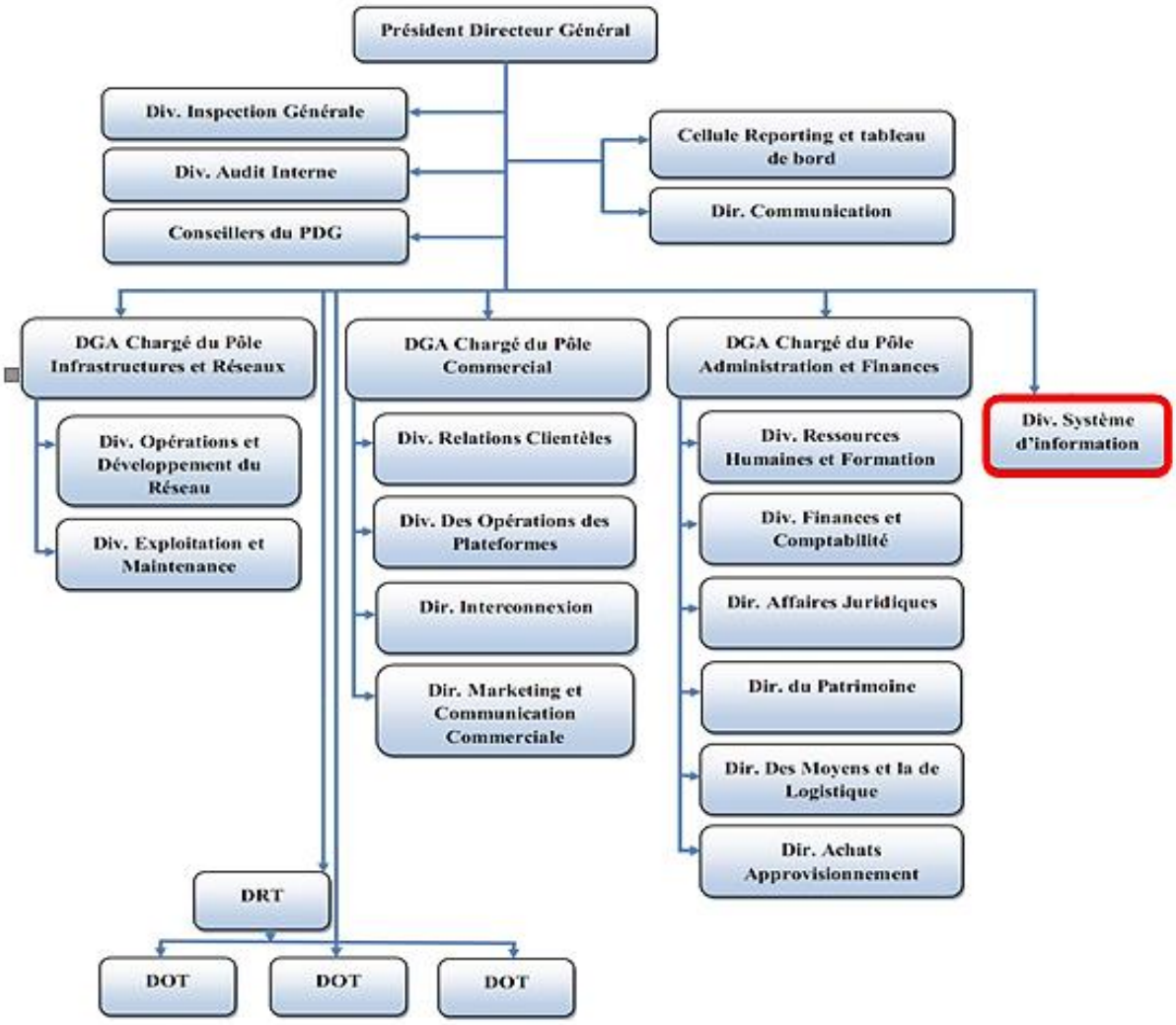


Figure I.1 : Organigramme d'Algérie Télécom.

I.4. Présentation de la structure d'accueil :

I.4.1. Présentation de la structure encadrée (Division des Systèmes d'Information) :

La Division des Systèmes d'Information (DSI) d'Algérie Télécom est une division de services informatiques, qui a pour mission de fournir à l'entreprise des systèmes d'information de

pointes, couvrant l'ensemble de ses activités.

La Division des Systèmes d'Information a pour missions principales :

- Faire évaluer et évoluer l'infrastructure informatique interne de l'entreprise.
- Veiller à la pérennité des applications de gestion et à leur intégration dans le système d'information global de l'entreprise.
- Assurer le support aux utilisateurs des systèmes d'information de l'entreprise et du matériel informatique utilisé (Dans tout le territoire national).
- Gérer et maintenir le tissu informationnel de l'entreprise, en mettant à disposition l'information nécessaire sous tous ses aspects (Archivage, Data base, portails, ainsi que les documents techniques), aux différents acteurs de l'organisation.
- Proposer des solutions et services, dans le domaine des systèmes d'information, pour les clients internes.

Organigramme de la DSI :

L'organigramme suivant nous décrit la composition de la DSI (voir figure 1.17)

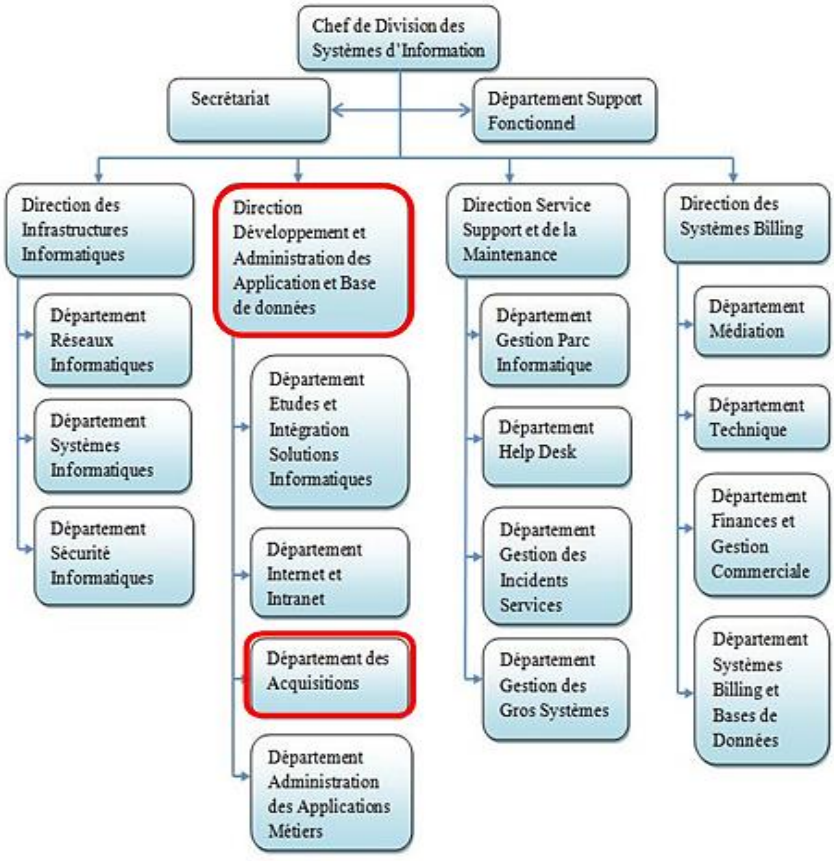


Figure I.2 : Organigramme (DSI) d'Algérie Télécom.

I.4.2. Présentation de la structure métier (Direction Centrale du Patrimoine) :

La direction centrale du patrimoine a notamment pour missions :

- La préservation et le développement du patrimoine de l'entreprise régularisation des biens avec les organismes étatique).
- L'élaboration et la mise en œuvre des procédures légales et règlementaires de gestion du patrimoine, les réformes et les ventes aux enchères.
- La tenue d'une base de documentation nationale des documents de l'entreprise.

- Préparation des dossiers de réformes du matériels, mobilier, équipements et véhicules pour les soumettre à la commission centrale chargée de la réforme.

- La réglementation, la conservation et la gestion de la sécurité des archives de l'Entreprise.

- La définition des couvertures d'assurances appropriées au patrimoine de l'Entreprise.

- La définition des dispositions relatives aux contrats d'assurances conclus avec l'assureur.

- Le suivi de l'évolution des textes juridiques, information et conseil aux structures de l'Entreprise sur leur application.

I.5. Conclusion :

Notre stage de fin d'étude s'est déroulé au niveau de la DG Algérie Télécom (SPA).

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'organisme d'accueil et nous avons abordé en général les activités et la structure d'Algérie Télécom.

Le chapitre suivant sera consacré à l'étude du réseau NGN MSAN afin de déterminer pourquoi le passage vers la fibre est une nécessité.

Chapitre 2

Evolution des réseaux d’accès

Introduction :

Les réseaux traditionnels de téléphonie fixe des opérateurs historiques sont basés sur la commutation de circuits entre les lignes d'abonnés d'une part, et sur une organisation hiérarchique des commutateurs selon différentes zones d'appels, d'autre part. De plus, ce réseau de téléphonie cohabite avec un ou plusieurs réseaux dédiés au transport de données.

Le présent chapitre présente dans un premier temps, l'architecture du réseau téléphonique commuté existant, les services et de technologies que peut offrir ce réseau d'accès ainsi que ses limitations. Ensuite, nous détaillerons le concept NGN comme tendance pour remédier à ces problèmes.

II.1. Réseau téléphonique commuté :

Le RTCP (Réseau Téléphonique Commuté Publique) ou couramment appelé RTC ou encore PSTN (public switched télécommunication network) constitue un des plus grands réseaux au monde avec plusieurs centaines de millions d'abonnés.

II.1.1. Définition :

Les réseaux téléphoniques fixes traditionnels "Réseau téléphonique commuté (RTC)" sont basés sur la commutation de circuit (également appelée transmission TDM). Ils se définies comme suit :

Il s'agit du réseau téléphonique classique. Le terme commuté vient du fait que les communications sont rendues possibles grâce à des commutateurs automatiques, dispositifs assurant une liaison temporaire entre deux personnes. [1]

C'est le réseau fixe de la voix, il utilise la commutation de circuits pour acheminer le signal de la parole des abonnées, équipés par des commutateurs, des répartiteurs de câbles, des supports de transmission et des terminaux de téléphonie fixe. [2]

Le débit du RTC est de 56Kb/s théoriquement mais en pratique il ne peut être supérieur du 48kb/s avec une bande passante de [300 3400] Hz. [2]

Le réseau RTC est basé sur la hiérarchie donnée par le schéma suivant : [3]

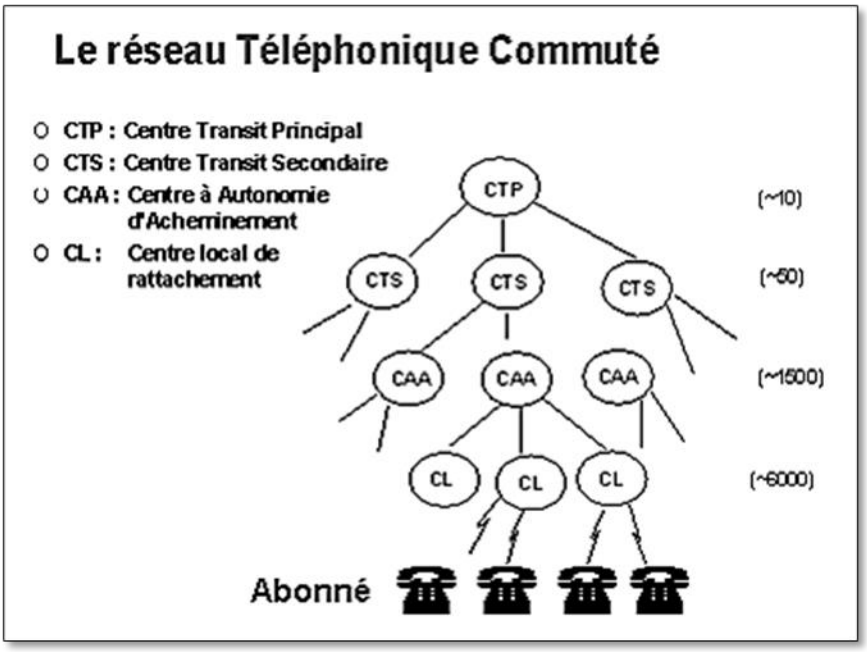


Figure II.1 : Structure du réseau RTC. [5]

II.1.2. Principe de fonctionnement : [4]

Le RTC st le réseau mis à la disposition des abonnés. A l'origine, il a été prévu essentiellement pour le transport de la voix. Aussi, sa bande passante - c'est-à-dire la bande de fréquences qu'il accepte a pu être limitée entre 300 Hz et 3400 Hz. Elle utilise comme support des lignes téléphoniques (cuivre) sur lesquelles transite un courant analogue aux signaux sonores.

Une liaison téléphonique élémentaire est constituée par :

- Deux dispositifs émetteur-récepteur appelés postes téléphoniques,
- Une ligne bifilaire acheminant les signaux (paire torsadée),
- Une source d'énergie électrique (E).

La tension continue nécessaire à l'alimentation des postes téléphoniques est fournie par une source installée au central téléphonique (batterie centrale).Le réseau téléphonique à commutation est le réseau de télécommunication standard. Il transmet de manière analogique (la voix).

Lorsqu'un abonné décroche son téléphone et compose un numéro, celui-ci est envoyé au commutateur local (CL) dont l'abonné dépend. Le commutateur de l'appelant détermine alors

l'autocommutateur auquel est relié le destinataire. Il établit alors une connexion avec ce central et le téléphone du destinataire sonne. Les utilisations du téléphone ont évoluées alors que ce standard est très ancien (Au début, il n'y avait pas de commutation électronique, des opératrices assuraient la connexion. Ce mode portait un autre nom mais les méthodes de transmissions étaient quasiment similaires) ce qui fait qu'il est peu adapté à la connexion à Internet, au visiophone et autres nouvelles technologies. Les transmissions sont assez faibles et pas très stables. En V90, la vitesse atteinte est de 56 Kbps en théorie et 48 Kbps dans la pratique.

II.1.3. Organisation du RTC :

Le RTC est organisé en trois sous-parties :

a. La distribution :

C'est la partie du réseau qui permet de relier les abonnés au commutateur le plus proche. Le réseau de distribution est essentiellement analogique. [5]

Cette partie contient l'ensemble des moyens et techniques pour relier le poste téléphonique au commutateur le plus proches, elle est constitué des entités suivantes : [6]

Poste téléphonique : c'est le téléphone fixe de l'abonné.

Câble de branchement : c'est une ligne bifilaire téléphonique qui relie l'abonné au centre de rattachement.

Point de concentration : c'est un mini répartiteur placé sur poteau ou en abris souterrain, il regroupe les paires téléphoniques en paquets de 7 ou 14 paires.

Sous répartiteur : il a le même rôle que le PC mais avec des paquets plus volumineux, jusqu'à 1500 paquets.

Câble de distributions : relie le point de concentration avec le sous répartiteur ; il contient un certain nombre de paires, de calibres généralement normalisés ; on trouve pour 14, 28, 56, 112, 244, 448 paires de calibres 0.4, 0.6, ou 0.8 mm.

Câble de transport : c'est un câble de distribution mais avec une capacité importante, il peut atteindre jusqu'à 2688 pairs.

Répartiteur : c'est un équipement en sous-sol du centre du rattachement qui relie les câbles de transport avec le commutateur.

Commutateur : il assure la connexion de la ligne de l'abonné demandeur à celle de l'abonné demandé durant le temps de leur communication téléphonique.

Centre de modulation et démodulation : constitué par les modules de modulation et démodulation des signaux, selon le type de support de transmission utilisé (câble coaxial, fibre optique, satellite, etc).

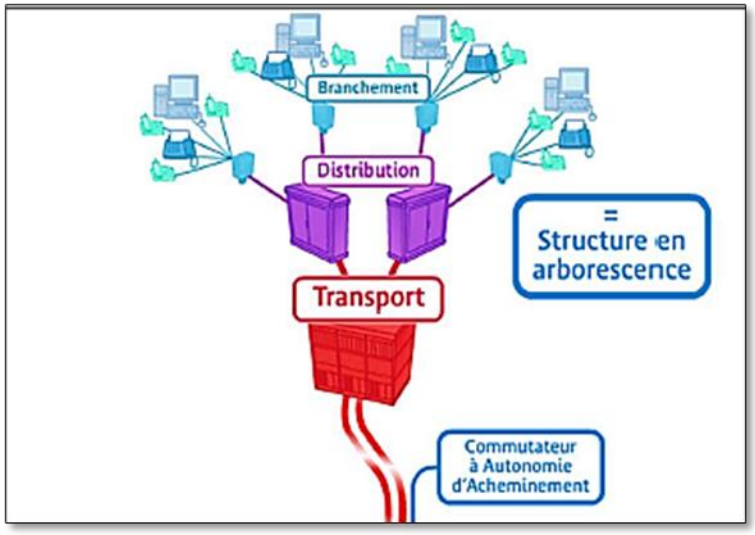


Figure II.2 : Entités fonctionnelles de la partie distribution. [7]

b. La commutation :

C'est la partie la plus importante dans la structure de RTC, composé par l'ensemble des commutateurs de circuits [6], elle permet la mise en relation des abonnés en leur allouant des ressources, des circuits temporaires. [5]

Figure II.3 : Commutateurs semi électroniques. [8]

Il y a deux types des commutateurs :

- Commutateurs d'abonnés.

- Commutateurs de transits.

- **Commutateurs d'abonnés :**

Les commutateurs d'abonnées permettent de rattacher les abonnées : [9]

- CL (Commutateur Local) : c'est un commutateur d'analyse de numérotation des abonnées associé à ce CL.

- CAA (Commutateur a Autonomie d'Acheminement) : un CAA contient plusieurs CL, il analyse les numéros et choisit un faisceau pour acheminer l'appel.

- CTS (Commutateur de Transit Secondaire) : Au-dessus des CAA. Il assure le transit du trafic de tous les CAA rattachés sur lui.

- **Commutateurs de transits :**

Les commutateurs de transits permettent de connecter les commutateurs qui n'ont pas de liaison entre eux : [9]

- CTP (Commutateur de Transit Principales) : Le CTP est au sommet de la hiérarchie nationale. Tous les CTP sont reliés deux à deux entre eux.

- CTI (Commutateur de Transit International) : Il assure le transit du trafic international.

c. La transmission :

Partie du réseau qui permet de relier les commutateurs entre eux. Les principaux supports sont : paires de cuivres, les fibres optiques, les faisceaux hertziens. Un support physique peut transporter plusieurs communications. Le réseau de transmission est entièrement numérique. [9]

II.1.4. La signalisation dans le RTC :

La signalisation concerne toutes les informations échangées par les commutateurs pour établir et superviser les communications téléphoniques. [10] Les informations de la signalisation sont acheminées sous forme de messages caractérisés par des paquets de donnés à débit élevé. [11]

Il y a 2 sortes de signalisation :

- Signalisation en bande de base (voie par voie)

- Signalisation par canal sémaphore.

a. La signalisation en bande de base (voie par voie) :

La signalisation en bande de base est la méthode qui a été utilisée par le réseau téléphonique traditionnel. Les signaux permettant d'établir un appel entre deux commutateurs s'effectuaient toujours dans le même canal que le transport de la voix. La signalisation prenait la forme d'une série d'impulsions multifréquences (MF), un peu comme la tonalité de composition du numéro entre les commutateurs. [11]

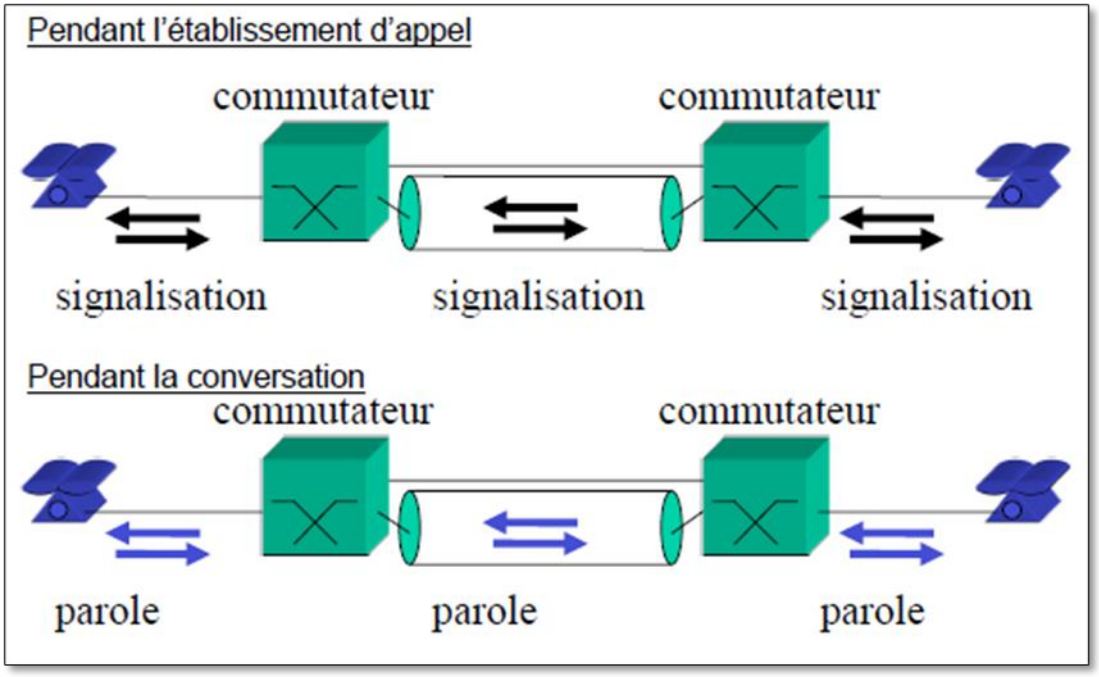


Figure II.4 : Signalisation voie par voie. [5]

b. La signalisation par canal sémaphore :

On appelle signalisation « par canal sémaphore » ou «par canal commun» une méthode dans laquelle les signalisations relatives à un nombre élevé de conversations sont écoulées dans un canal de transmission numérique spécialement réservé à la signalisation. [12]

Le principal système a été normalisé à l'ITU (recommandations Q700) et est appelé SS7 (Signalisation Sémaphore 7) ou CCITT n°7 ou CCS7 (Common Channel Signalling System number 7). [5]

La signalisation ne s'effectue pas sur le même canal de communication que la conversation. Elle permet le transport d'une quantité de données plus importantes et à des débits plus élevés. [10]

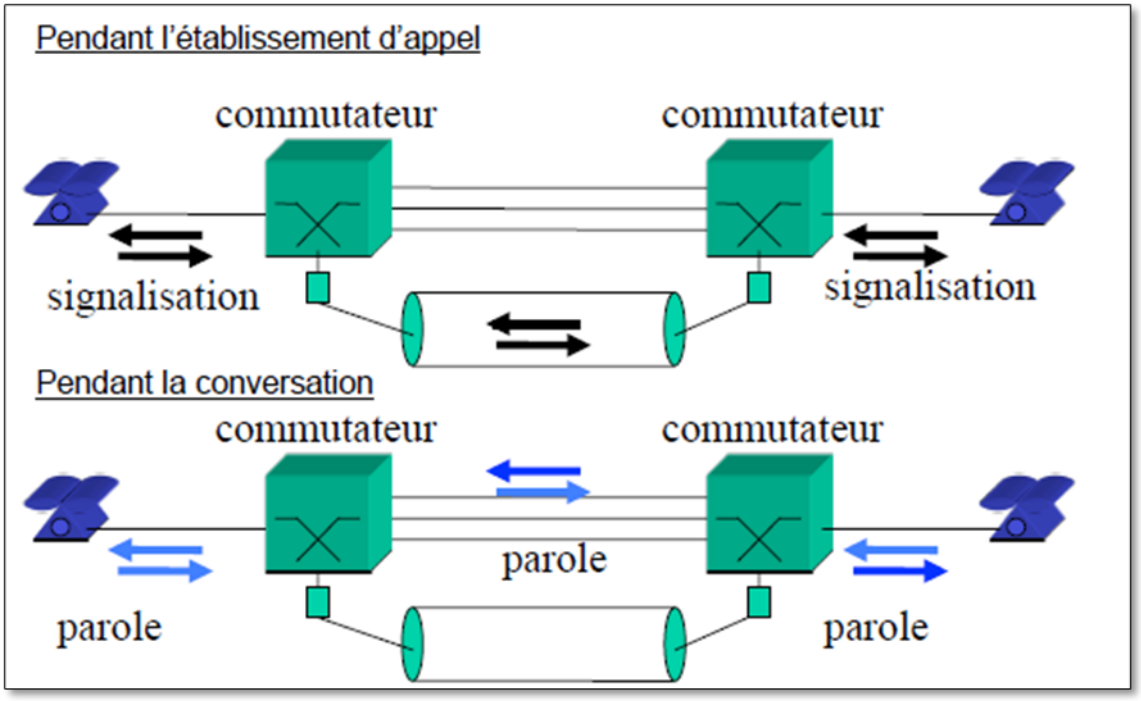


Figure II.5 : Signalisation sémaphore. [5]

II.1.5. Avantages et inconvénients du RTC :

Parmi les avantages du réseau RTC : [13]

- C'est un réseau commuté point à point ce qui va éviter la recomposition du numéro lorsqu'un établissement d'appel.

