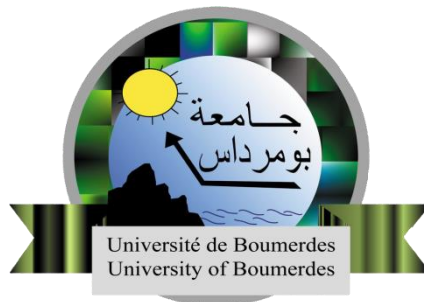


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Mémoire de Master

Présenté par :

**BOUBAKEUR Ibrahim
HARRACHE Bilal**

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en
Génie Electrique
Option : Signal et Communication

Thème :

**Simulation d'une chaine de transmission
par fibre optique et configuration d'un
équipement Huawei OPTIX OSN3500**

Président	Mr MOUATSI	MCB	UMBB
Rapporteurs	M ^{lle} I.MAHDI	MAA	UMBB
Examineurs	Mme MASSOUT	MAA	UMBB
Examineurs	Mr BOURKACHE	MAA	UMBB

Promotion Juin 2017-

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu le Tout Puissant de nous avoir donné la volonté et le courage pour accomplir ce travail.

Nous adressons aussi nos remerciements aux personnes qui nous ont aidé dans la réalisation de ce mémoire, et en particulier:

- *Madame **Ismahan MAHDI** maitre-assistant et doctorante chercheur, faculté de sciences de l'ingénieur (FSI), en tant que promotrice, qui nous a guidé dans notre travail et nous a aidé à trouver des solutions pour avancer.*
- *Madame **Lamia SLIMANI** ingénieur à Algérie Télécom de Bouira, en tant que co-promoteur, et tout le staff du centre d'amplification (CA1, CA2) de Bouira II qui nous a aidés en nous fournissant des données précises sur le fonctionnement de ce dernier.*

*Nous remercions aussi toutes les personnes qui ont répondu à nos questions, même les plus insensées, et précisément Messieurs **Toufik MAHTOUR** chef de centre d'amplification (CA1) de l'Algérie Télécom de Bouira.*

Nous tenons aussi à remercier pour l'honneur que nous font les membres du jury :

*Monsieur **MOUATSI** d'avoir accepté de présider le jury, et d'écouter attentivement notre exposé et ainsi critiquer de façon constructive le travail présenté. Enfin, pour les efforts et le temps qu'il a consacré et continue de consacrer aux étudiants.*

*Madame **MASSOUT** qui nous a fait l'honneur d'être dans notre jury de soutenance.*

*Monsieur **BOURKACHE** pour son assistance technique, sa disponibilité est pour toutes les lumières qu'il a toujours bien voulu m'apporter.*

Dédicaces

*« Louange à Dieu, le seul et unique »
À mes très chers parents et mes frères
et belles sœurs,*

*et à toute la famille BOUBAKEUR
et ZIDOUR*

*À tous mes amis,
À tous ceux qui ont participé de près ou de loin
à la réalisation de ce travail
À tous ceux que j'aime
Je dédie ce modeste travail.*

BOUBAKEUR Ibrahim

Dédicaces.

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur prières tout au long de mes études.

Mes frères et sœurs ainsi que leurs enfants, pour leurs encouragements tout au long de mon parcours universitaire.

Mes chères amis et collègues.

Toute ma famille grande et petite.

Tous ceux qui par un mot m'ont donné la force de continuer.

Tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Bilal HARRACHE

الملخص :

يعتبر هذا العمل نتيجة دراسة اجريت في إطار تحضير مشروع نهاية الدراسة لمدة ثلاثة أشهر داخل وحدة الإرسال لشركة اتصالات الجزائر، والتي تشمل القيام بمحاكاة لسلسلة الانتقال عن طريق الألياف البصرية و برمجة معدات الكترونية لشركة هواوي.

في البداية، سنقدم مجموعة من وسائط الإرسال المختلفة و أهم خصائصها العامة ، ونهتم بالألياف البصرية التي تعتبر حالياً العنصر الأهم في مجال الاتصالات، باعتبارها توفر العديد من المزايا و تسمح بمضاعفة كمية الإشارات في قناة واحدة، إذ يمكن القيام بذلك عن طريق : تقسيم الوقت (TDM) ، توزيع الشفرات (الكود) (CDM) وكذلك تقسيم طول الموجات(WDM).