- Il est full duplex c'est-à-dire que les deux utilisateurs de la même liaison peuvent émettre et recevoir en même temps.

- C'est un réseau étendu géographiquement et internationale.

Et parmi ces inconvénients : [13]

- Le réseau téléphonique commuté est un réseau analogique

- Son débit est très faible (56kb/s théoriquement et 48 kb/s pratiquement).

- Bande passante limité (entre 300Hz et 3400Hz).

- Phénomène de diaphonie.

II.2. L'évolution de la téléphonie RNIS :

Contrairement au réseau analogique RTC, le RNIS en anglais ISDN (Integrated Services Digital Network) est un Réseau Numérique à Intégration des Services pour la téléphonie et d'autres services de données comme la visioconférence, le fax, transmission d'image, les mini messages, etc. [14]

Le RNIS n'est pas un nouveau réseau entrant en concurrence avec les anciens. Il s'agit d'un développement du réseau téléphonique classique RTC qui intègre l'ensemble des infrastructures de transport de données déjà existantes sous une seule interface. [15]

II.2.1. Définition :

Le RNIS a été introduit en 1979, pour définir l'idée d'intégration de services : une seule connexion pour toutes les applications. Donc ce réseau est conçu pour transporter les données (la voix, les images, les fax, ...) séparément des informations de signalisation, il permet la transmission de ces services sur le même canal de données simultanément. [15]

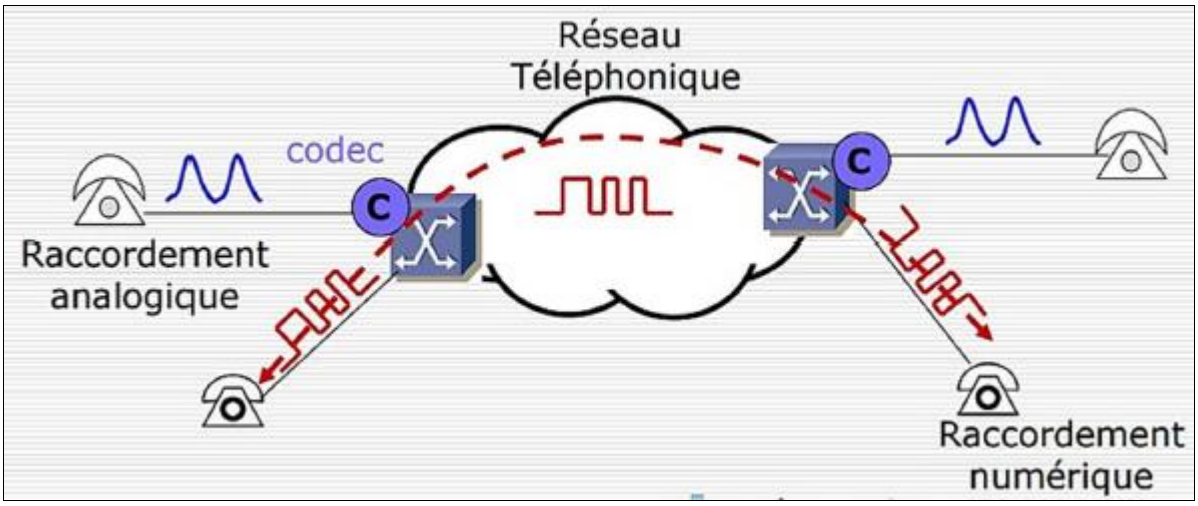


Figure II.6 : Communication par le réseau RNIS. [16]

II.2.2. Avantages et inconvénients de RNIS :

a. Avantages :

- L'avantage major de réseau RNIS en termes de fonctionnement est la séparation entre le signal de données de l'usager et le signal de la signalisation, ce réseau fonctionne avec deux canaux logiques : [16]

Canal B : ce canal est dédié pour transmettre les données de l'utilisateur, il utilise la commutation de circuit avec un débit de 64 Kbit/s.

Canal D : le rôle de ce canal est de véhiculer les informations de signalisation avec un débit de 16 Kbit/s ou 64 Kbit/s, il est basé sur la commutation par paquet. Le canal D fonctionne principalement à l'aide de protocole LAP D.

- Bande passante jusqu'à 4 fois supérieure à celle du RTC.

- Pas de variation de la qualité de la ligne.

- Possibilité d'utiliser une ligne pour téléphoner et transférer des fichiers simultanément.

- Plusieurs PC peuvent utiliser la même ligne RNIS simultanément. [17]

b. Inconvénients :

- Installation plus complexe (installation de l'accès numérisé, câblage du réseau, configuration logicielle des PC, paramétrage du routeur RNIS). [17]

- Son débit est limité par rapport les nouvelles technologies de téléphonie

- Pas de connexion permanente.

- Les frais de la mise en service sont assez élevés. [18]

II.3. Les technologies xDSL :

La ligne d'abonnés numérique "Digital Subscriber Line" (Ligne numérique d'abonné), DSL ou xDSL est un moyen de communication basées sur le transport d'informations sur la ligne téléphonique cuivre. Le signal se propage dans les larges bandes de fréquences hautes, inutilisées par le transport de la voix en téléphonie traditionnelle. [19]

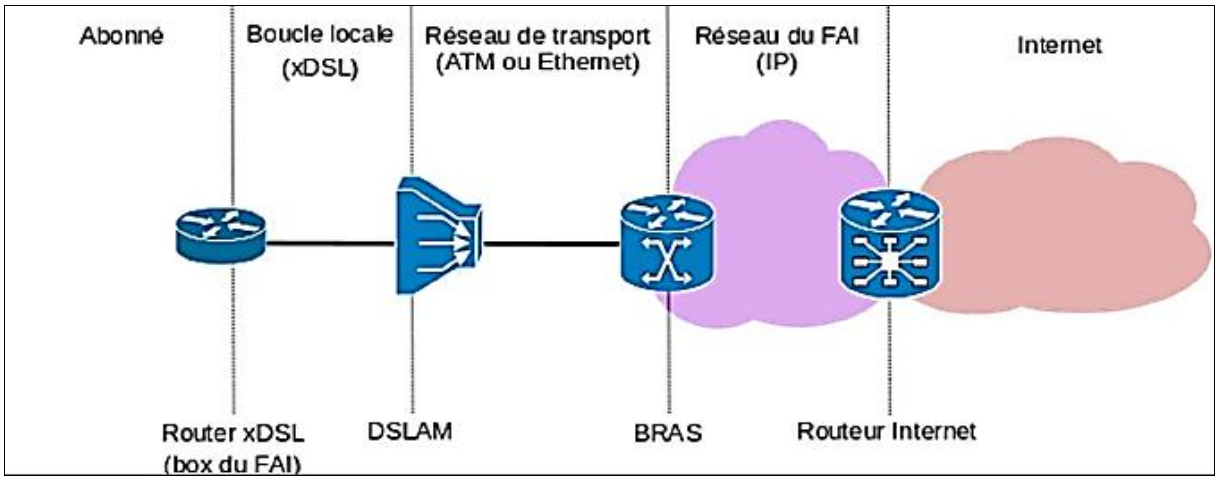


Figure II.7 : Topologie simplifié des technologies xDSL. [19]

II.3.1. Définitions des différentes technologies :

a. HDSL :

La technologie HDSL (High bit rate DSL) est une technique de transmission bidirectionnelle et symétrique, elle a été conçue essentiellement pour des besoins professionnels. Ces caractéristiques sont typiquement destinées à des applications d'entreprise comme le courrier électronique, les transferts de fichiers, et même la vidéoconférence, pour lesquels la quantité de données émises et reçues est à peu près la même, la particularité de cette technologie DSL est qu'elle nécessite d'utiliser plusieurs paires de fils. [20]

b. SDSL :

Le SDSL (symetric DSL) permet des débits symétriques. Sa portée est cependant plus réduite que celle de l'ADSL en utilisant une seule paire de cuivre : pour un débit de 2 Mbit/s, la ligne ne doit pas faire plus de 2km, contre 3,5km en ADSL. Il est adapté aux applications qui ont autant besoin d'envoyer que de recevoir des données et qui ne sont pas trop éloignés du répartiteur téléphonique. [19]

c. ADSL :

La technologie ADSL a pour caractéristique principale de fonctionner avec des courants montant et descendant possédant des débits différents, soit des débits asymétriques. C'est la plus populaire des technologies DSL. Elle assure un débit plus important dans la direction du commutateur public vers l'abonné qu'en sens inverse. [21]

d. RADSL :

La technique RADSL (Rate Adaptative DSL) fondée sur l'ADSL est susceptible d'adapter le débit du modem à des vitesses de replis, quand la qualité de transmission de la ligne se dégrade. La caractéristique de la technique asymétrique est de mettre en action des mécanismes de replis qui permettent l'adaptation du débit aux ratés physiques intervenue sur le canal. Pour une longueur maximale de boucle locale de 5,4 km, la RADSL permettrait des débits ascendants de 128 Kbps à 1Mbps et des débits descendants de 600Kbps à 7Mbps. [22]

e. ADSL 2+ :

L'ADSL 2+ est une évolution technique de l'ADSL. Elle permet d'atteindre des débits plus rapides que ceux de l'ADSL simple en utilisant plus de fréquences porteuses pour les données. La vitesse maximum théorique d'une ligne en ADSL 2+ est de 25 Mbps. [23]

f. VDSL :

Le VDSL « Very High bit-rate DSL », soit la DSL à très haut débit. Cette technologie est asymétrique et permet d'obtenir des débits de 13 à 52Mbps en courant descendant et de 1.5 à 2.3Mbps en courant montant dans une simple paire cuivrée. [21]

II.3.2. Les DSLAM :

Digital Subscriber Line Access Multiplexer. C'est un multiplexeur qui récupère le trafic de données, issu de l'utilisation des technologies DSL (internet haut débit, télévision par ADSL, VoIP…), transitant sur les lignes téléphoniques qui lui sont raccordées, après que ce trafic a été séparé du trafic de voix issu de la téléphonie classique, grâce à un filtre. Vis à vis de chaque abonné, le DSLAM apparaît comme un modem ADSL. [24]

II.4. Migration vers les réseaux NGN :

NGN ou Next Generation Network en anglais (littéralement "Réseau de Nouvelle Génération") est une expression fréquemment employée dans l'industrie des télécommunications. Le réseau de nouvelle génération est le premier système convergent et qui s'interconnecte avec toutes les autres technologies fixes et mobiles, d'une façon fiable et souple. [25]

Le sens varie en fonction du contexte et du domaine d'application. Toutefois, le terme désigne le plus souvent le réseau d'une compagnie de télécommunications dont l'architecture repose

sur un plan de transfert en mode paquet, capable de se substituer au réseau téléphonique commuté et aux autres réseaux traditionnels. [26]

II.4.1. Pourquoi le NGN ?

Le réseau de nouvelle génération (NGN), est une évolution dans le réseau cœur de la téléphonie fixe développé dans les années 1990 par l'Union internationale des télécommunications (UIT) pour améliorer les performances du réseau, et migrer de la commutation de circuits vers la commutation du paquet. Cette infrastructure est basé sur IP elle fonctionne avec des différents protocoles de signalisation de la voix sur IP. Les NGN sont conçus pour être compatible avec les nouveaux services à haut débit. [25]

Un concept qui a été développé pour prendre en considération les nouvelles réalités dans le monde des télécommunications qui sont : la concurrence accrue entre les opérateurs, la croissance du trafic de type "digital", l'utilisation toujours plus importante d'Internet, la demande croissante pour des services multimédias, le besoin de mobilité généralisée et la convergence des services et réseaux de type fixe et mobile. [27]

II.4.2. Architecture du réseau NGN :

L'architecture NGN introduit un modèle en couches, qui scinde les fonctions et les équipements responsables du transport du trafic et du contrôle. Il est possible de définir un modèle architectural basé sur cinq couches successives : [28]

La couche d'accès : regroupe les fonctions et les équipements permettant de gérer l'accès des équipements utilisateurs au réseau, selon la technologie d'accès (téléphonie commutée, DSL, câble). Cette couche inclut par exemple, les équipements DSLAM fournissant l'accès DSL.

La couche de transport : est responsable de l'acheminement du trafic voix ou données dans le cœur de réseau, selon le protocole utilisé. L'équipement important à ce niveau dans une architecture NGN est le Media Gateway (MGW) responsable de l'adaptation des protocoles de transport aux différents types de réseaux physiques disponibles (RTC, IP, ATM, …).

La couche de contrôle : gère l'ensemble des fonctions de contrôle des services en général, et de contrôle d'appel en particulier pour le service voix. L'équipement important à ce niveau dans une architecture NGN est le serveur d'appel appelé « softswitch », qui fournit, dans le cas de services vocaux, l'équivalent de la fonction de commutation dans un réseau NGN.

La couche d'exécution des services : regroupe l'ensemble des fonctions permettant la fourniture de services dans un réseau NGN. En termes d'équipements, Cette couche regroupe deux types d'équipement : les serveurs d'application (ou application servers) et les « enablers », qui sont des fonctionnalités, comme la gestion de l'information de présence de l'utilisateur, susceptibles d'être utilisées par plusieurs applications. Cette couche inclut généralement des serveurs d'application SIP, car SIP (Session Initiation Protocol) est utilisé dans une architecture NGN pour gérer des sessions multimédias en général, et des services de voix sur IP en particulier.

La couche applications : pour les différents services et applications susceptibles d'être offerts dans une architecture NGN. Il peut naturellement s'agir des services IP, mais les opérateurs s'attacheront aussi à supporter les services vocaux existants de réseau intelligent (renvoi d'appel, etc.) dans le cadre d'une migration vers une architecture NGN. Cette couche applications regroupe aussi l'environnement de création de services, qui peut être ouvert à des fournisseurs de services tiers. Le développement d'applications s'appuie sur les serveurs d'application et les « enablers» de la couche d'exécution des services.

Ces couches sont indépendantes et communiquent entre elles via des interfaces ouvertes. Cette structure en couches est sensée garantir une meilleure flexibilité et une implémentation de nouveaux services plus efficace. La mise en place d'interfaces ouvertes facilite l'intégration de nouveaux services développés sur un réseau d'opérateur, mais peut aussi s'avérer essentielle pour assurer l'interconnexion d'un réseau NGN avec d'autres réseaux qu'ils soient NGN ou traditionnels.

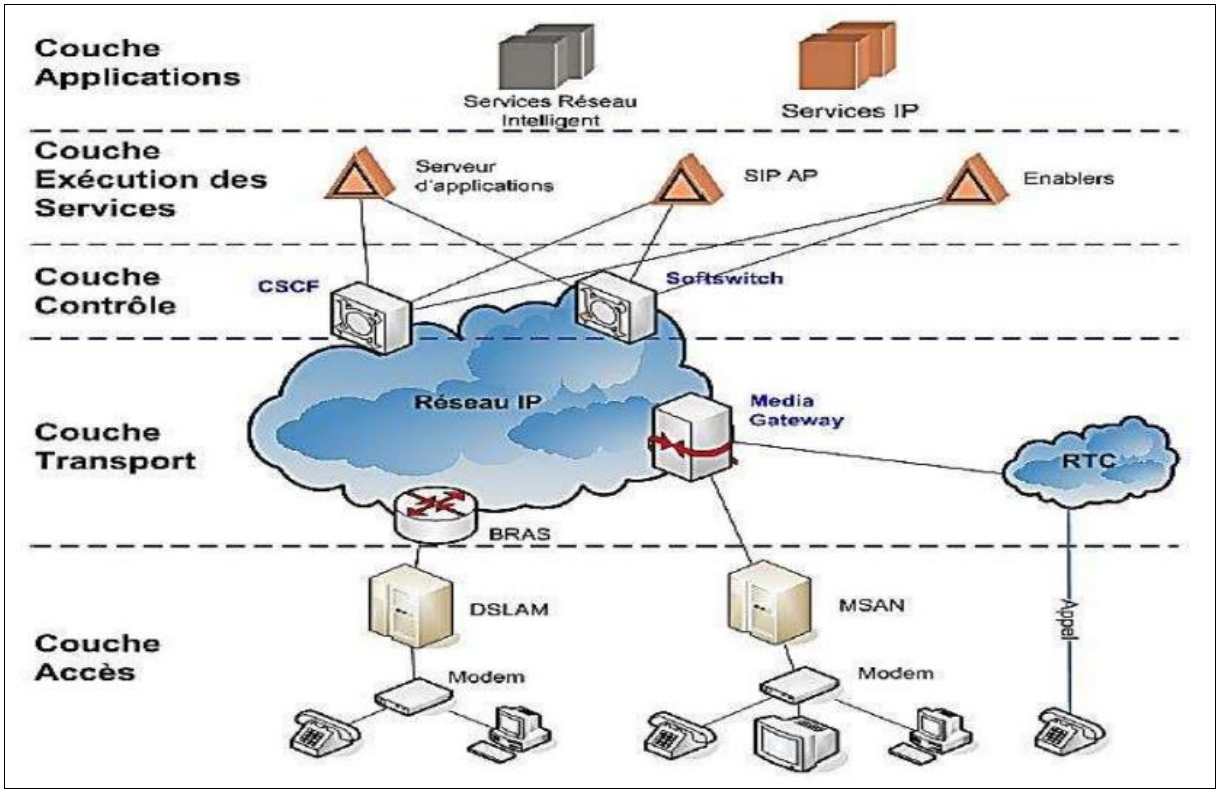


Figure II.8 : Architecture en couche d'un réseau NGN. [28]

II.4.3. Les entités fonctionnelles du réseau NGN :

a. Le Soft Switch ou MGC :

C'est l'équipement intelligent du réseau NGN, Dans une infrastructure NGN, un softswitch n'est autre qu'un serveur informatique, doté d'un logiciel de traitement des appels vocaux. Le trafic voix est en général paqueté par le media gateway, et pris en charge par les routeurs de paquets du réseau de l'opérateur. Un soft switch va identifier les paquets voix, analyser leur contenu pour détecter le numéro vers lequel ils sont destinés, confronter ces numéros avec une table de routage puis exécuter une tâche (par exemple transmettre ou terminer). [29]

Physiquement, un soft switch peut être implanté sur un serveur dédié ou bien être installé directement sur un équipement différent comme un media gateway ou même un commutateur traditionnel TDM. Dans ce cas, on parlera d'architecture complètement distribuée. [29]

Figure II.9: Le Soft Switch. [29]

b. Le Media Gateway (MG) :

Les media gateway constituent le deuxième élément essentiel déployé dans un réseau NGN. Un media gateway peut par exemple se positionner entre le réseau de commutation de circuit et le réseau de commutation de paquets. [29]

c. La Signaling Gateway (SG) :

La fonction SG converti la signalisation échangée entre le réseau externe interconnecté et le réseau NGN, mais sans l'interpréter (ce rôle étant dévolu au Media Gateway). Finalement, elle assure l'adaptation de la signalisation au protocole de transport utilisé. [26]

d. Le Multi Service Access Node (MSAN) :

Les MSAN constituent une évolution des DSLAM. Un MSAN est un équipement existe dans la plupart des architectures NGN. La seule différence avec DSLAM, c'est que le châssis ne peut supporter que des cartes des services de type xDSL, un MSAN supporte des cartes RNIS, Ethernet, etc… [29]

II.4.4. Les familles de protocole d'un réseau NGN :

La convergence des réseaux voix/données ainsi que le fait d'utiliser un réseau en mode paquet pour transporter des flux multimédias, ayant des contraintes de « temps réel », a nécessité l'adaptation de la couche contrôle. En effet ces réseaux en mode paquet étaient généralement utilisés comme réseau de transport mais n'offraient pas de services permettant la gestion des appels et des communications multimédia. Cette évolution a conduit à l'apparition de nouveaux protocoles, principalement concernant la gestion des flux multimédia, au sein de la couche Contrôle. [30]

II.4.4.1. Les protocoles de contrôle d'appel :

Les protocoles de contrôle d'appel permettant l'établissement, généralement à l'initiative d'un utilisateur, d'une communication entre deux terminaux ou entre un terminal et un serveur ; les deux principaux protocoles sont H.323, norme de l'UIT et SIP, standard développé à l'IETF. [30]

a. Le protocole historique : H.323 : [25]

C'est un protocole de contrôle d'appel sur IP normalisé par l'UIT regroupe l'ensemble des protocoles de communication multimédia en mode paquet point à point ou point à multipoint.

La pile protocolaire de H.323 se présente comme suit :

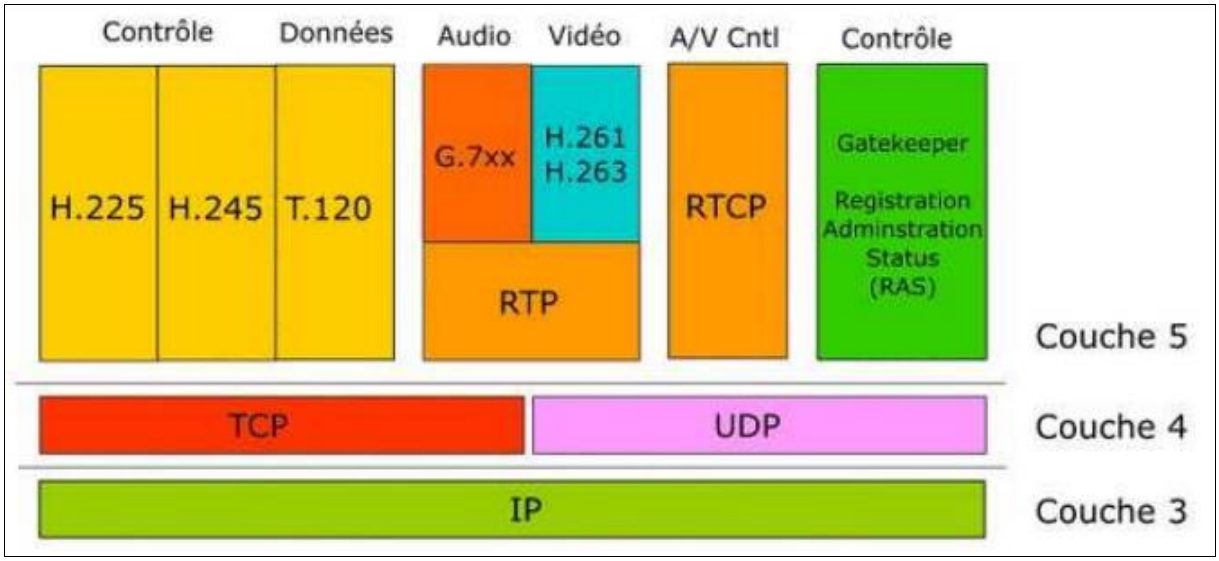


Figure II.10 : La pile protocolaire de H.323. [25]

b. Le protocole alternatif SIP :

C'est un protocole de signalisation défini par l'IETF pour la gestion des sessions utilisé pour établir, modifier et terminer des sessions multimédia en mode paquets, il est utilisé pour des différents types de communication comme la VoIP, visiophonie, transmission d'image, de vidéos, et de données. [25]

II.4.4.2. Les protocoles de commande de Media Gateway :

Les Media Gateway et les Media Gateway Controller(SoftSwitch) utilisent les protocoles de commande pour contrôler la voix dans les réseaux NGN, dans cette notion en parlera du protocole MGCP et MEGACO / H.248.

a. Protocole MGCP :

C'est un protocole de signalisation utilisé pour Controller les passerelles multimédia (MG) et les SoftSwitch, il est utilisé essentiellement pour le service VoIP Le MGCP utilise le protocole SDP pour la spécification et la négociation des flux média à transmettre dans une session d'appel et le Real-time Transport Protocol (RTP) pour transporter la voix en temps réel. [31]

b. Protocole MEGACO/H.248 :

C'est une amélioration du protocole MGCP, parmi ces fonctions : [31]

- Support de services multimédia et de vidéoconférence.
- Possibilité d'utiliser UDP ou TCP.
- Utilise le codage en mode texte ou binaire.

II.4.4.3. Les protocoles de signalisation entre les serveurs de contrôle :

Les protocoles de signalisation entre les serveurs de contrôle (ou Media Gateway Controller) permettant la gestion du plan contrôle : [32]

- Au niveau du cœur de réseau avec des protocoles tels que BICC (Bearer Independant Call Control), SIP-T (SIP pour la téléphonie) et H.323.
- A l'interconnexion avec les réseaux de signalisation SS7, généralement via des passerelles de signalisation ou Signalling Gateways par l'utilisation de protocole tel que SIGTRAN. De plus, l'interconnexion de ces réseaux de données avec les réseaux

existants de téléphonie (TDM avec signalisation SS7) a nécessité le développement de protocoles dédiés à l'interconnexion des réseaux et au transport de la signalisation SS7 sur des réseaux en mode paquet.

II.4.5. Impact sur le passage vers le NGN :

II.4.5.1. Impacts liés aux investissements NGN : [29]

Les coûts initiaux liés à la migration du cœur de réseau RTC (niveau classe 4) vers une solution IP peuvent s'avérer très importants et constituer une barrière à l'entrée significative pour un opérateur, malgré l'importance des économies attendues d'une telle migration. En effet, l'opérateur devra être prêt à investir fortement sur une courte période de temps :

• Pour l'achat des nouvelles solutions de commutation de cœur de réseau.
• Pour l'installation des nouveaux équipements.
• Pour configurer le re-routage du trafic généré par les commutateurs locaux vers les nouveaux nœuds de transit.
• Pour la formation des équipes techniques.
• Pour l'intégration d'un nouveau système de gestion du réseau.

Du coup, face à un investissement important, un opérateur disposant d'un réseau RTC déjà amorti qui fonctionne encore correctement, dispose d'une capacité suffisante et n'est pas en fin de vie ne sera pas forcément tenté de migrer à court ou moyen terme.

II.4.5.2. Impacts liés à l'interconnexion :

La convergence des services requiert plus que la mise en œuvre de réseaux multiservices, elle requiert une interconnexion efficace d'une part entre les réseaux existants de l'opérateur et d'autre part avec les réseaux NGN et/ou traditionnels d'autres opérateurs.

A terme, il est communément admis qu'IP sera le protocole commun d'interconnexion des réseaux NGN. Toutefois, puisque les réseaux NGN sont des réseaux multiservices capables de supporter différents services convergents, de multiples problématiques liées à l'interconnexion vont émerger :

• Au niveau des systèmes d'adressage.
• Au niveau des systèmes de signalisation.
• Au niveau du roaming. [29]

II.4.5.3. Impacts liés à la signalisation :

La gestion des media gateways par le softswitch peut être réalisée via l'utilisation de différents protocoles :

• MGCP (Media Gateway Control Protocol)

• MEGACO

• SIGTRAN

• SIP

L'interconnexion avec un opérateur utilisant une de ces solutions doit donc reposer sur l'utilisation par les deux parties d'un langage commun. Dans les réseaux RTC, ce langage commun était le protocole SS7. On le voit ici, les solutions sont plus nombreuses, et se pose donc la question de la migration des solutions de réseau intelligent des opérateurs, qui « parlent » toujours SS7 dans des environnements hétérogènes. [29]

II.4.5.4. Impacts liés à l'existence de multiples protocoles pour la voix sur IP : H.323, MGCP, SIP : [29]

L'existence de multiples standards pour encoder la voix sous IP pose des problèmes d'interopérabilité entre les équipements. Idéalement, les opérateurs devraient conduire des tests pour s'assurer de la bonne interopérabilité entre les différents équipements VoIP composant leurs réseaux, du cœur jusqu'à l'équipement abonné.
Dans la pratique, les solutions présentées par des vendeurs sont dans une grande partie propriétaires. En conséquence, il est difficile pour un opérateur de retenir plusieurs fournisseurs différents, car le travail d'intégration nécessaire pourra s'avérer très coûteux. Dans bien des scénarios de migration, un vendeur unique pour les softswitchs et les media gateways est souvent sélectionné.

II.4.5.5. Impacts sur la sécurité : [29]

Les réseaux RTC existants ont des points de contrôle en bordure de réseau (« border control points ») qui laissent le trafic circuler entre différents réseaux et différents pays. Cela permet aux abonnés de passer des appels vers les utilisateurs de réseaux opérés par d'autres opérateurs au niveau national ou international. La fonction « border control » assure la

sécurité des échanges entre les différents réseaux mais autorise le passage de certains types d'information comme les données d'enregistrement d'appel afin de permettre la facturation d'appel de l'abonné ou des coûts d'interconnexion entre opérateurs.

Du coup, le passage vers une structure NGN du réseau RTC implique des changements puisque la fonction de « border control » devra être capable de continuer à assumer les fonctions liées au RTC mais aussi assurer les interactions entre réseaux IP et RTC d'une part et entre différents réseaux IP d'autre part.

Le Session Border Controller (SBC) est ainsi un élément clé dans le cadre d'un déploiement de softswitch de classe 5. Le terminal client IP de l'utilisateur est généralement protégé par un pare-feu et bénéficie d'une adresse IP privée. La principale fonction du SBC est donc de permettre de traverser la protection du firewall et les équipements NAT. Un SBC permet aussi de protéger le softswitch des « signalling overloads », d'attaques en denis de service et d'autres attaques rendues possibles par l'utilisation d'IP, beaucoup plus connu que SS7 par le grand public, et beaucoup plus vulnérable.

II.4.6. Caractéristiques du réseau NGN :

a. La convergence :

Les NGN sont des technologies convergentes qui utilisent la commutation de paquets au niveau de la couche de transport pour unifier la transmission de la voix et des données en un seul flux, en utilisant protocoles et techniques appropriés. [25]

b. Commutation par paquet :

Au lieu de l'utilisation de la commutation du circuit comme dans le cas des réseaux de téléphonie fixes traditionnelle les réseaux de nouvelle génération utilisent la commutation du paquet, cette technique offre une large gamme de services avec des débits très élevés.

Le principe de la commutation de paquet est de découper l'information transmise par paquets contenant l'entête, l'adresse de la source et la destination de paquet, le type et autres information importante pour mieux acheminer le paquet. [25]

c. Réseaux optiques :

Les solutions de système optique de nouvelle génération combinant deux réseaux optiques existants tels que le multiplexage DWDM et les réseaux optiques SDH. Avec la nouvelle génération les réseaux IP optimisés peuvent être utilisés avec des systèmes optiques. Les fonctions de données et Ethernet sont ajoutées aux dispositifs classiques de transport. [36]

d. Qualité de services :

Pour améliorer la qualité de service, les nouvelles technologies d'accès jouent un rôle très important pour assurer le développement des services IP multimédias de nouvelle génération. Ils se caractérisent par leur maturité, les circuits utilisés et leur haut débit. [36]

II.4.7. Types de NGN :

Il existe trois types de réseau NGN : NGN Class 4, NGN Class 5 et NGN Multimédia.

Les NGN de classe 4 et de classe 5 sont des architectures de réseau qui fournissent uniquement des services de téléphonie et sont donc de la téléphonie NGN. Dans le RTC, les commutateurs de type 4 sont des commutateurs de transit. Les commutateurs de type 5 sont des commutateurs d'accès. Ainsi, le NGN de type émule un réseau téléphonique au niveau de la couche de transport (respectivement, la couche d'accès) en transportant la voix sur le mode paquet. [26]

Le NGN Multimédia est une architecture qui fournit des services multimédias (messagerie voix/vidéo, conférence audio/vidéo, etc.) car les utilisateurs possèdent des terminaux IP multimédia. Cette solution est plus intéressante que la précédente car elle permet aux opérateurs d'innover du point de vue des services, par rapport aux solutions de téléphonie NGN qui se limitent à fournir des services téléphoniques. [30]

II.4.8. Les services offerts par les NGN :

NGN fournit des fonctions de protocole, de gestion et d'infrastructure pour le déploiement et la création de nouveaux services multimédias en mode paquet en réseau. La diversité des services est due à la diversité du réseau NGN, parmi ces services nous citons :

- La voix sur IP

- La diffusion de contenus multimédia
- La messagerie unifiée
- Le stockage de données
- La messagerie instantanée
- Les services associés à la localisation. [36]

II.4.9. Les avantages du NGN :

Parmi les avantages du NGN :

- Grâce au NGN, l'opérateur dispose d'un réseau multiservice pouvant se connecter à l'aide de n'importe quel type d'accès (PABX, commutateur d'accès téléphonique, accès ADSL, accès mobile GSM ou UMTS, téléphone IP,…).
- L'opérateur n'aura plus à terme qu'à exploiter un seul réseau multiservice.
- Ils ignorent les limites des réseaux TDM (Time Division MULTIPLEXING) à 64 kbit/s. En effet le TDM perd sa productivité dès lors que l'on souhaite introduire des services asymétriques, sporadiques ou à débit binaire variable. [11]

II.5. Description de l'équipement MSAN :

MSAN représente le nœud d'accès dans les réseaux NGN. Il est capable de fournir plusieurs services de la voix et de données simultanément avec une grande capacité et fiabilité, c'est une solution performante qui remplace un DSLAM dont le matériel ne peut supporter que des cartes permettant de proposer des services de type xDSL, un MSAN puisse supporter des cartes POTS, RNIS, ADSL, Ethernet, FTTX, …. [15]

Figure II.11 : Equipement MSAN. [15]

Parmi ces fonctionnalités de MSAN : [33]

• Le codage et la mise en paquet du flux media reçu de la part du réseau d'accès vers le réseau paquet et inversement, autrement dit, la conversion du trafic par exemple TDM/IP.
• La transmission des flux media suivant les instructions du Media Gateway Controller
• Supporte les protocoles H.248, MGCP et SIP.
• Supporte le real time transport protocole RTP/RTCP.
• Supporte les codecs audio G.711, G.729, G.723.1.
• Support les interfaces haut débit : ADSL/ADSL2+, VDSL2, SHDSL, GPON et Ethernet.
• Supporte les services PSTN, ISDN, FAX, V5 interface, xDSL et GPON.

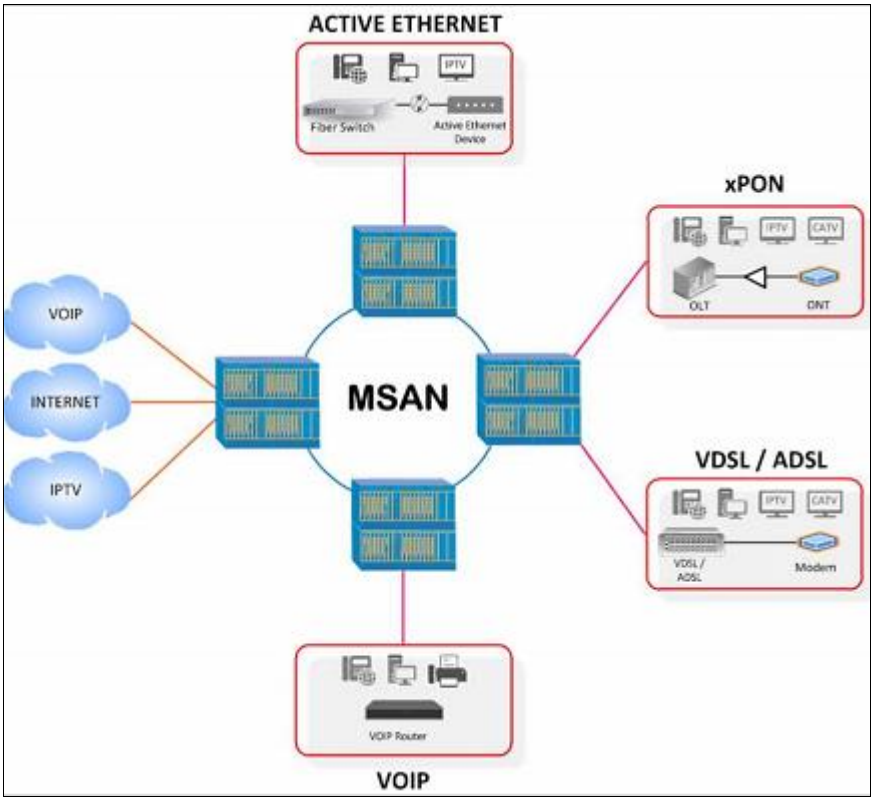


Figure II.12 : Services fourni par le MSAN. [34]

II.5.1. Les services offerts par le MSAN :

Le MSAN peut offrir deux catégories de services :

- Broadband, qui exploite une large bande, il s'agit principalement des services triples play.
- Narrow band basée sur une architecture NGN ou IMS, il s'agit de la voie IP, RNIS,…

Le MSAN fournit aussi le service d'IPTV (télévision sur ADSL) en adoptant la technologie de multicast contrôlable, c'est-à-dire le dispositif d'accès contrôle et commande des utilisateurs de multicast. [35]

II.5.2. Architecture du MSAN dans le réseau NGN :

Un MSAN est un équipement qui constitue, dans la plupart des architectures de type NGN, un point d'entrée unique vers les réseaux d'accès des opérateurs, il se situe bien évidemment dans la couche d'accès, il assure les fonctions contrôle des MSAN et peut offrir un réseau d'accès à large bande et des réseaux de prochaine génération (NGN).Il fournit une grande capacité en termes de nombres d'utilisateurs (jusqu'à 850 par MSAN). [27]

II.5.3. Le rôle de MSAN dans un modèle NGN :

MSAN est une évolution naturelle du DSLAM. Le MSAN est un dispositif qui, dans la plupart des architectures de type NGN, constitue le point d'entrée unique de l'opérateur dans le réseau. Contrairement à un DSLAM dont le châssis ne peut prendre en charge que des cartes fournissant un service de type xDSL, un MSAN peut prendre en charge des cartes RNIS, Ethernet, FTTx et même X25. Ainsi, dans un boîtier, les opérateurs peuvent déployer toutes les technologies d'accès possibles sur leur réseau. [29]

Le rôle de media gateway décrit mentionné ci-dessus peut parfois être "intégré" dans ce MSAN et disparaître en tant que nœud de réseau dédié. [29]

II.5.4. Les différents types des MSANs :

- **MSAN hub :** est un MSAN qui comprend la Carte de signalisation NVPS, cette carte est chargée de gérer la signalisation de 5000 communications.
- **MSAN sous étendu :** est un MSAN qui est lié directement à un MSAN hub et que toutes les communications passantes sont gérées par le MSAN hub.
- **MSAN distant :** est un MSAN qui n'est pas relié directement à un MSAN hub mais il peut être relié à un Switch du réseau, et que toutes ses communications sont gérées par la carte NVPS du MSAN hub, il s'agit des MSAN déployées pour remplacer les sous répartiteurs. [26]

Conclusion :

La commutation téléphonique évolue une nouvelle génération d'architectures de réseaux apparaît permettant d'offrir de nouveaux services émergents mixant voix, vidéo et données et permettent le passage vers le NGN (Les Next Generation Networks).

Le réseau de prochaine génération (NGN) a la particularité d'offrir un noyau hétérogène qui permet l'accès à plusieurs services, chose que le réseau d'accès fixe ne peut pas le faire.

La migration vers un réseau NGN est sans doute avantageuse du fait qu'elle permet à l'opérateur d'optimiser ses ressources en termes d'exploitation et de gagner en termes de qualité de service et revenu. Mais le passage vers l'architecture NGN nécessite un réseau d'accès capable de supporter cette l'architecture.

Chapitre 3
Etude du réseau FTTH GPON

Introduction :

Les technologies de transmission ont évolué jusqu'à intégrer les technologies optiques même dans les réseaux d'accès, au plus près de l'abonné. En raison de sa capacité à se propager sur de longues distances sans régénération de signal, sa faible latence, et sa très large bande passante, les réseaux en fibre optique se sont imposés comme le support de transmission par excellence.

La fibre optique, initialement déployée dans les réseaux très longue distance et très fort débit tend aujourd'hui à se généraliser pour offrir des services plus consommateur en termes de bande passante. Il s'agit des technologies FTTH pour Fiber to the Home (Fibre jusqu'au domicile).

Dans le présent chapitre, nous allons étudier cette technologie avec ses différents types et topologies et la configuration de ces composants.

III.1. Les réseaux d'accès FTTx :

La FTTx "Fibre To The X" ou Fibre au X, est une technologie définissant un ensemble d'architectures de communication permettant l'accès à Internet et aux services associés grâce à un réseau constitué de fibre optique. Cette technologie vient directement concurrencer les offres de type xDSL sur paire cuivrées. [37]

Les fibres optiques peuvent être déployées selon diverses topologies FTTx où la variable x décline le niveau plus ou moins profond de déploiement de la fibre optique vers l'usager final: FTTN (N pour Node) jusqu'à un nœud du réseau (équivalent à un sous répartiteur cuivre), FTTC (C pour Curb) ou FTTLA (LA pour Last Amplifier) jusqu'à quelque dizaine de mètres de l'abonné, FTTB/O (B pour Building ou O pour Office) en pied de l'immeuble, et FTTH (H pour Home) jusqu'à l'abonné. [38]

III.1.1. Types d'architectures dans les réseaux FTTx :

Le réseau FTTH à très haut débit est composé d'un certain nombre d'éléments qui peuvent être classés en trois catégories : l'Infrastructure (composée notamment des fourreaux, des chambres, des armoires de rue et des locaux techniques), l'optique passive (composants passifs du réseau et qui comportent notamment les fibres optiques, les boitiers d'épissurage et les baies de brassage) et l'optique active (composants consommateurs en courant électrique et qui comportent notamment les systèmes émetteurs et récepteurs). [38]

Le réseau FTTH est constitué de trois sous réseaux : le réseau de transport, le réseau de distribution et le réseau de branchement. [38]

III.1.2. Topologies dans l'architecture FTTH :

Les réseaux FTTH sont structurés en plaques organisées autour d'un **Nœud de Raccordement Optique (NRO)**, il a un rôle équivalent dans le réseau de desserte optique à celui réalisé par le NRA dans la boucle locale cuivre. [39]

Il s'agit d'un local technique abritant les équipements actifs de l'opérateur et concentrant les paires de fibres optiques provenant des usagers. Un NRO peut desservir plusieurs milliers, voire dizaines de milliers, de foyers. Dans la topologie du réseau de l'opérateur, le NRO marque ainsi la frontière entre son réseau de collecte (en amont) et son réseau de desserte (en aval). [39]

La construction du réseau FTTH s'effectue en plusieurs étapes, dans un premier temps du NRO jusqu'aux points de mutualisation PM (logements programmés adressables), puis à partir du point de mutualisation jusqu'aux points de branchements PBO desservant les locaux (logements raccordables) et enfin jusqu'à l'intérieur des locaux (logements raccordés). [41]

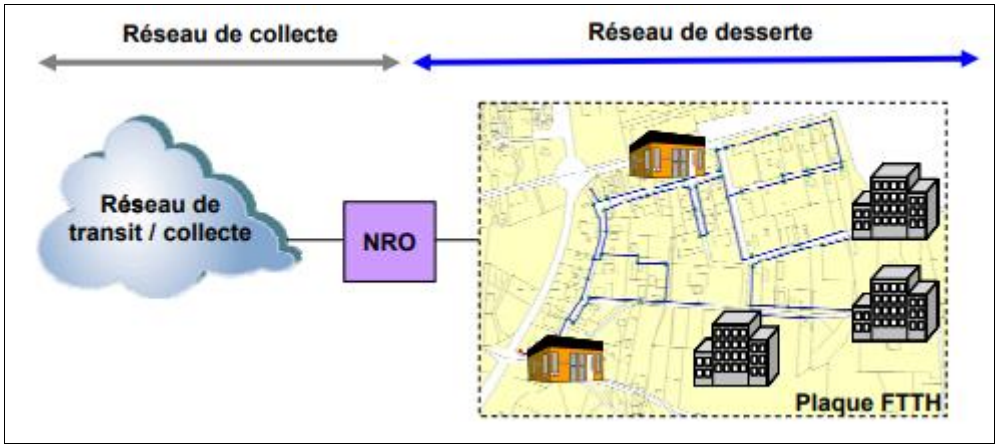


Figure III.1 : Localisation du NRO. [39]

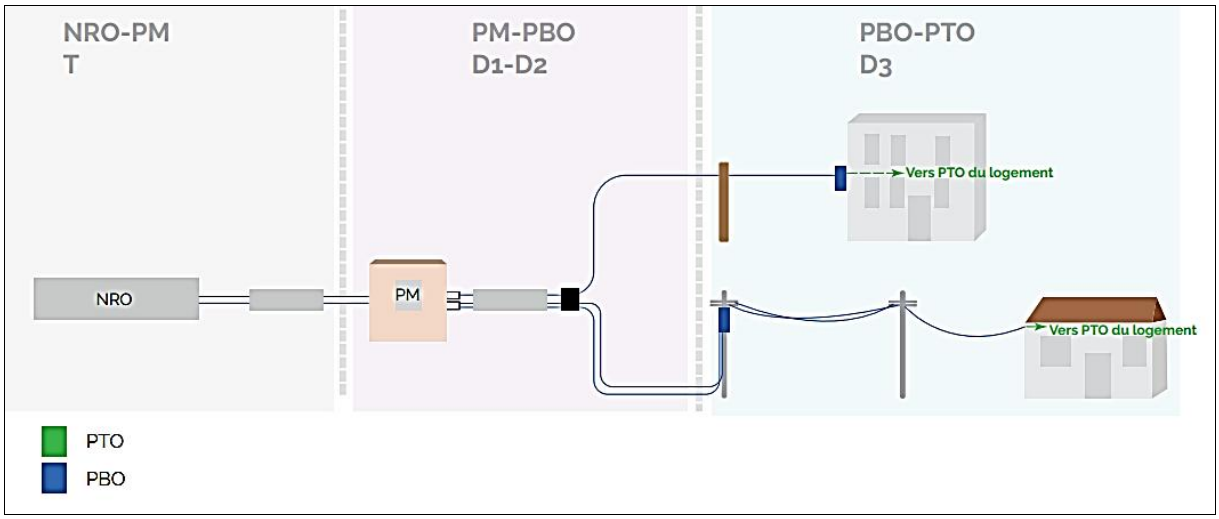


Figure III.2 : Réseau de desserte optique jusqu'à un point de distribution. [41]

On distingue deux principaux types d'architecture FTTH :

a. Point à point :

Les systèmes « point à point » (P2P) sont les plus simples à conceptualiser puisque chaque client est relié au nœud d'accès par une fibre qui lui est dédiée : [40]

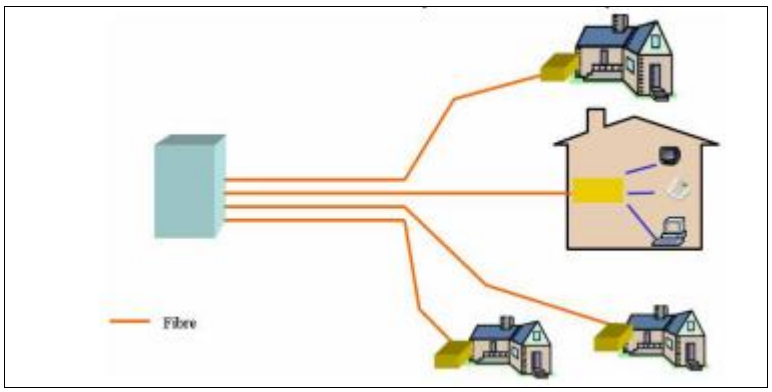


Figure III.3 : Topologie FTTH point à point (P2P). [40]

b. Point à multipoints :

Les systèmes « point à multipoint » regroupés sous le terme générique de PON (Passive Optical Network),

- Un coupleur optique passif est installé en lieu et place de l'équipement actif.
- Ces systèmes recouvrent plusieurs normes qui se sont succédées au cours du temps (B-PON, E-PON et maintenant G-PON). [40]

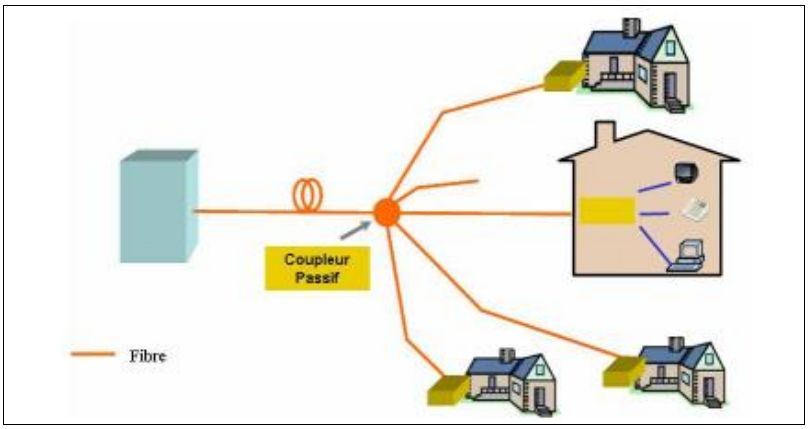


Figure III.4 : Topologie FTTH en PON. [40]

III.2. Technologie GPON :

Les réseaux d'accès se situent à la limite extérieure des réseaux de télécommunication, c'est - à-dire qu'ils assurent la connexion de l'utilisateur aux réseaux de plus grand e envergure. La technologie PON (Passive Optical Network) peut être utilisé e dans ce type de réseau. Cette technologie offre une large bande passante à l'utilisateur, en plus d'employer des composantes passives ce qui diminue énormément les coûts de chaque connexion. Le nombre d'usagers pouvant être desservis par un seul terminal peut atteindre 64 utilisateurs. De plus, la technologie GPON (Gigabit capable PON) assure d s liaisons étendues allant jusqu'à 60 km. [42]

La technique de ce réseau est basée sur le multiplexage temporel. Une longueur d'onde est utilisée pour le sens montant et une autre pour le sens descendant. GPON se différentie de BPON par sa capacité à transporter des paquets et des trames Ethernet de longueurs variables. Le GPON offre un débit de 1.2-2,4 Gbit/s (débit asymétrique). De plus, GPON permet une plus grande distance de déploiement, jusqu'à 60 km, avec 20 km maximum entre les ONT. Enfin, le GPON permet jusqu'à 64 lignes sortantes d'un coupleur optique. [42]

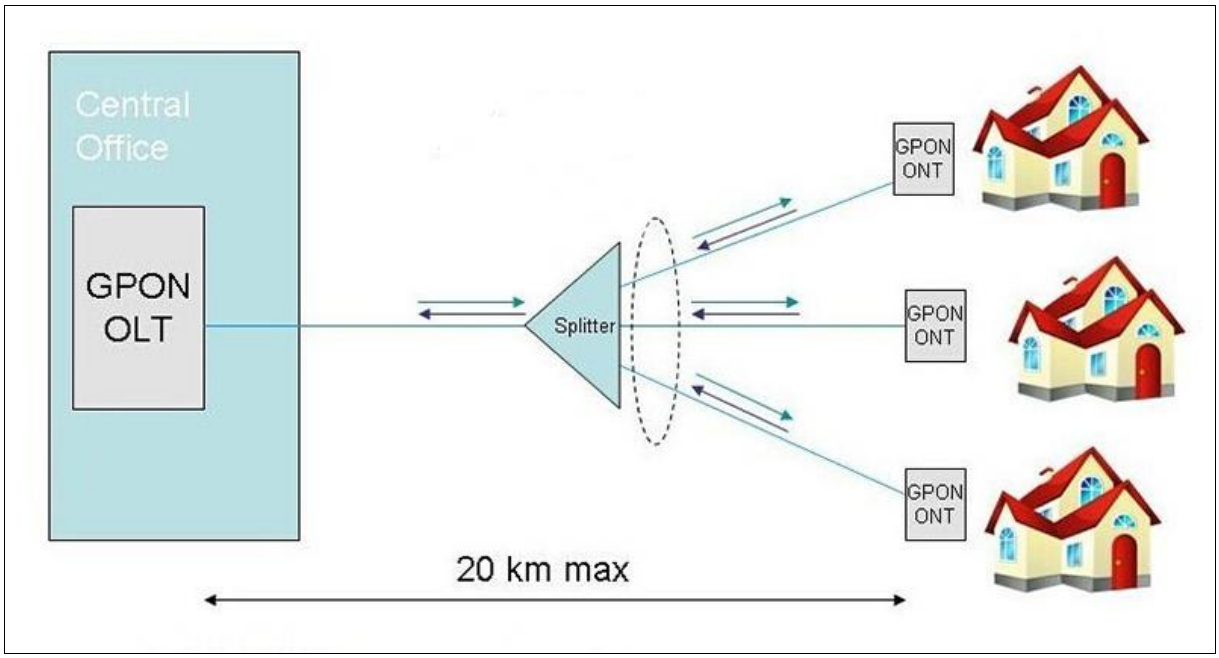


Figure III.5 : Composants du réseau d'accès GPON. [43]

III.2.1. Etude des éléments d'un réseau GPON :

La technologie GPON remplace la conception Ethernet traditionnelle à trois niveaux par un réseau optique à deux niveaux qui élimine les commutateurs Ethernet d'accès et de distribution avec des périphériques optiques passifs. [45]

a. Eléments actifs :

- **OLT (Optical Line Terminal) :**

C'est un périphérique qui regroupe tous les signaux optiques des ONT en un seul faisceau de lumière multiplexé qui est ensuite converti en un signal électrique, formaté selon les normes de type paquet Ethernet pour le transfert de couche 2 ou de couche 3. [45]

Il permet généralement de convertir les signaux standards en fréquences et en trames utilisées par un système PON (Passive Optical Network) et de coordonner le multiplexage entre les dispositifs de conversion sur les terminaux de réseau optique (ONT).Il se connecte au commutateur central à l'aide de connecteurs Ethernet traditionnels. [54]

- **ONT (Optical Network Terminal) :**

C'est un modem qui permet de se connecter au point de terminaison (TP) à l'aide d'un câble fibre optique. Il se connecte à l'ordinateur via un câble et convertit les signaux lumineux de la fibre optique vers le point de terminaison en signaux lisibles. [54]

b. Eléments passifs :

- **Les séparateurs optiques passifs (splitters) :**

Les séparateurs optiques passifs (splitters) se connectent à chaque port PON et répliquent le trafic en aval (vers l'ONT de l'utilisateur final) tout en combinant le trafic de l'utilisateur final dans le sens amont, il divise donc les signaux en amont vers et depuis les périphériques connectés, à travers un seul brin de fibre monomode. [54]

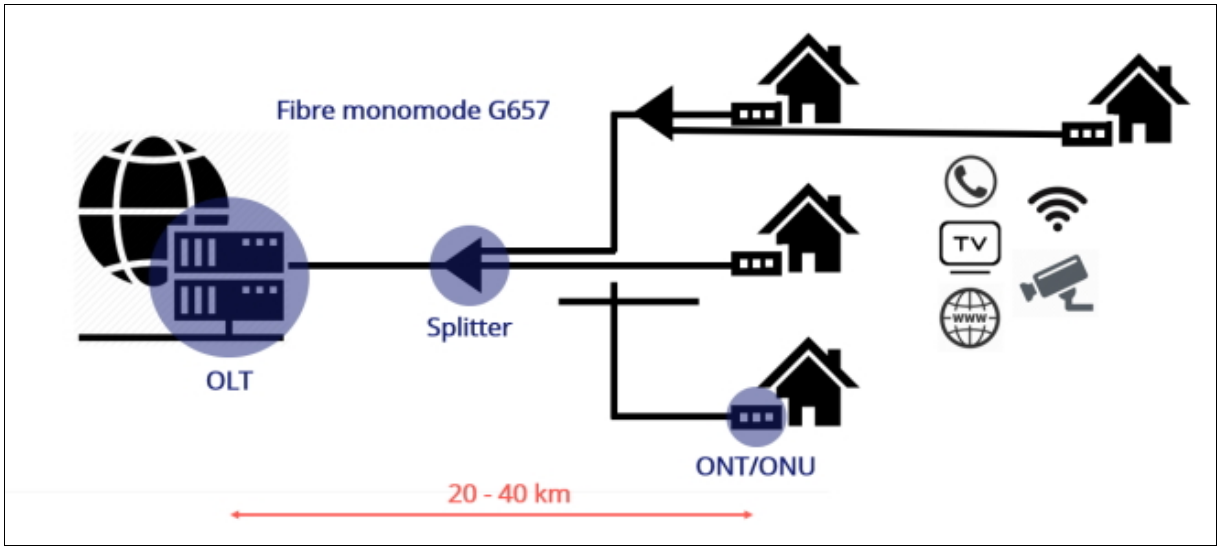


Figure III.6 : Schéma du réseau GPON. [54]

III.2.2. Caractéristiques du GPON : [45]

- Il est possible d'avoir du très haut débit symétrique du côté client,
- L'intérêt de cette technologie est d'améliorer la diffusion à la demande,
- Comme pour l'EPON le type de DSLAM utilisé est l'Optical Line Termination (OLT),
- Cette technologie est le plus récent et le plus répandu des PON.
- Transmission en aval 2,4 Gbps.
- Transmission en amont 1,24 Gbps
- Pour réduire la limite de bande passante de l'accès via des câbles à paires torsadées, il prend en charge la transmission à bande passante élevée.
- GPON utilise le multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM) pour permettre à plusieurs signaux de voyager sur le même câble à fibre optique.

III.2.2.1. Débit et bande passante dans une architecture GPON :

L'architecture PON tire parti du fait que l'utilisateur n'a pas besoin de débit maximal tout le temps. Le regroupement de la bande passante permet d'assurer des débits de pointe élevée pour chaque utilisateur tandis que la bande passante est moyennée dans le temps. [44]

Le réseau GPON vise à permettre l'emploi de vitesses de transmission supérieures ou égales à 1,2 Gbit/s. Toutefois, dans le cas des raccordements FTTH ou FTTC avec des lignes xDSL asymétriques, de tels débits à grande vitesse en amont pourraient ne pas être nécessaires. En conséquence, le réseau GPON les sept combinaisons suivantes de vitesses de transmission : [47]

• 155 Mbit/s en amont, 1,2 Gbit/s en aval ;

• 622 Mbit/s en amont, 1,2 Gbit/s en aval ;

• 1,2 Gbit/s en amont, 1,2 Gbit/s en aval ;

• 155 Mbit/s en amont, 2,4 Gbit/s en aval ;

• 622 Mbit/s en amont, 2,4 Gbit/s en aval ;

• 1,2 Gbit/s en amont, 2,4 Gbit/s en aval ;

• 2,4 Gbit/s en amont, 2,4 Gbit/s en aval.

III.2.2.2. L’allocation dynamique de bande passante(DBA) :

Les architectures PON offrent une grande flexibilité pour l’allocation de la bande passante. La bande passante est en effet allouée de manière totalement dynamique à l’ensemble des utilisateurs ayant besoin de débit à un instant donné. Cette allocation de la bande est gérée par les algorithmes DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) qui permettent d’offrir un débit minimum garanti (typiquement 30 Mbit/s symétriques) à chaque utilisateur y compris pendant les phases où le trafic est plus dense. Le reste de la bande passante disponible est alloué équitablement entre les utilisateurs actifs tout en respectant la qualité de service : débit minimum garanti, paramètres de SLA (Service Level Agreement). [44]

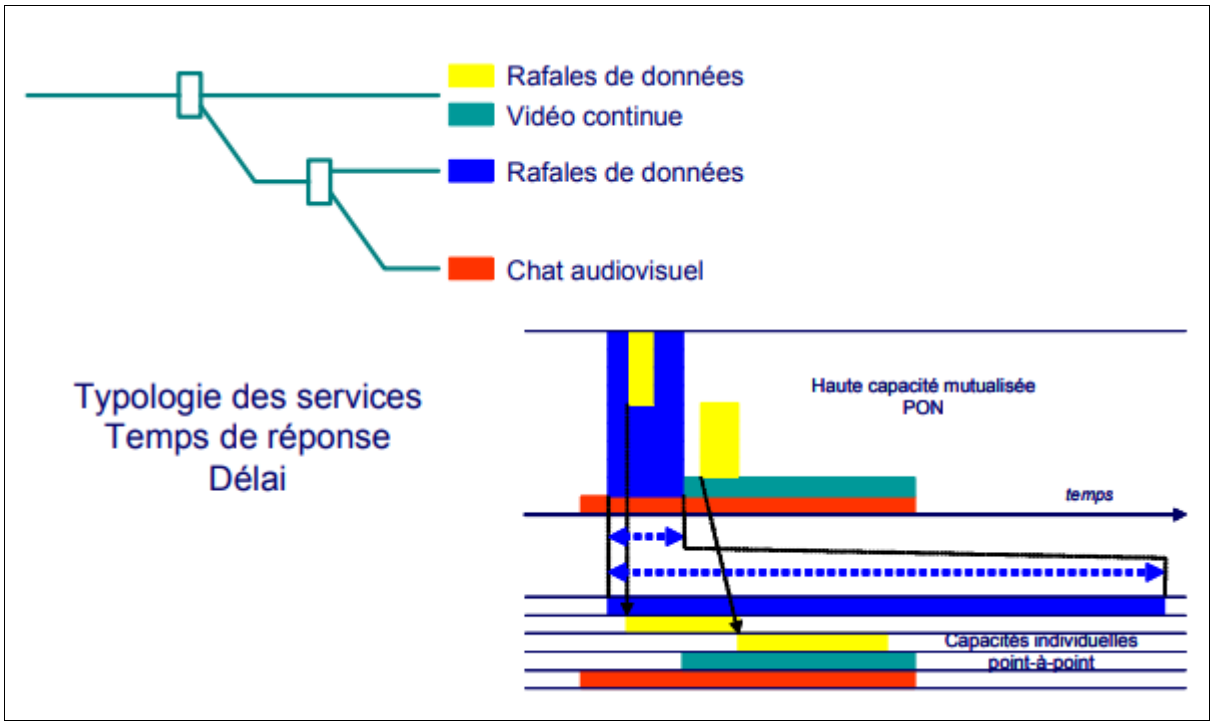


Figure III.7 : Allocation de la bande passante selon les différentes architectures. [44]

DBA permet à un module OLT de surveiller la congestion sur le réseau PON en temps réel. Cela permet au OLT de régler la bande passante en fonction de divers facteurs, notamment la congestion, l'utilisation de la bande passante et la configuration. [45]

Points clés du DBA : [45]

- Le module DBA intégré dans le OLT collecte en permanence les rapports DBA, effectue des calculs et informe l'ONU par l'intermédiaire du champ BWMap dans la trame en aval.
- En raison des informations BWMap, l'ONU envoie des données en amont pendant les plages de temps allouées pour occuper la bande passante en amont.
- La bande passante peut également être allouée en mode statique/fixe.

L'utilisation de DBA permet : [45]

- ✓ L'amélioration de l'utilisation de la bande passante en amont sur un port PON.
- ✓ Une bande passante plus élevée pour les utilisateurs et la prise en charge d'un plus grand nombre d'utilisateurs sur un port PON.

III.2.2.3. T- CONT :

Un conteneur de transmission (T-CONT) est un objet ONU (unité de réseau optique) qui représente un groupe de connexions logiques. Pour l'allocation de bande passante en amont dans un réseau PON, elle apparaît comme une seule entité. Sur la base du schéma de mappage, le trafic de service est acheminé vers différents ports GEM, qui à leur tour sont acheminés vers différents T-CONT. [48]

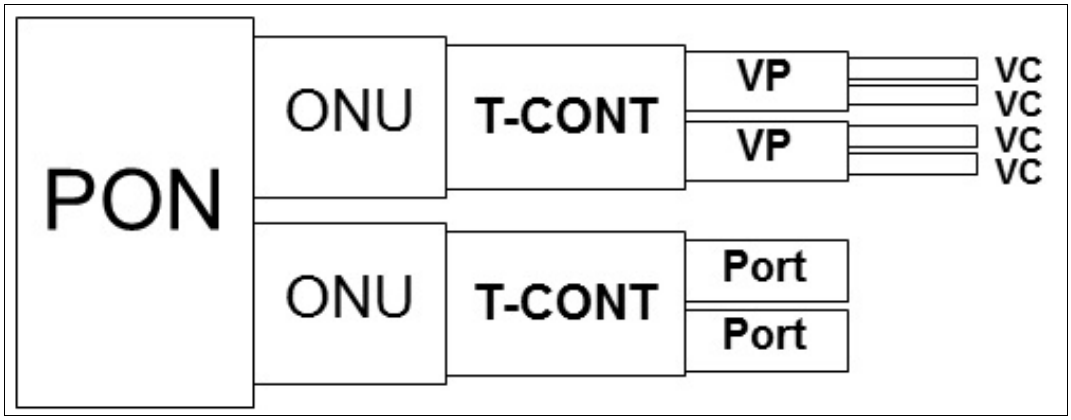


Figure III.8 : Schéma de mappage. [48]

III.2.2.4. Les V-LAN :

VLAN (Réseau Local Virtuel) est une technologie qui permet de segmenter le réseau en plusieurs domaines de diffusion. Chaque domaine de diffusion est considéré comme un VLAN. En général, seuls les appareils appartenant au même VLAN peuvent communiquer entre eux. [49]

Avant le VLAN, il n'y avait qu'un seul domaine de diffusion sur le réseau spécifié, appelé LAN (local area work). En configurant des VLAN, il est possible de diviser le réseau en différentes zones de transmission. Les paquets envoyés depuis les postes de travail sur un segment de réseau sont transmis via des ponts ou des commutateurs qui n'interviennent pas dans les conflits, mais sont envoyés à tous les périphériques du réseau. Cela atténue bon nombre des complications potentielles des réseaux locaux, notamment le trafic réseau excessif et la concurrence. Cela permet d'économiser considérablement les ressources réseau et la bande passante, ce qui améliore la flexibilité et les performances du réseau. [49]

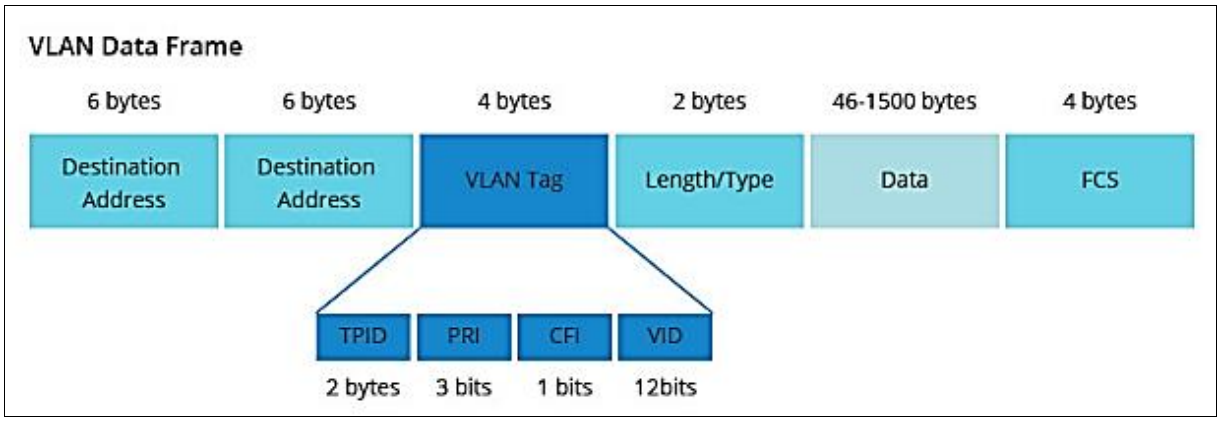


Figure III.9 : Trame de données V-LAN. [49]

III.2.2.5. Sécurité :

Un réseau GPON offre un mode de fonctionnement sécurisé en ce qui concerne la confidentialité des données. [45]

En raison de la nature de la technologie GPON, il est très difficile pour une personne malveillante de falsifier un ONT (Terminal de Réseau Optique) ou d'essayer de capturer des données qui ne lui sont pas destinées. D'autre part, les réseaux IP point à point permettent de placer facilement un faux appareil en position d'espionnage n'importe où sur la fibre. [44]

Toutefois, afin de pouvoir couvrir tous les cas de malveillance possibles, GPON a mis en place un mécanisme permettant aux abonnés de ne lire que les données qui leur sont destinées. [44]

Les mécanismes de sécurité intégrés comprennent : [44]

- Le trafic descendant est crypté. Il utilise l'algorithme standardisé AES à 128-bits :

- Chaque équipement client à sa propre clé de cryptage/décryptage privée ;

- De nouvelles clés sont automatiquement échangées par l'OLT et l'ONU à des intervalles réguliers.

- Le trafic en amont est acheminé à l'aide d'une couleur optique de 1310 nm. Les modems clients n'ont aucun moyen de détecter ce signal optique, ils ne peuvent donc pas lire le trafic des autres clients.
- L'interception par un tiers entraînerait une interruption temporaire de tous les flux optiques (immédiatement détectée par l'OLT et déclencherait une alarme haute).

III.2.3. L'architecture protocolaire dans un réseau FTTH à technologie GPON :

Avec une topologie arborescente, GPON maximise la couverture avec un partage réseau minimal, ce qui réduit la puissance optique. Le réseau d'accès FTTH est composé de cinq zones : zone centrale (Core Network), zone d'alimentation (Feeder Network), zone de distribution (Distribution Network) et zone utilisateur (Customer Premises). (voir figure ci-dessous). [43]

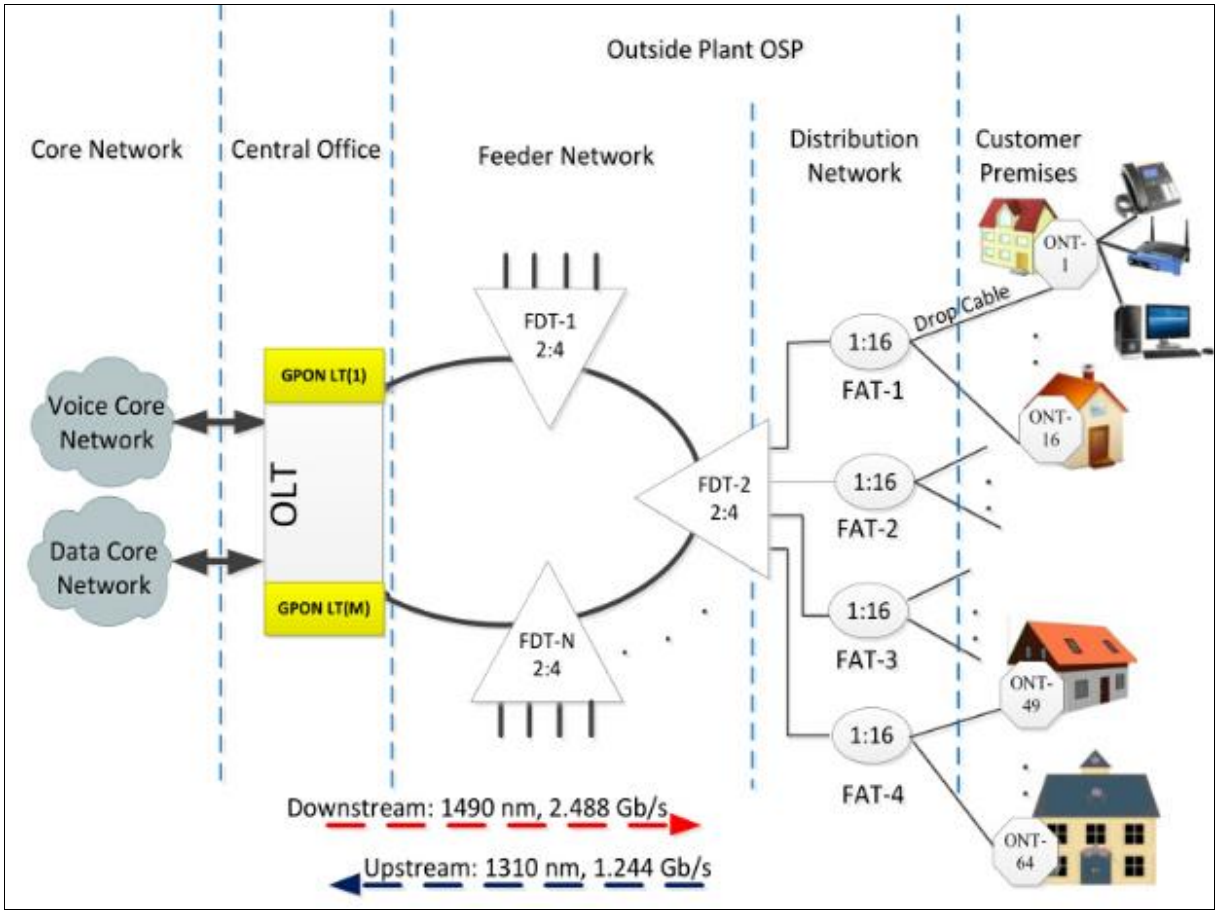


Figure III.10 : Architecture du réseau d'accès GPON FTTH. [43]

a. La couche PMD :

En général, une fibre optique ne possède pas une symétrie parfaitement circulaire. Des déviations de la structure idéale vont provoquer une biréfringence et la création de deux modes de polarisation orthogonaux nommés états principaux de polarisation. Dans ce cas, la fibre monomode devient bimodale. La différence dans les indices de réfraction et les constantes de propagation entre les deux modes de polarisation donnera lieu à un décalage de la phase pendant la propagation. Ce décalage de phase est vu à travers le retard différentiel de

groupe dit DGD (pour Differential Group Delay) entre les axes rapide et lent. Ce retard augmente linéairement avec la longueur de la fibre. Par conséquent, la largeur totale de l'impulsion optique sera dispersée. La PMD (Dispersion de Modes de Polarisation) donne lieu à l'interférence entre symboles à cause de l'élargissement des impulsions temporelles comme c'est le cas dans la dispersion chromatique. [53]

b. La couche de convergence de transmission GTC :

C’est une couche de protocole de la suite de protocoles G-PON placée entre la couche de dépendance du support physique et les clients G-PON. La couche GTC se compose d'une sous-couche de trame GTC et d'une sous-couche de compatibilité GTC. [48]

c. Le protocole GEM :

En aval, les trames GEM sont envoyées avec les charges utiles GTC pour atteindre toutes les ONU. La sous-couche de trame ONU extrait les trames et l'adaptateur GEM TC les filtre en fonction de l'ID de port 12 bits. La fonction client GEM n'accepte que les trames avec l'ID de port correct. [48]

Le trafic GEM en amont est acheminé via un ou plusieurs conteneurs T-CONT. Le terminal OLT reçoit la transmission liée à CONT-T et les trames sont transmises à l'adaptateur GEM TC puis au client GEM. [48]

III.2.4. La couche MAC (Media Access Control) :

La couche MAC identifie un équipement (un nœud) à l’intérieur d’un réseau local. La couche MAC utilise des primitives fournies par la couche physique, Elle propose par ailleurs une interface standard à la couche LLC (Logical Link Control) qui peut ainsi utiliser toutes les fonctionnalités de transmission de données sans en connaître les spécificités. [55]

III.2.5. Correction d’erreur :

La correction d'erreur directe FEC est une technique de traitement numérique du signal utilisée pour améliorer la fiabilité des données. Pour y parvenir, il introduit des données redondantes appelées "codes de correction d'erreurs" avant d'envoyer ou de stocker des données. Il permet au récepteur de corriger les erreurs sans avoir besoin d'un canal de retour pour demander la transmission de données. [51]

Parmi ces caractéristiques, le FEC augmente de manière indépendante la fiabilité des données au niveau du récepteur, et réduit le nombre d'erreurs de transmission, étend la plage de fonctionnement et réduit les besoins énergétiques des systèmes de télécommunications. Il augmente également les performances efficaces des systèmes même lorsque des bits de contrôle supplémentaires sont ajoutés aux bits de données, éliminant ainsi le besoin de retransmettre des données accidentellement corrompues par un bruit aléatoire. [51]

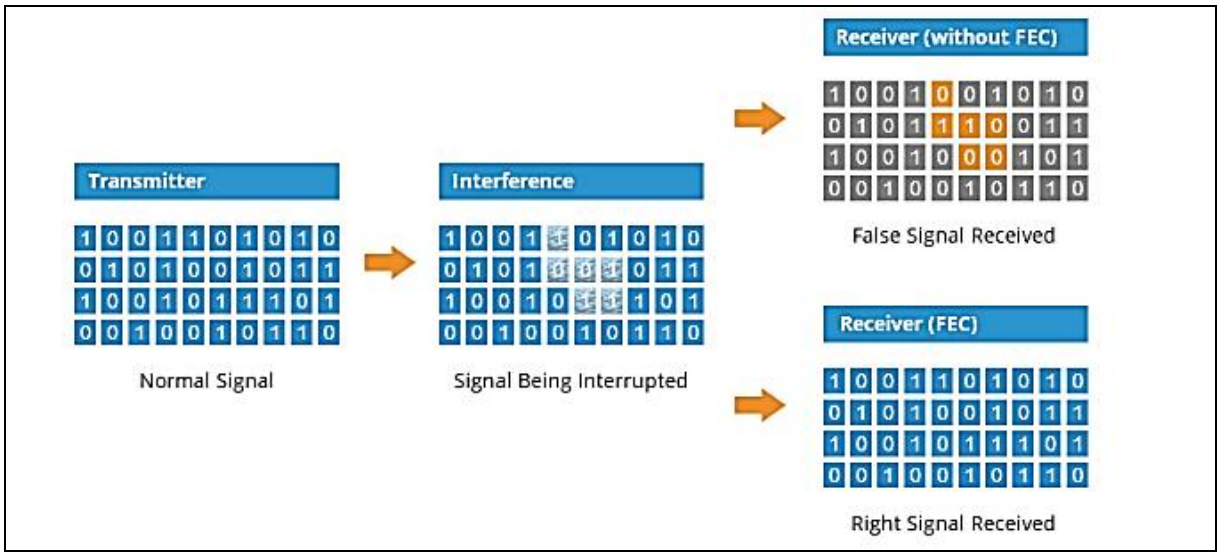


Figure III.11 : Le principe de fonctionnement de FEC. [51]

III.2.6. La phase ranging :

Les ONT étant à des distances variables du NRO, l'OLT met en œuvre le mécanisme dit de « ranging» qui permet de compenser les différences de temps de propagation. Les distances ONT-OLT sont mesurées et chaque ONT se voit affecté d'un retard à l'émission proportionnel à la différence de distance avec l'ONT le plus éloigné. Ainsi, tous les ONT se trouvent-ils artificiellement placés à la même distance du NRO**.** [52]

III.2.7. L'activation de l'ONT : [40]

L'ONT (Optical Network Termination) est un appareil actif installé sur l'abonné qui permet de convertir le signal optique entrant Signal électrique OLT. "Boîte" peut contactez le fournisseur de triple play. Il effectue des tâches liées à la qualité Entretien avec OLT. Si ce le boîtier doit remplir une fonction essentielle (alarme, numéro d'urgence), il doit être opéré enregistré.

Figure III.12 : Exemple d'ONT industriel. [40]

III.3. La variante XGPON1 : [50]

La version 10G du G-PON se nomme XG-PON. Ce nouveau protocole prend en charge un débit descendant de 10 Gbit/s et un débit ascendant de 2,5 Gbit/s. XG-PON (10G down/2.5G up) est essentiellement une version à bande passante supérieure de GPON. Il a les mêmes capacités que GPON et peut coexister sur la même fibre avec GPON. XG-PON a été rarement déployé.

La portée du système dans le cas XGPON est déterminée par le fractionnement. Par exemple, pour un budget de liaison à 32 divisions et à 28 dB, cela équivaut généralement à environ 20 km.

Les avantages de XG-PON sont principalement la standardisation, la maturité, le coût et la consommation d'énergie. XG-PON est destiné à un usage résidentiel.

Conclusion :

La technologie GPON joue un rôle important dans un réseau FTTH. Une architecture de réseau FTTH avec un système GPON est fiable, évolutive et sécurisé. Comme il s'agit d'un réseau passif, il n'y a pas de composants actifs, ce qui réduit considérablement les coûts et les exigences de maintenance du réseau. Un réseau FTTH avec GPON est une solution d'avenir pour la fourniture de services à large bande.

Dans ce chapitre nous avons présenté les réseaux d'accès FTTX ainsi leurs différentes technologies utilisées comme FTTH qui permet d'augmenter très sensiblement le débit de la connexion et la qualité des services avec un intérêt particulier pour le réseau optique passif et son évolution. En fin nous avons détaillé la technologie G-PON.

Chapitre 4

Simulation et Résultats

Introduction :

L'évaluation des performances d'un réseau FTTH GPON est une étape essentielle pour garantir la qualité de service attendue par les abonnés. Cependant, en raison des coûts élevés et de contraintes physiques associées aux déploiements réels, il est souvent nécessaire d'utiliser des simulations pour évaluer les performances du réseau dans différentes conditions.

Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur l'utilisation d'OptiSystem, un puissant outil de simulation optique, pour étudier et présenter les simulations des performances d'un réseau FTTH GPON.

IV.1. Bilan de liaison :

Le bilan d'une liaison optique appelé aussi budget optique comptabilise la perte ou l'atténuation optique possible entre un émetteur (OLT/ONT) et un récepteur (ONT/OLT) reliés par des composants optiques passifs tels que la fibre, les épissures, les coupleurs, et connecteurs. Il constitue la principale limite de l'architecture du réseau de distribution et la portée.

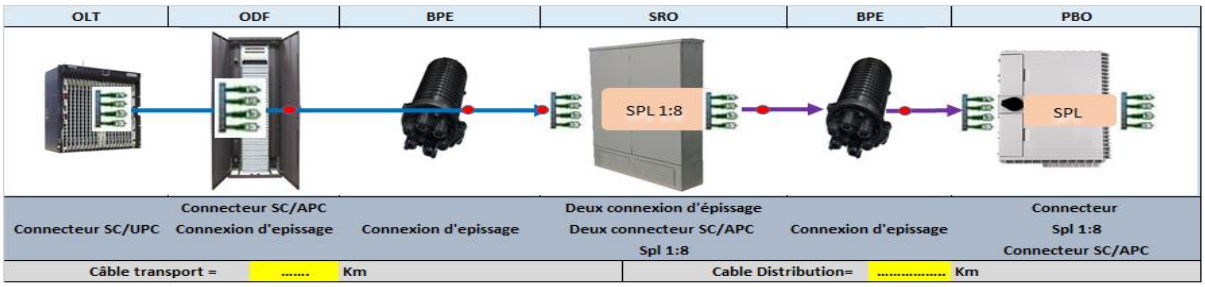


Figure IV.1 : Exemple Synoptique des atténuations du Réseau FTTH.

Le bu1dget optique représente la différence entre la puissance de sortie de l'émetteur et la sensibilité :

Budget optique (dB) = puissance de sortie (dBm) – sensibilité (dBm) (1)

La sensibilité indique la quantité de lumière nécessaire aux circuits des récepteurs pour faire fonctionner l'équipement.

IV.1.1 La portée maximale :

La formule suivante est utilisée pour calculer la portée en fonction du budget optique :

$$la\ portée\ \max(km) = \frac{budget\ optique - pertes - marge}{atténuation\ fibre\ en\ (\frac{dB}{km})} \quad \textbf{(2)}$$

Pour notre projet, nous avons d'abord calculé le budget optique pour divers scénarios, en tenant compte des atténuations spécifiques à chaque composant.

IV.1.2. Calcul des pertes de liaison :

a. Scénario 01 : (Réseau FTTH GPON) :

- Cas 01 : Splitter 1: 64

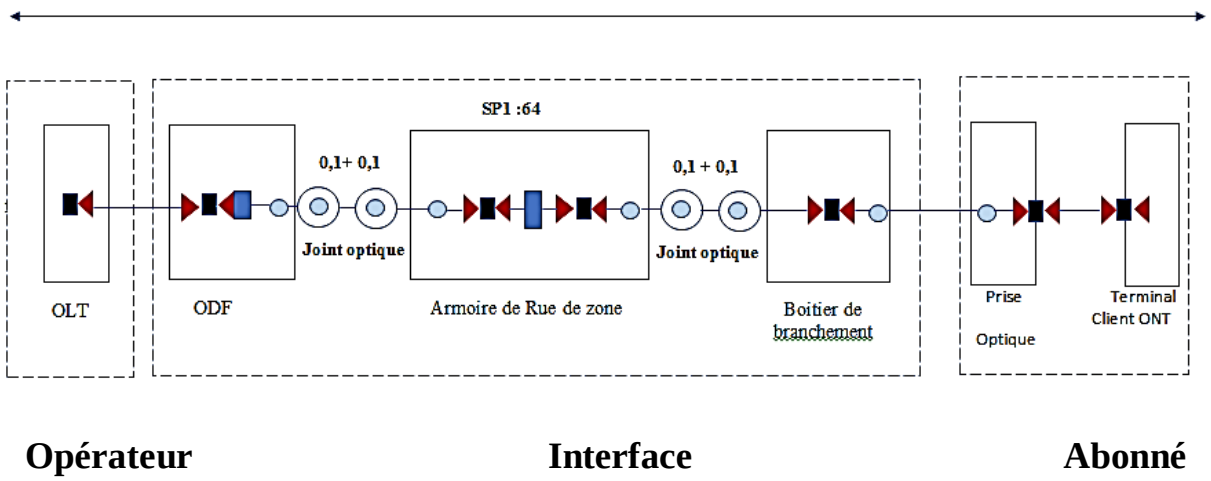


Figure IV.2 : Liaison optique à un niveau 1: 64.

Tableau IV.1 : Calcul de l'atténuation totale de la liaison à un niveau 1 :64.

No.	Désignation	Type	Attenuation (dB)	Nombre	Unité	Pertes d'insertion (db)
1	Câble FO	Affaiblissement cable FO à 1310 nm	0,35	5	Km	1.75
2	Connecteur	Soudure	0,1	6	U	0,6
		Connecteur AC/APC	0,3	8	U	2,4
		Connecteur à montage Rapide	0,5	0	U	0,00
3	Coupleur optique	1 :64	20.1	1	U	20.1
4	Marge (vieillissement+Maintenance)				U	1,50
					TOTAL	**26.35**

∑**Atténuation = [**Affaiblissement à 1310 nm (λ1) x (Longueur du Câble En KM)**]** + Attenuation Coupleur 1:64 (SRO) + [Attenuation des soudures x (Nbre de Soudure)**]**) + Connectique APC x (Nbre de connecteur)**]**

Cas 02 : Splitter 1:2/ 1:32

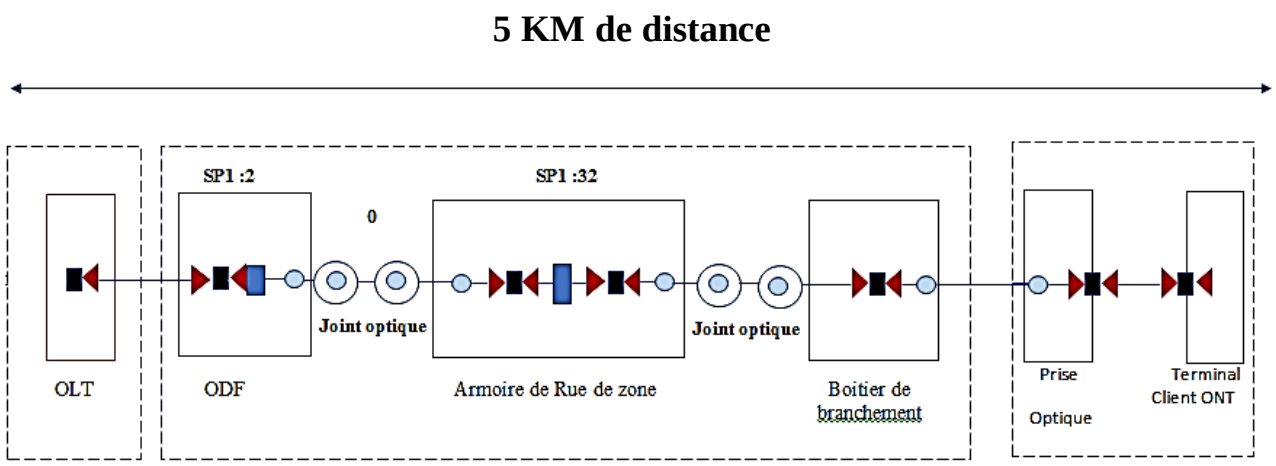


Figure IV.3 : Liaison optique à deux niveaux 1:2 / 1:32.

Tableau IV.2 : Calcul de l'atténuation totale de la liaison à deux niveaux 1 :2/ 1 :32.

No.	Désignation	Type	Attenuation (dB)	Nombre	Unité	Pertes d'insertion (db)
1	Câble FO	Affaiblissement câble FO à 1310 nm	0,35	5	Km	1.75
2	Connecteur	Soudure	0,1	6	U	0,6
		Connecteur AC/APC	0,3	7	U	2,1
		Connecteur à montage Rapide	0,5	0	U	0,00
3	Coupleur optique	1 :2	3.5	1	U	3.5
4	Coupleur Optique	1:32	17.4	1	U	17.4
5	Marge (vieillissement+Maintenance)				U	1,50
					TOTAL	**26.85**

∑**Atténuation = [**Affaiblissement à 1310 nm (λ1) x (Longueur du Câble En KM)**]** + Attenuation Coupleur 1:2 + [Attenuation des soudures x (Nbre de Soudure)**]** + Attenuation Coupleur 1:32+ Connectique APC x (Nbre de connecteur)**]**

Comparaison entre splitter 1 :64 et splitter 1 :32 :

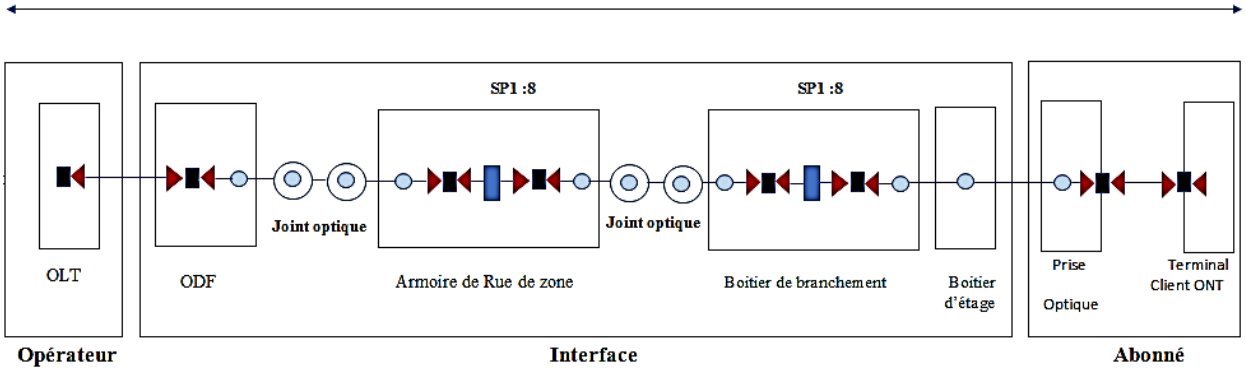
Tableau IV.3 : Comparaison entre 1 :64 et 1 :2/1 :32.

Splitter optique	**Avantages**	**Inconvénients**
1 :64	Munie d 'un unique coupleur Gestion simplifiée Meilleure portée.	Nécessite un déploiement de fibre couteux.
1 :32	Solution évolutive permet d'augmenter le débit seulement en enlevant le coupleur 1 :2.	complexité de la gestion des infrastructures.

Scénario 02 : (Réseau distribué).

- Cas 01 : Splitter 1: 8/ 1:8

05 KM de distance



Opérateur **Interface** **Abonné**

- Adaptateur SC APC
- Connecteur AS APC
- Splicing (Epissure)
- Splitter Optique
- Fibre

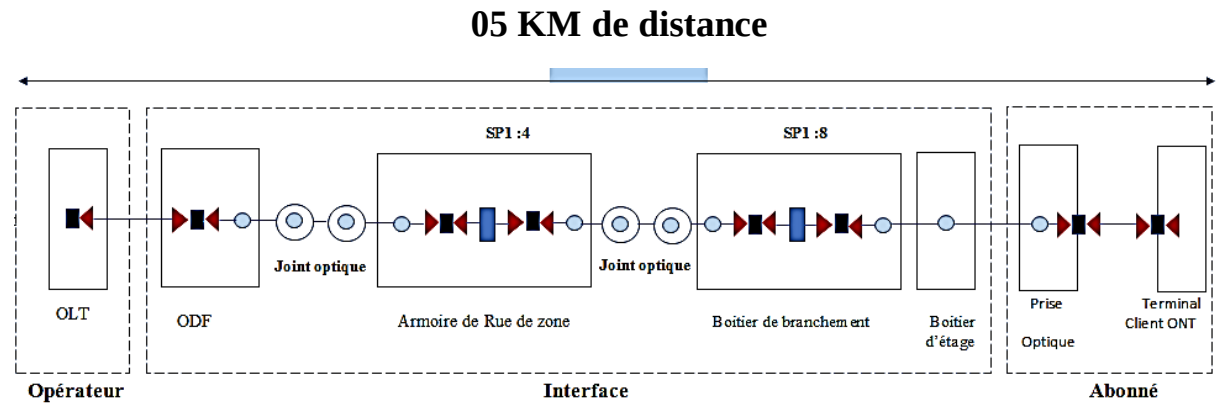
Figure IV.4 : Liaison optique à deux niveaux 1:8 / 1:8.

Tableau IV.4 : Calcul de l'atténuation totale de la liaison à deux niveaux 1 :8/1 :8.

No.	Désignation	Type	Attenuation (dB)	Nombre	Unité	Pertes d'insertion (db)
1	Câble FO	Affaiblissement câble FO à 1310 nm	0,35	5	Km	1.75
2	Connecteur	Soudure	0,1	6	U	0,6
		Connecteur AC/APC	0,3	8	U	2,4
		Connecteur à montage Rapide	0,5	0	U	0,00
3	Coupleur optique	1 :8	10.6	2	U	21.2
4	Marge (vieillissement+Maintenance)				U	1,50
					TOTAL	**27.45**

∑**Atténuation = [**Affaiblissement à 1310 nm (λ1) x (Longueur du Câble En KM)**]** + Attenuation Coupleur 1:8 (SRO) + [Attenuation des soudures x (Nbre de Soudure)**]** + Attenuation Coupleur 1:8(PBO)+ Connectique APC x (Nbre de connecteur)**]**

- Cas 02 : Splitter 1:4/ 1:8



Adaptateur SC APC
Connecteur AS APC
Splicing (Epissure)
Splitter Optique
Fibre

Figure IV.5 : Liaison optique à deux niveaux 1:4 / 1:8.

Tableau IV.5 : Calcul de l'atténuation totale de la liaison à deux niveaux 1 :4/1 :8.

No.	Désignation	Type	Attenuation (dB)	Nombre	Unité	Pertes d'insertion (db)
1	Câble FO	Affaiblissement cable FO à 1310 nm	0,35	5	Km	1.75
2	Connecteur	Soudure	0,1	7	U	0,7
		Connecteur AC/APC	0,3	10	U	3
		Connecteur à montage Rapide	0,5	0	U	0,00
3	Coupleur optique	1 :4	7.0	1	U	7
4	Coupleur Optique	1:8	10.6	1	U	10.6
5	Marge (vieillissement+Maintenance				U	1,50
					TOTAL	**24.55**

∑**Atténuation = [**Affaiblissement à 1310 nm (λ1) x (Longueur du Câble En KM)**]** + Attenuation Coupleur 1:4 (SRO) + [Attenuation des soudures x (Nbre de Soudure)**]** + Attenuation Coupleur 1:8(PBO) + Connectique APC x (Nbre de connecteur)**]**

Comparaison entre splitter 1 :8/1 :8 et splitter 1 :4/1 :8 :

Tableau IV.6 : comparaison entre les deux scénarios de réseau distribué.

Splitter optique	**Avantages**	**inconvénients**
1 :8/1 :8	Simplicité dans la gestion des infrastructures.	Faible portée.
1 :4/1 :8	Utilisé pour les longues distances. Simplicité dans la gestion des infrastructures.	le nombre de clients atteint est de 32.

IV.3. Présentation du logiciel Optisystem (Optical communication system design software) :

OptiSystem est un logiciel de simulation optique puissant et flexible utilisé pour la conception, l'analyse et la simulation de systèmes de communication optique. Il offre un large éventail d'outils et de fonctionnalités permettant aux ingénieurs et aux chercheurs de modéliser et de simuler des systèmes optiques complexes avec précision. [57]

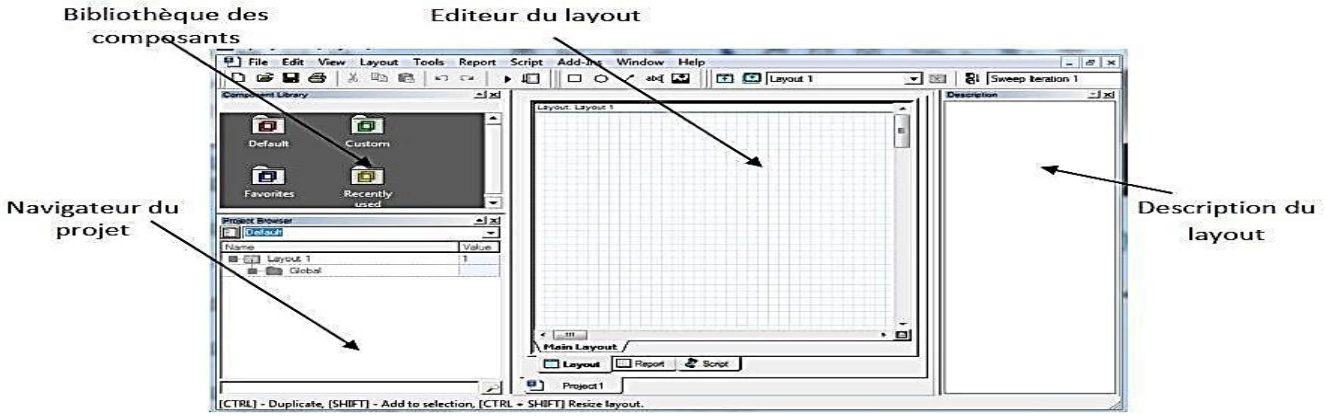


Figure IV.6 : La fenêtre d'OptiSystem.

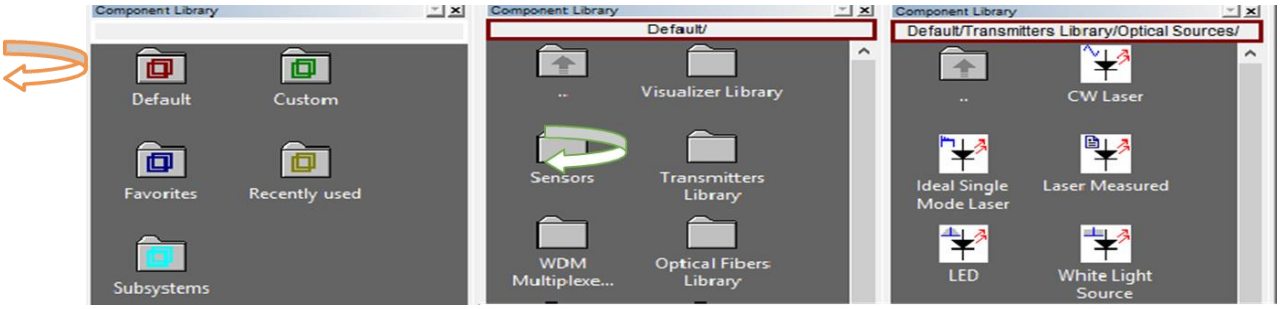


Figure IV.7 : Bibliothèque de composants

Bibliothèque : Une base de données de divers composants.

Editeur du layout : Permet l'édition et la configuration du schéma en cours de conception.

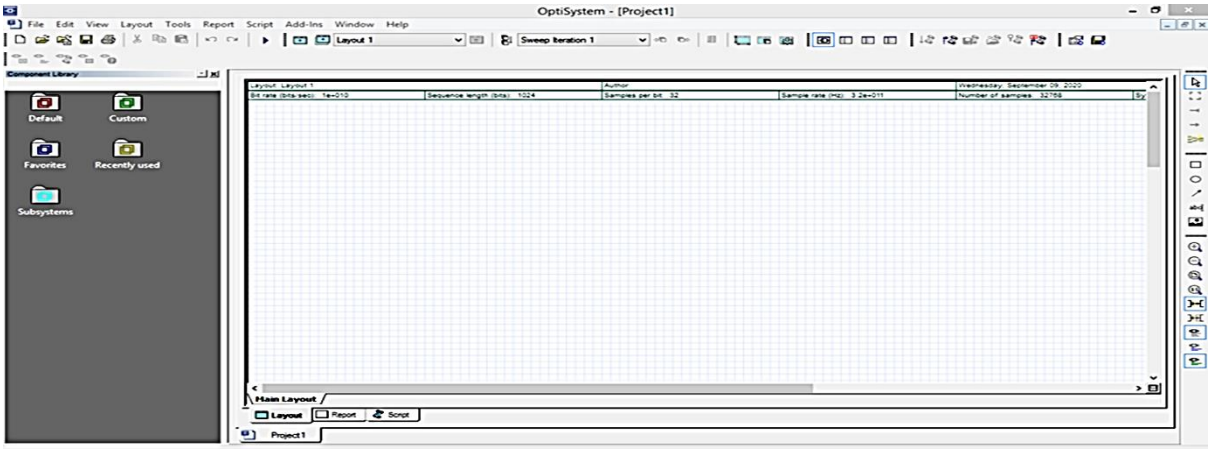


Figure IV.8 : Interface d'utilisateur graphique (GUI).

Projet en cours : Permet la visualisation des divers fichiers et composants correspondant au projet en cours.

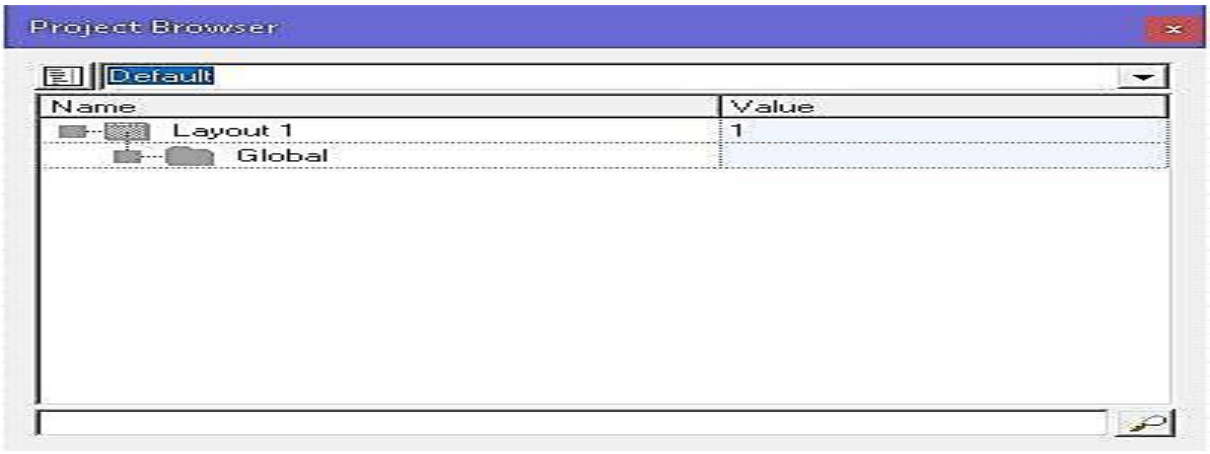


Figure IV.9 : Fenêtre de présentation du Projet en cours.

IV.2.2 Conception d'une liaison optique :

Un système de communication optique est constitué d'un (Figure IV.10) :

- Emetteur.
- Canal de communication
- Récepteur

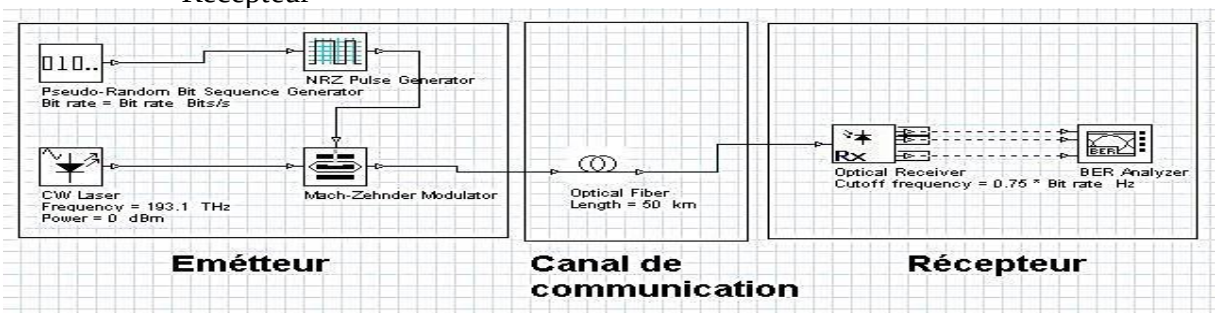


Figure IV.10 : Les composantes d'un système de communication optique.

IV.2.3 Avantages du logiciel OptiSystem : [57]

Les avantages du logiciel OptiSystem sont :

- Obtenir un aperçu de performances du système à fibre optique.
- Fournir un accès direct à des ensembles de données de caractérisation du système.
- Présentation virtuelle des options de conceptions.

IV.2.4 Applications du logiciel Optisystem : [57]

Parmi les diverses applications d'Optisystem nous allons citer dans ce qui suit, les plus utilisés :

- La conception du système de communication optique du composant au niveau de la couche physique.
- Le calcul du taux d'erreur binaire (BER) et le calcul du bilan de liaison.
- La conception des réseaux TDM/WDM et de réseaux optiques passifs (PON).
- L'espace libre pour les systèmes optiques (OSA).
- La conception d'émetteur de canal et d'amplificateur.

IV.2.5 Critères de la qualité d'une transmission :

Il existe divers critères pour évaluer la qualité d'une transmission optique. En général, ces critères sont évalués une fois le signal détecté et sont principalement utilisés en laboratoire pour tester les performances de nouvelles transmissions. Les trois principaux critères pour évaluer la qualité d'un signal transmis sont le taux d'erreur binaire, le facteur de qualité et le diagramme de l'œil. Ces trois critères sont décrits dans la suite : [56]

IV.2.5.1. Le facteur de qualité en amplitude

Le facteur de qualité en amplitude, également appelé facteur Q, est un paramètre utilisé pour quantifier et évaluer la qualité d'un signal optique. Il est calculé en utilisant les statistiques de bruit des niveaux 0 et 1 du signal à détecter.

Le facteur Q permet d'estimer le taux d'erreur binaire sans avoir à compter les erreurs individuelles, mais en considérant simplement l'amplitude moyenne des bits 0 et 1 ainsi que leurs écarts types, représentés par δ0 et δ1. Le facteur Q est défini comme suit :

$$Q = \frac{I1 - I0}{\delta 1 + \delta 0} \qquad \textbf{(3)}$$

Où I0 et I1 sont les valeurs moyennes représentant le signal utile, et δ0 et δ1 sont les écarts types des densités de probabilité des symboles 0 et 1.

IV.2.5.2. Le taux d'erreurs binaire (BER) :

Les données dans les systèmes de transmission sont généralement transmises sous forme numérique, ce qui signifie qu'elles sont représentées par une séquence de bits. Pour évaluer la qualité d'un signal transmis, il suffit de comparer la séquence de bits émise avec celle reçue, ce qui est mesuré par le taux d'erreur binaire (TEB) ou Bit Error Rate (BER) en anglais. Le taux d'erreur binaire est calculé en divisant le nombre de bits erronés par le nombre total de bits transmis.

BER = Nombre de bits erronés / Nombre de bits transmis (4)

En télécommunications optiques, un système est généralement considéré comme de bonne qualité lorsque son taux d'erreur binaire (BER) est inférieur à 10^-9 ou 10^-12, selon les spécifications du système.

IV.2.5.3 Le diagramme de l'œil :

Le diagramme de l'œil est une représentation graphique de la superposition synchrone de tous les symboles binaires d'une séquence transmise. Il est obtenu en observant le signal sur un oscilloscope et permet d'estimer sa qualité. Plus le signal est de mauvaise qualité, plus le diagramme de l'œil est fermé. Un facteur de qualité plus faible indique une détérioration du signal, rendant la détection sans erreur plus difficile.

Le diagramme de l'œil est un outil visuel très utile pour évaluer la qualité du signal, en tenant compte des limitations de réponse de la photodiode et de l'oscilloscope. C'est une méthode efficace pour examiner la qualité du signal de manière visuelle et objective.

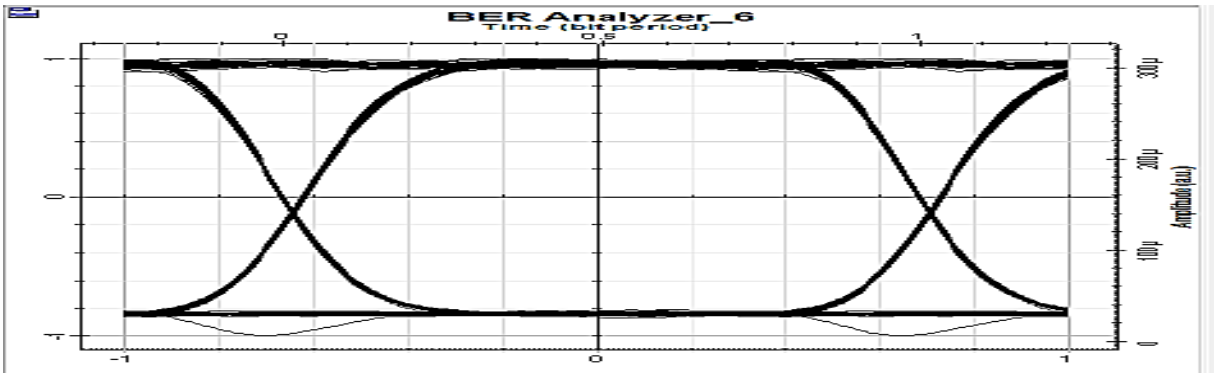


Figure IV.11 : Le diagramme de l'œil.

Le schéma de déploiement FTTH GPON dans promotion EL ITKANE FOES BOUMERDES :

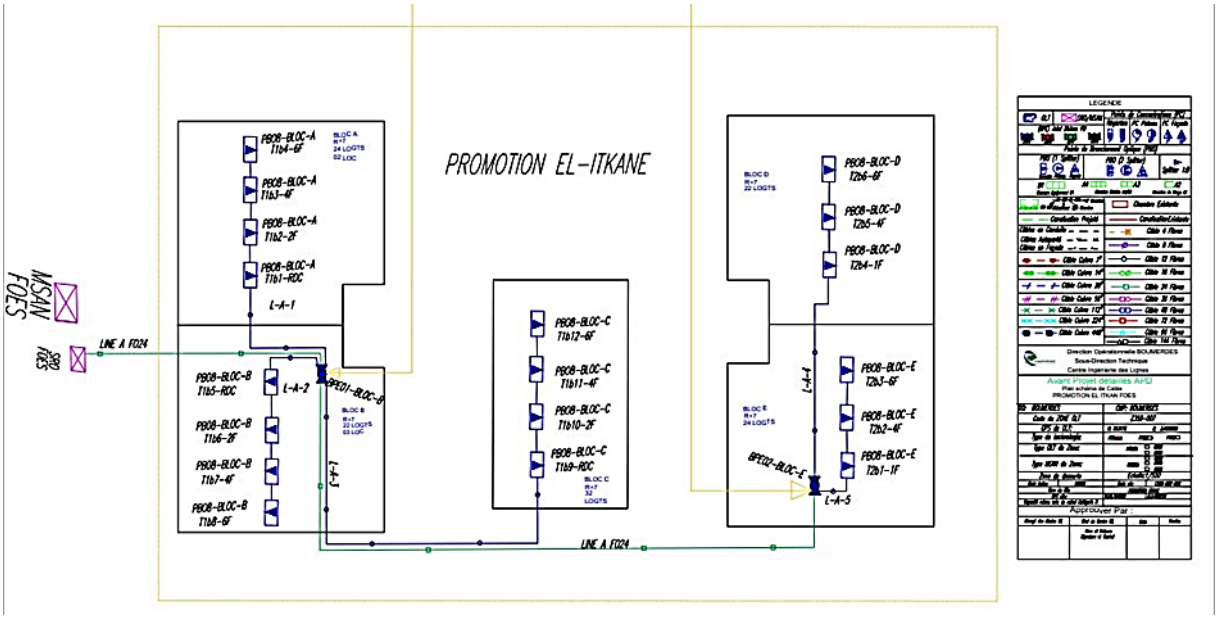


Figure IV.12 : Le schéma de déploiement FTTH GPON dans promotion EL ITKANE FOES BOUMERDES.

IV.2.6 La simulation du réseau FTTH-GPON de la cité FOES PROMOTION EL-ITKAN E :

Un réseau FTTH (GPON) se compose principalement de trois éléments : l'OLT, les ONTs et les splitters. Pour simuler ce réseau, nous avons utilisé une fibre optique pour chaque connexion, avec une longueur d'onde de 1490 nm dans la direction descendante (de l'OLT vers les ONTs) et de 1310 nm dans la direction ascendante (des ONTs vers l'OLT).

IV.2.6.1. Le sens descendant :

Dans le sens descendant, le signal optique est émis par l'OLT et traverse une fibre optique. Ensuite, il est divisé en huit sous-signaux à la sortie du splitter de niveau un (1:8). Chaque sous-signal est ensuite divisé une deuxième fois par le splitter de niveau deux (1:8). Cela aboutit à une configuration comprenant 64 récepteurs ONT.

Définition des paramètres :

Afin de garantir une reproduction précise de toutes les caractéristiques du réseau, il sera nécessaire d'ajuster certains paramètres du modèle dans la simulation. Voici les paramètres imposés pour l'OLT :

- Débit de transmission : 2500 Mbps
- Atténuation de l'OLT : 3 dB
- Longueur d'onde : 1490 nm

La modélisation du canal de transmission comprendra les paramètres suivants :

- Atténuation de la fibre : 0.35 dB/km
- Atténuation du connecteur : 0.3 dB
- Atténuation : 0.1 dB

Ces paramètres permettront de reproduire au mieux les caractéristiques du réseau lors de la simulation.

- **Le montage :**

La Figure IV.13 résume les différents composants utilisés dans la simulation de réseau FTTH type GPON en sens descendent.

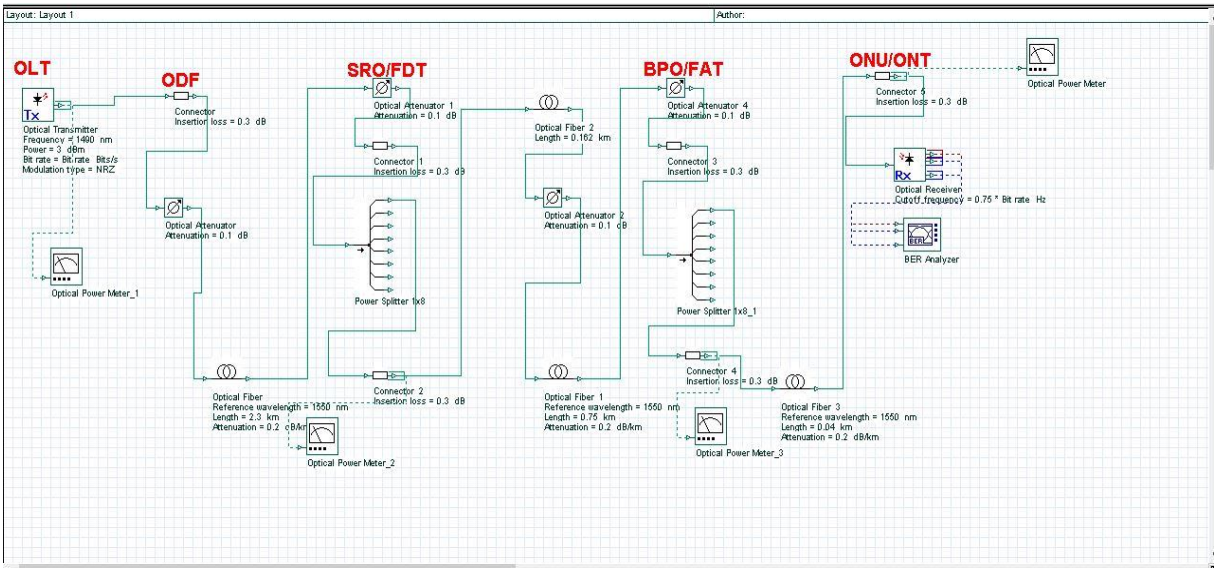


Figure IV.13 : Simulation GPON (Sens descendant).

Les résultats de simulation :

Figure IV.14 : Puissance mesurée.

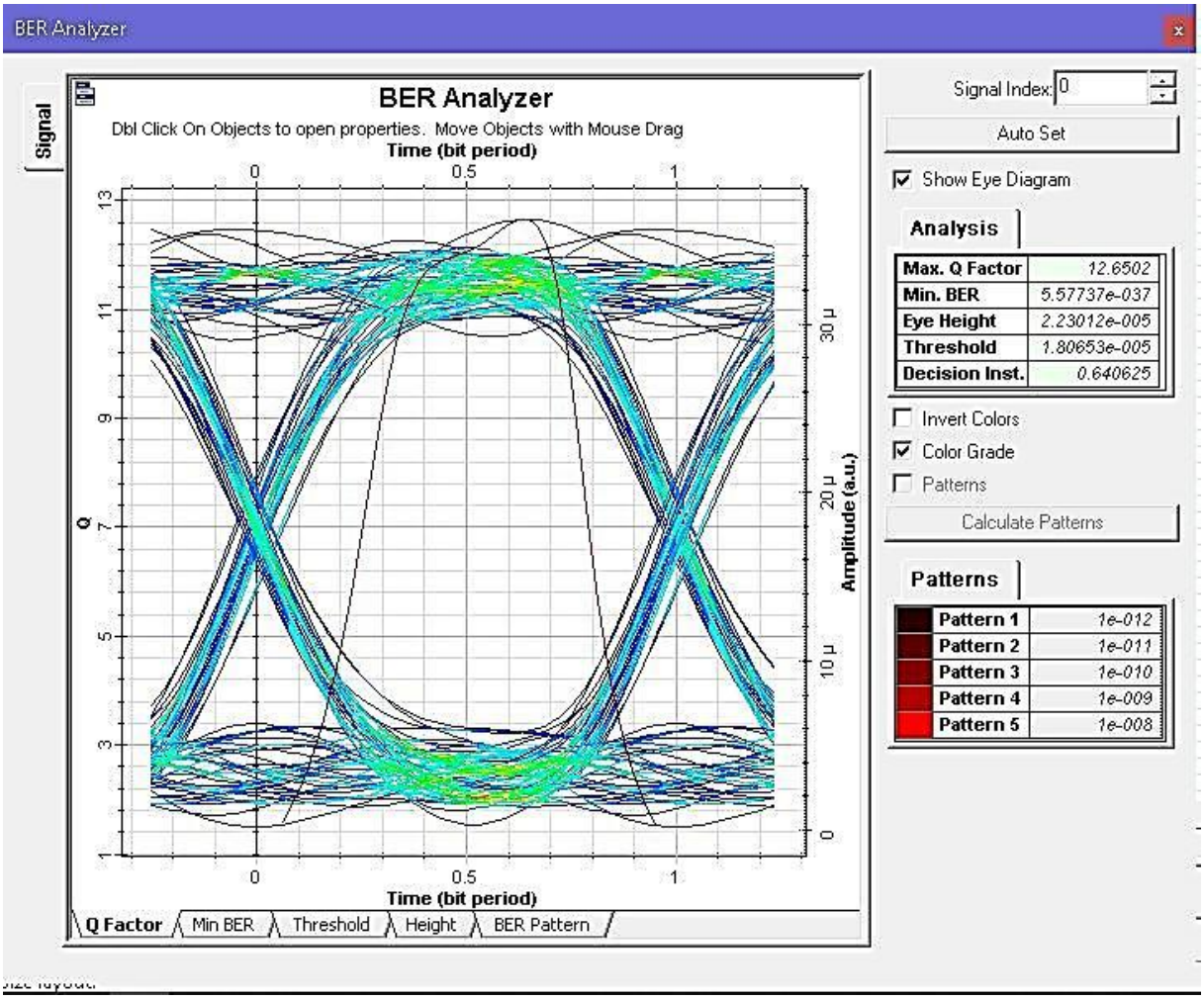


Figure IV.15 : Diagramme de l'œil (sens descendant).

Interprétation des résultats :

- Le taux d'erreur binaire (BER) obtenu est extrêmement faible, mesuré à 5.577×10-37. Cette valeur est bien en dessous de la limite de BER acceptable pour les applications de transmissions numériques, fixée à 10^-9.
- Le facteur de qualité (Q) obtenu est significativement élevé, évalué à 12.65. Cette valeur est le double de la valeur de Q considérée comme acceptable pour ce type de transmissions, qui est de 6.
- L'atténuation mesurée est de 20.56 dB. Cette atténuation est meilleure que celle généralement observée dans les réseaux d'accès multiples classiques, comme l'ADSL (25-30 dB).
- Une observation claire et nette de l'ouverture verticale est visible dans le diagramme de l'œil de la Figure IV.15. Cette caractéristique indique une bonne résistance du système

étudié au bruit, tandis que l'ouverture horizontale témoigne de sa sensibilité à un décalage de l'instant d'échantillonnage. Plus l'œil est ouvert, plus il est facile de distinguer les signaux binaires (1 et 0) dans le signal.

- En conclusion, les résultats de la simulation démontrent que le système atteint aisément un taux d'erreur binaire 5.577 ×10^-37 inférieur à 10^-9et un facteur de qualité supérieur 12 à 6, sans nécessiter l'utilisation d'amplificateurs. Cette performance témoigne d'un comportement très adapté pour la transmission via le réseau GPON dans le sens descendant.

IV.2.6.2. Sens montant :

Le logiciel OptiSystem ne propose pas de solution satisfaisante pour prendre en compte plusieurs transmissions d'abonnés simultanément lors de la simulation. Par conséquent, nous ne simulerons qu'une seule transmission de l'ONT vers l'OLT. Dans le sens montant, le signal optique provenant de l'ONT traversé la fibre optique et les deux niveaux de splitter pour atteindre l'OLT, qui agit comme le récepteur. Les paramètres de cette simulation ont été définis avec un débit nominal de 1,2 Gbp/s et une sensibilité de -29 dBm. La Figure IV.16 illustre la simulation dans le sens montant.

➢ Le montage:

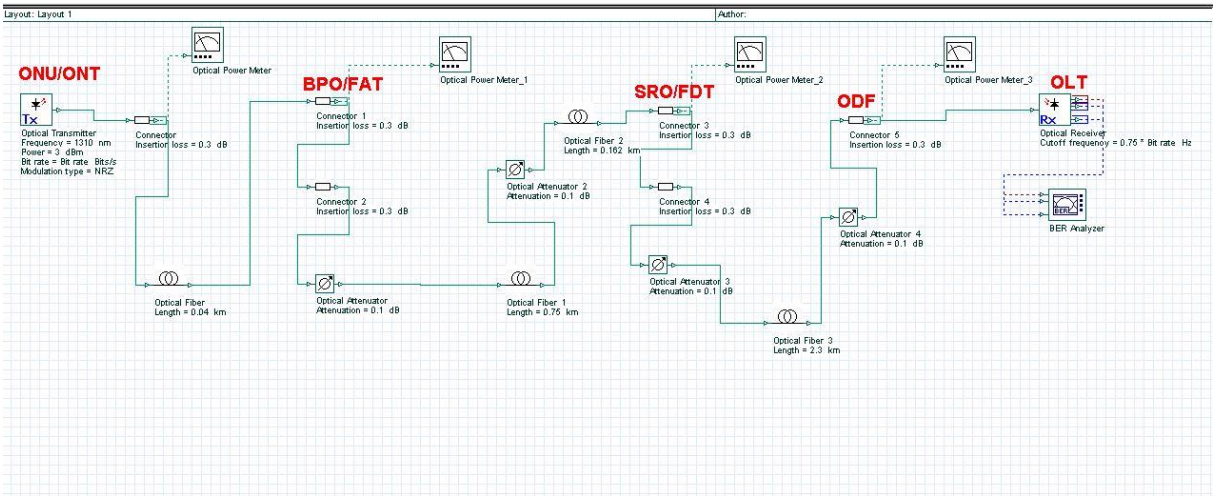


Figure IV.16 : Simulation GPON (Sens montant).

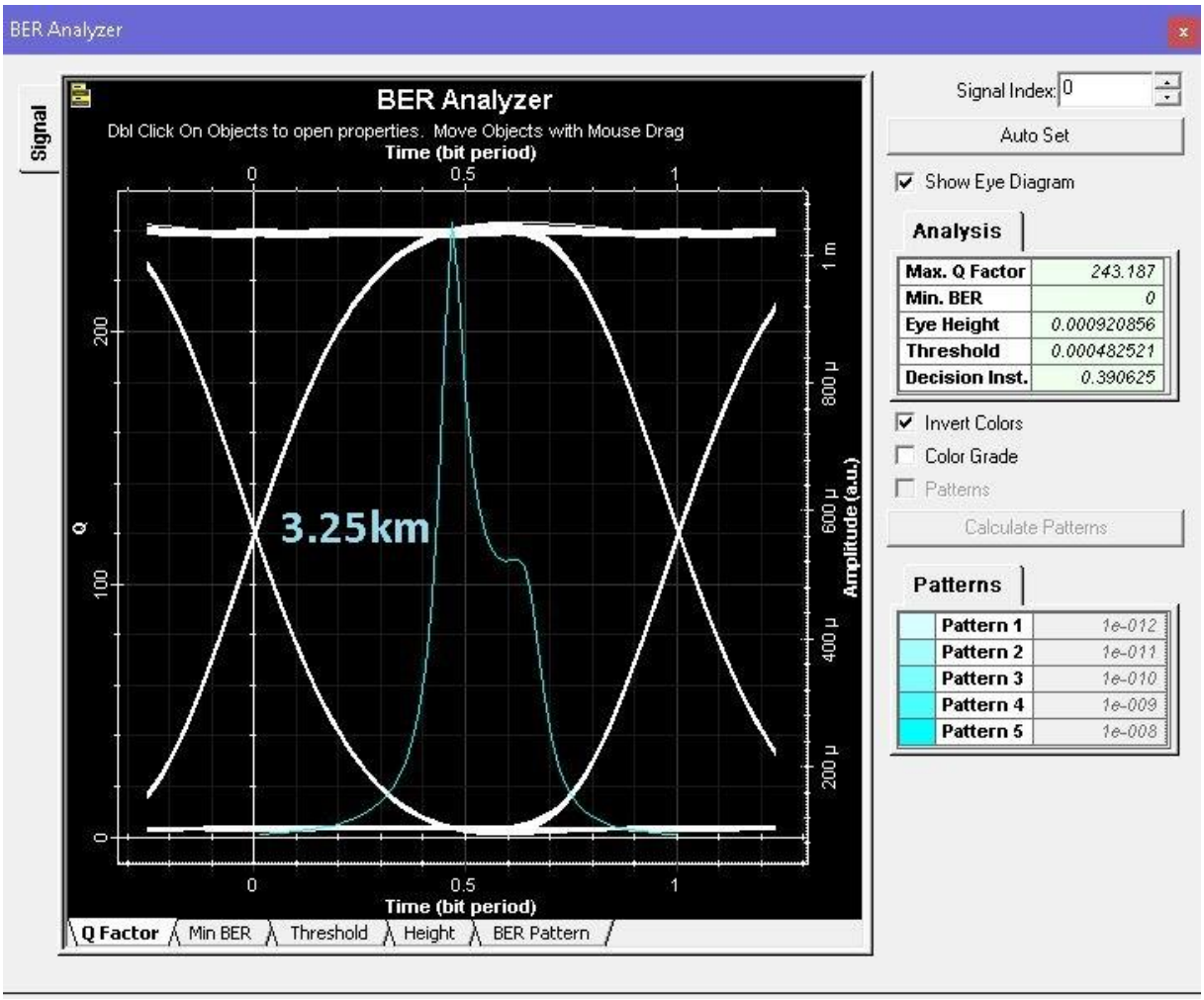


Figure IV.17 : Diagramme de l'œil (sens montant).

Interprétation des résultats :

Les résultats de la simulation indiquent ce qui suit :

- Le Taux d'Erreur Binaire (TEB) obtenu est égal à la valeur idéale de 0. Cela signifie qu'aucune erreur n'a été détectée lors de la transmission.
- La valeur maximale du facteur de qualité est de 243.187, ce qui est considérablement supérieur à la valeur acceptable de 6. Cela démontre une excellente qualité de signal.
- Le diagramme de l'œil, tel qu'illustré dans la Figure IV.17, montre une ouverture claire. Cette caractéristique indique une bonne résistance du système aux interférences et une réception de signal de haute qualité.

En se basant sur ces caractéristiques, on peut conclure que la qualité du signal reçu dans le sens montant est nettement meilleure que celle du signal reçu dans le sens descendant.

En conclusion de la simulation réalisée avec le logiciel Optisystem, le réseau GPON conçu se révèle être très fiable, avec un taux d'erreur binaire très faible (BER). Les facteurs de qualité obtenus dans les deux sens de transmission sont également très élevés. Cela signifie qu'il est facile pour le récepteur de détecter le signal sans erreur, comme le confirment les diagrammes de l'œil clairement ouverts, illustrés par les Figures IV.15 et IV.17. De plus, l'atténuation de bout en bout est considérablement réduite par rapport aux réseaux classiques tels que l'ADSL.

Cette simulation, qui a pris en compte trois critères d'évaluation : le TEB atteint, le facteur de qualité (Q-Factor) et l'atténuation ; démontre clairement que le réseau GPON est extrêmement fiable et performant.

IV. 2.6.3 Etude des performances d'un réseau FTTH G-PON :

IV.2.6.3.1 L'influence de la longueur d'onde :

Tableau IV.7 : L'influence de la longueur d'onde.

Longueur d'ondes	Facteur de qualité Q	BER
1290	271.14	0
1300	260.424	0
1310	243.187	0
1320	229.101	0

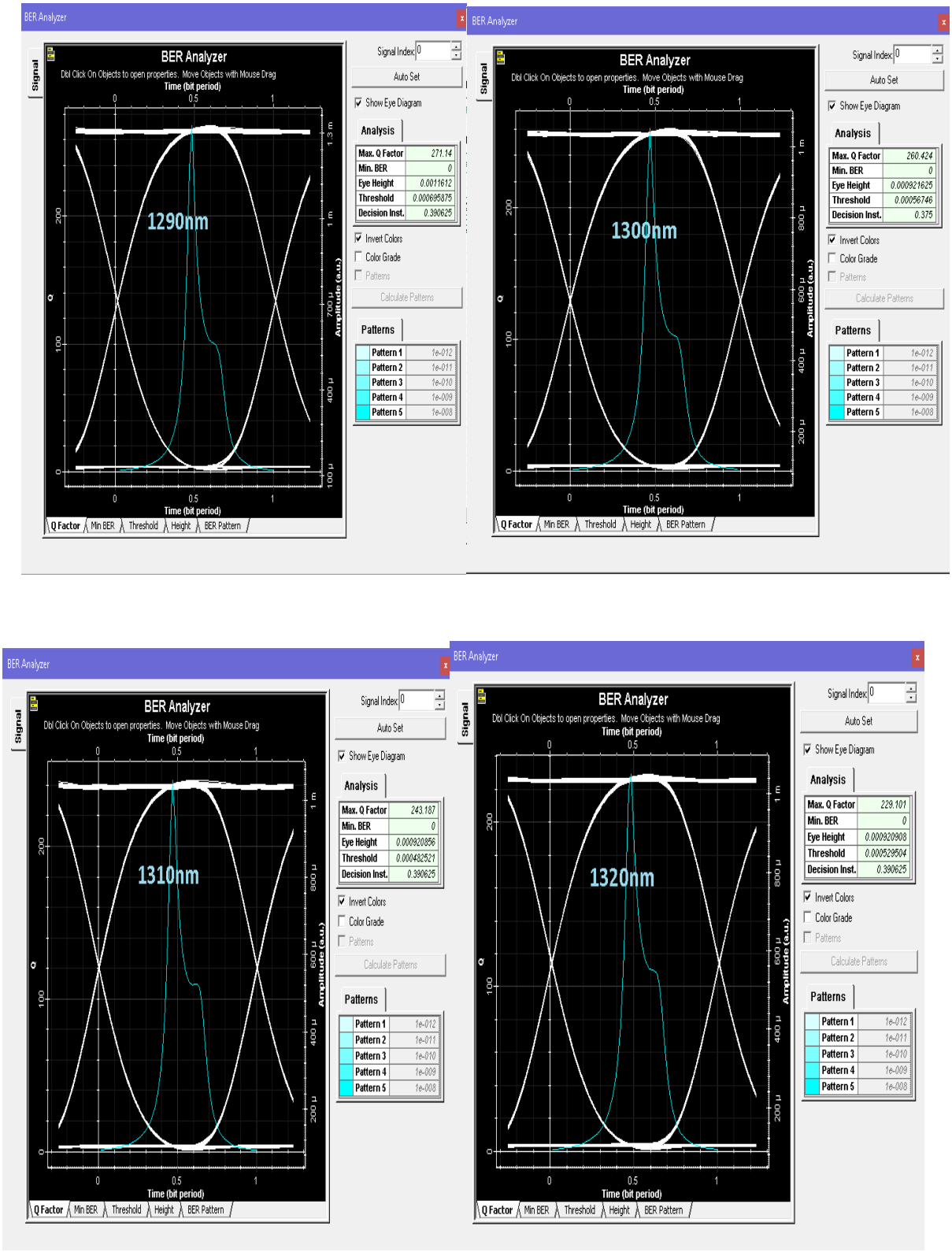


Figure IV.18 : Diagrammes de l'œil en montant pour différentes valeurs de longueurs d'ondes.

Discussion de résultats :

Les observations tirées des tableaux et des diagrammes antérieurs indiquent que :

- Lorsque la longueur d'onde augmente, le facteur Q diminue, entraînant ainsi une diminution de la qualité de la transmission**.**

IV.2.6.3.2 Influence de la longueur de liaison optique OLT-ONT (distance) :

Tableau IV.8 : L'influence de la distance.

Distance (km)	Facteur de qualité	BER
1	301.411	0
2	283.614	0
3	249.136	0
3.25	243.187	0
5	200.175	0
10	99.262	0

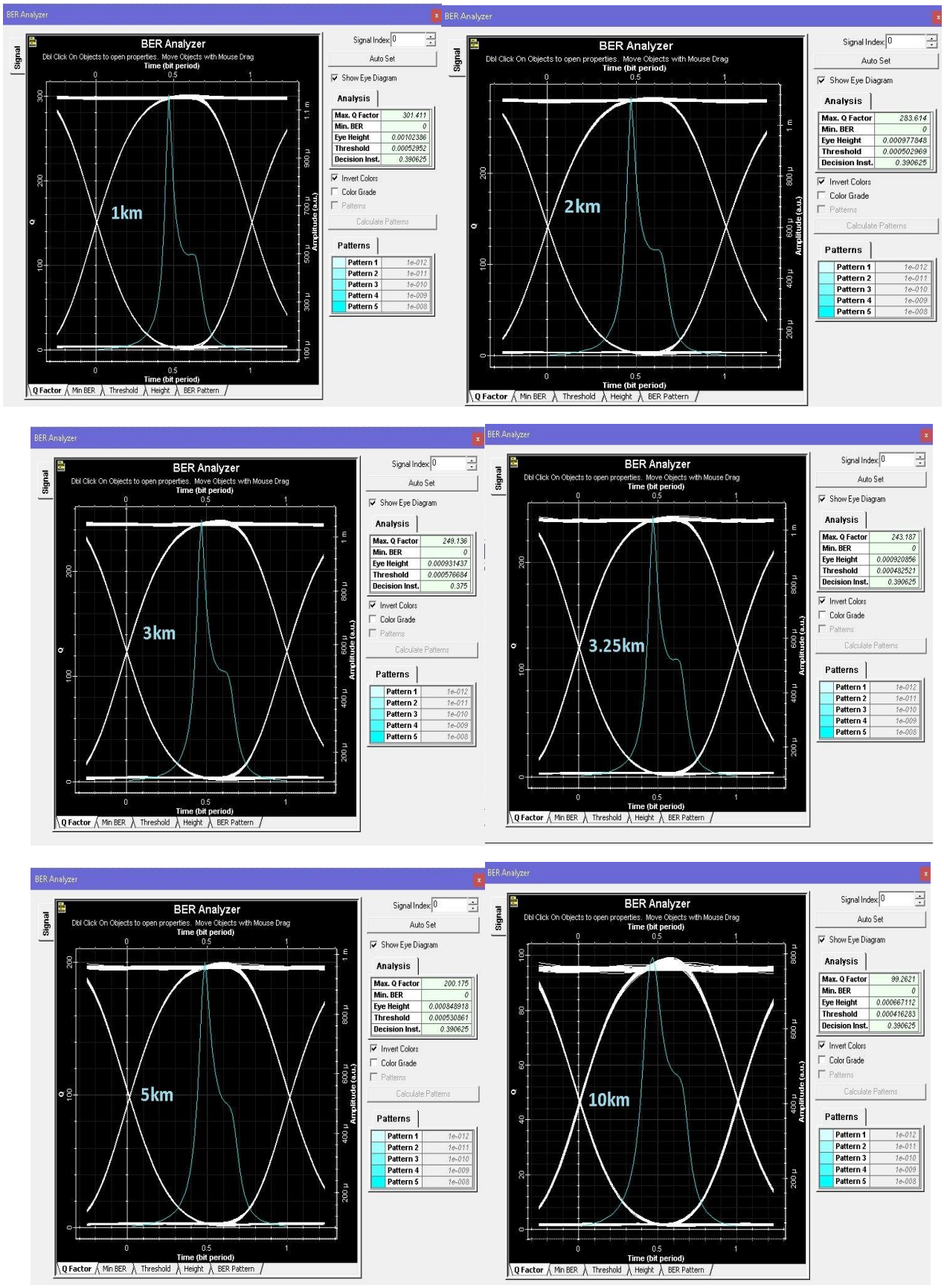


Figure IV.19 : Diagramme de l'œil par variation de la distance.

Discussion des résultats :

Selon les résultats de la simulation, nous avons observé que :

- Lorsque la distance augmente, la qualité de transmission diminue de manière croissante.

IV.2.6.3.3 Effet de l'atténuation sur la transmission :

Tableau IV.9 : Effet d'atténuation sur le facteur Q.

Atténuation dB/km	0.1	0.2	0.3	0.35	0.40
Facteur de qualité Q	243.187	230.005	217.047	210.67	204.369

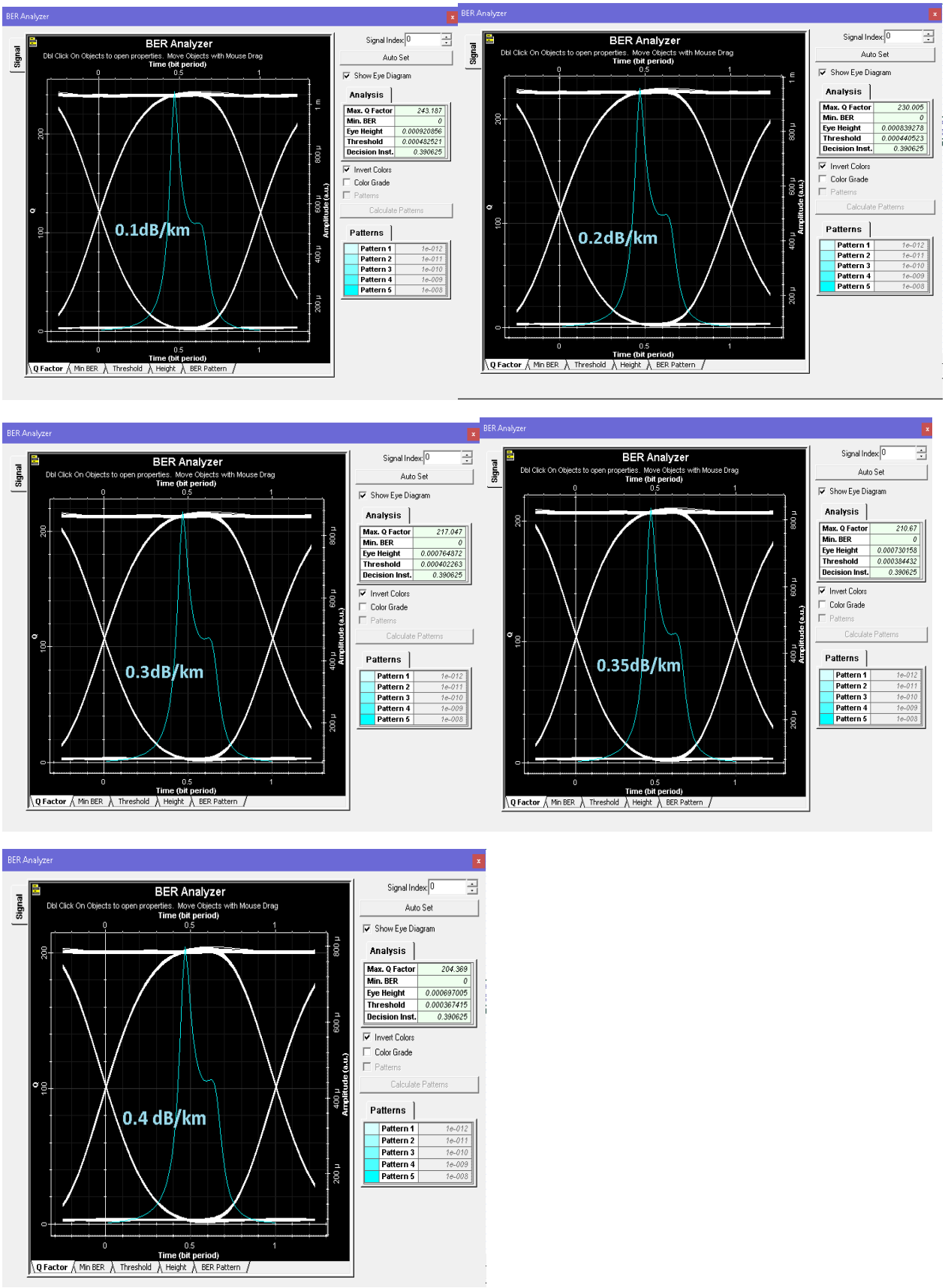


Figure IV.20 : Diagramme de l'œil en fonction de variation d'atténuation.

Discussion des résultats :

- Les résultats de la simulation démontrent que lorsque l'atténuation du signal est élevée, le facteur Q diminue de manière significative.
- Une augmentation de l'atténuation conduit à une fermeture plus prononcée de l'œil, tandis qu'une diminution de l'atténuation entraîne une ouverture plus importante de l'œil.

Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons entrepris des recherches sur les performances de transmission du système FTTH GPON. Nous avons réalisé des calculs de bilan de liaison pour différents scénarios et les avons comparés afin de mettre en évidence ceux qui offrent des avantages et ceux qui sont déployés en raison de l'évolutivité. Cette analyse nous a conduits à constater que le choix de l'architecture doit être fait en fonction des besoins du client en termes de débit et coût, en prenant en compte tous les aspects pertinents de notre situation.

Ensuite nous avons effectué une simulation pour la cité el-ITKANE (en aval et en amont) avec l'OptiSystem, après nous avons examiné l'influence des différents paramètres (longueur d'onde, distance, l'atténuation) sur la performance de la qualité de service.

CONCLUSION GENERAL

L’évolution des réseaux de télécommunication ont donné naissance à de nouvelles technologies de transport de l'information, telles que les réseaux optiques. Aujourd'hui, avec une demande croissante de débit vers les utilisateurs, il est essentiel de se concentrer sur la conception des réseaux d'accès FTTH utilisant la technologie GPON .Ces réseaux ont brisé les barrières des technologies plus anciennes telles que les technologies xDSL.

Cette nouvelle technologie offre des débits et des portées considérablement supérieurs à ceux des techniques xDSL employées actuellement.

Notre mémoire se concentre sur l'analyse de l'évolution des réseaux d'accès depuis leur conception initiale jusqu'à l'avènement de la technologie optique, en particulier le RTC et le NGN. L'objectif principal de cette étude est de mieux comprendre les raisons qui ont poussé Algérie Télécom à adopter ultérieurement les réseaux FTTH GPON, qui ont ensuite été l'objet d'une étude approfondie dans notre travail de recherche.

Dans la dernière partie de notre mémoire, nous avons étudié les performances de transmission du réseau FTTH GPON. En analysant le bilan de liaison de divers scénarios et en les comparant, nous avons identifié ceux qui offrent la meilleure portée ainsi que ceux qui favorisent l'évolutivité à long terme. Nous avons conclu que le choix de l'architecture doit être adapté à nos besoins spécifiques, en prenant en compte tous les aspects pertinents de notre situation.

Par la suite, nous avons fait une simulation avec l’Optisystem, après nous avons examiné l’influence des différents paramètres (longueur d’onde, distance, l’atténuation) sur la performance de la qualité de service. Lors de cette simulation, nous avons pris en considération trois critères d'évaluation essentiels : le taux d'erreur binaire (TEB) atteint, le facteur de qualité (Q-Factor) et l'atténuation. Les résultats obtenus ont clairement démontré que le réseau GPON présente une fiabilité et des performances exceptionnelles.

Ce travail nous a offert l'opportunité d'approfondir nos connaissances théoriques dans le domaine de la transmission sur fibre optique, et il nous a également confirmé que la technologie ne connaît pas de limites en termes de débit. Grâce à cette technologie, les utilisateurs peuvent profiter de connexions Internet à très haut débit, atteignant des débits gigabit par seconde (Gbps). Cette large bande passante permet un téléchargement rapide de fichiers volumineux, une diffusion de contenu multimédia en streaming sans interruption, des jeux en ligne sans latence, et une navigation Internet fluide et réactive. FTTH GPON

transforme véritablement la manière dont nous utilisons Internet, en offrant des performances exceptionnelles et une connectivité de pointe.

Références bibliographiques

[1] https://www.futura-sciences.com/ Visité le 22 mars 2023.

[2] Olivier Tharan, cours Architecture réseaux, Institut Pasteur, 2004.

[3] LESCOP Yves, réseau téléphonique commuté, cours informatique et réseaux, 2002.

[4] BLE Alloué, Avantages et inconvénients des réseaux RNIS ET ADSL, Mémoire d'Ingénieur des Techniques Informatiques, Groupe Ivoire Académie.

[5] Claude Rigault, Principes de commutation numérique, Éditions Hermès.

[6] Siwar GUEMRI, RAPPORT DE STAGE, Tunisie TELECOM - CSC Tataouine, 2013.

[7] https://lafibre.info/reseau-orange/nra-non-degroupe-no-fibre-clv32/ Visité le 22 mars 2023.

[8] https://telecommunications.monsite-orange.fr/ Visité le 25 mars 2023.

[9] A. Oumnad, Réseau Téléphonique Commuté.

[10] Mounir Arioua, Réseau Téléphonique Commuté RTC, école Nationale des Sciences Appliquées de Tanger, Maroc, 2019 sur http://ensat.ac.ma/ Visité le 28 mars 2023.

[11] Youssouf M'madi Djoumbe, Audit et analyse de la qualité et de la performance du réseau de signalisation SS7/SIGTRAN de la Sonatel, mémoire de fin d'étude, Ecole Supérieure Multinationale des Télécommunications, Sénégal, 2011 sur https://www.institut-numerique.org/ Visité le 28 mars 2023.

[12] https://www.mcours.net/ Visité le 30 mars 2023.

[13] http://royale.zerezo.com/talk/Mia09/RTC.html Visité le Visité le 30 mars 2023.

[14] Philippe Latu, Technologie RNIS sur http://www.inetdoc.net/ Visité le 01 avril 2023.

[15] Chaimaa Guendouz, Amel Bougheddou, Etude et Simulation de la qualité de Service (QOS) d'un réseau d'accès fibre optique FTTH-GPON, mémoire de master, Université IBN KHALDOUN, TIARET, 2021/2022.

[16] JRAD Abderrahmane, Réseau Numérique à Intégration des Services, ESPRIT, 2013.

[17] Roger DUZERT, François LAPERRUQUE, Les moyens de communications informatiques des unités, expérimentales du département de génétique animale, v 1.1, SAGA, Toulouse, 1997.

[18] http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr Visité le 01 avril 2023.

[19] Le point sur les technologies xDsl, Département Villes et Territoires, Pole Aménagement Numérique des Territoires, Cerema Direction Territoriale Ouest, 2015.

[20] Nicolas SANTOPIETRO, Youssef ZIZI, Les technologies xDSL, étude bibliographique, Université Claude Bernard Lyon 1, 2007/2008.

[21] François NOUGAROU, structure d'égalisation pour l'ADSl G .DMT, technologie de transmission à haute vitesse, mémoire de fin d'étude, Université du QUÉBEC, 2004.

[22] A.CHAA, «Etude et Réalisation d'une Plateforme Dédiée à la Pratique Télé radiologique», mémoire de master, université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, 2012.

[23] https://www.echosdunet.net/dossiers/differences-adsl-adsl2-et-readsl Visité le 04 avril 2023.

[24] Christian CALECA, Anatomie d'une connexion ADSL sur http://christian.caleca.free.fr/adsl/ Visité le 04 avril 2023.

[25] Imane ABDERRAHIM, Nadjet BELLAZRAG, Migration du réseau RTC au réseau IP MSAN Installation et configuration, mémoire de Master en Télécommunications, université ABOU BEKR BELKAID, Tlemcen, 2016.

[26] Celia IDIRI, Ryma BOUBEKEUR, Etude, installation et configuration d'une centrale téléphonique MSAN, mémoire de master, université MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU, 2016.

[27] Abdelhakim HADJI, Khalid BENAYAD, Etude et implémentation des MSAN dans le réseau d'accès MAROC TELECOM, Projet de Fin d'Etude, Université Hassan Premier, Maroc, 2014.

[28] Huawei, 00374638-Introduction to NGN -V100R067_01.

[29] L'évolution du cœur de réseau des opérateurs fixes, Cabinet Ovum pour le compte de l'Autorité de régulation des Communications électroniques et des Postes, Janvier 2006.

[30] Etude technique, économique et réglementaire de l'évolution vers les réseaux de nouvelle génération (NGN, Next Generation Networks) ; Cabinet Arcome, septembre 2002.

[31] Kamel HJAIEJ, La signalisation dans les réseaux NGN, SUP'COM.

[32] http://www-cours.tem-tsp.eu/~truche/mures3/ Visité le 10 avril 2023.

[33] DJOUAMA Charaff Eddine, Présentation MSAN type ZTE (MSG 5200 & C300M), 2014.

[34] http://www.infitel.co.th/index.php/solution-detail/msan Visité le 10 avril 2023.

[35] Technologie d'accès dite MSAN en cinq points, LTE Magazine, 2017.

[36] Ghefir Mohamed El Amine, planification, ingénierie des réseaux de nouvelle génération – NGN, Mémoire de Magister, université de Tlemcen.

[37] Thomas SAGNIMORTE et Julien MIRGOT, architecture et performance des réseaux FTTx, Omexa Telecom, Lille, 2007.

[38] Les Réseaux d'accès FTTx, LTE Magazine, 2017 sur https://lte.ma/les-reseaux-dacces-fttx/ Visité le 10 avril 2023.

[39] Mémoire sur les réseaux FTTH, cogisys, 2009.

[40] Développement des réseaux à très haut débit, Guide de mise en place de réseaux fibres optiques FTTH, CREDO.

[41] O. Cédricm guide pratique pour le raccordement client au réseau en fibre optique FTTH, 2020.

[42] H. MRABET, Cours Réseau d'accès optique, Institut Supérieur des Etudes

Technologiques en Communications de Tunis, 2011.

[43] https://community.fs.com/ Visité le 20 avril 2023.

[44] Les réseaux PON « Passive Optical Network », livre blanc, 2006.

[45] Comprendre la technologie GPON sur https://www.cisco.com Visité le 20 avril 2023.

[46] Dominique Revuz, Architecture point-Multipoint, Université de Marne-la-vallée sur http://igm.univ-mlv.fr/ Visité le 20 avril 2023.

[47] Réseaux optiques passifs gigabitaires : caractéristiques générales, La Recommandation G.984, Union internationale des télécommunications, 2003

[48] FTTH – GPON, FOCC FIBRE Co sur http://fr.fibresplitter.com/info/ftth-gpon-39176430.html Visité le 1 mai 2023.

[49] https://community.fs.com/ Visité le 8 mai 2023.

[50] David Labroche, GPON FTTH, 2019 sur https://denisetian.wordpress.com/ Visité le 5 mai 2023.

[51] https://community.fs.com/ Visité le 11 mai 2023.

[52] Déploiement des réseaux FTTH en ZMD, Cercle C R E D O, 2012.

[53] Fabia Raharimanitra, Contribution à l'étude des architectures basées sur le multiplexage en temps et en longueur d'onde dans le réseau d'accès, permettant la migration vers la nouvelle génération de PON (NG-PON) à 10 gbit/s, Thèse de Doctorat, Université européenne de Bretagne, 2012.

[54] https://www.azenn.com/content/134-lan-optique-passif Visité le 12 mai 2023.

[55] Daniel TREZENTOS, Standard pour réseaux sans fil : IEEE 802.11, magazine technique de l'ingenieur, 2002.

[56] Ahmed MEGHIT, Mise en œuvre d'un réseau d'accès passif GPON par simulateur OptiSystem, mémoire de Master, université Ziane Achour, Djelfa, 2019.

[57] https://optiwave.com/ Visité le 19 juin 2023.