بعد ذلك، سنقدم دراسة شاملة حول تكنولوجيات PDH و SDH. حيث تعتبر الأولى اول تقنية في مجال الاتصالات الرقمية الحديثة و قد نشأة الثانية بعدها مباشرة لتلبية الطلب المتزايد على الانترنت و خدماتها المختلفة.

وفي النهاية ، سنهتم بعمل محاكاة لسلسلة الانتقال عن طريق تقسيم الوقت(TDM) و ذلك باستعمال برنامج Optisystem ، ونقوم بعد ذلك بتقييم جودة الإرسال عن طريق استخدام مخطط العين وحساب معامل الجودة ونسبة الخطأ للبايت باستخدام تدفقات مختلفة، ونعمل على برمجة مجموعة من المعدات الإلكترونية لشركة هواوي المستخدمة في مركز الارسال بولاية البويرة عن طريق استخدام برنامج T 2000.

الكلمات المفتاحية: وسائل الارسال، الألياف البصرية، تقسيم الوقت، توزيع الشفرات، تقسيم طول الموجات، SDH, PDH ، سلسلة انتقال، Optisystem.

Résumé :

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la réalisation du projet de fin d'études. Il a été effectué sur une durée de trois mois au sein du centre de transmission de la société Algérie Télécom. L'étude consiste à faire une simulation d'une chaine de transmission par fibre optique, et de la configuration d'un équipement Huawei OPTIX OSN 3500.

Dans un premier temps, nous présentons les différents supports de transmission et leurs caractéristiques globales. Nous nous sommes intéressés à la fibre optique qui est aujourd'hui un support essentiel dans la télécommunication. Elle offre beaucoup d'avantages et permet de multiplexer plusieurs signaux dans un canal. Ce multiplexage peut se faire soit par répartition de temps(TDM), par répartition de code (CDM), ou en longueur d'onde (WDM).

Dans un deuxième temps, nous présentons une étude générale sur les technologies PDH et SDH. La PDH est considérée comme la première technique de multiplexage numérique, pour remédier à ses inconvénients est née la SDH. Cette dernière offre la possibilité de transmettre dans une même trame des services de types et débits différents.

Enfin, nous sommes arrivés à réaliser une simulation d'une chaîne de transmission avec le Multiplexage par répartition de Temps (TDM) en utilisant le logiciel OptiSystem. Nous avons évalué la qualité de transmission du signal avec le diagramme de l'œil. Nous avons aussi calculé le facteur de qualité et le taux d'erreur binaire pour différents débits. La plateforme T2000 de Huawei sera exploitée pour réaliser la configuration des équipements Huawei utilisés au niveau du centre d'amplification de Bouira.

Mots clés : support transmission, fibre optique, multiplexage, TDM, PDH, SDH, chaîne de transmission, OptiSystem.

Abstract:

This work lies within the end-of-study project. It is a three-month study carried out at the transmission center of the Algerian Telecom Company. The study consists in making a simulation of a transmission chain by optical fiber, and the configuration of Huawei OPTIX OSN 3500 equipment.

To begin with, we present the various supports of transmission and their general characteristics. We were interested in the optical fiber, which is an essential support in telecommunication today. It offers many advantages and allows multiplexing several signals in a channel. This multiplexing can be done either by: Time Distribution (TDM), Code Distribution (CDM) or by Wavelength Distribution (WDM).

In a second step, we present a general study on PDH and SDH technologies. The PDH is considered as the first digital technique of multiplexing. To cure its disadvantages, SDH was born. The latter offers the possibility of transmitting services of different types and flows in the same screen.

Finally, we were able to carry out a simulation of a transmission chain with the Time Distribution Multiplexing (TDM) by using the OptiSystem software. We have evaluated the quality of the transmission of the signal through the eye diagram. We have also calculated the quality factor and the binary error rate for various flows. The T2000 platform of Huawei will be exploited to carry out the configuration of the Huawei equipment used in the amplification center of Bouira.

Key words: transmission support, optical fiber, multiplexing, TDM, PDH, SDH, transmission chain, OptiSystem.

Sommaire

Remerciement

Dédicace I

Dédicace II

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviation

Introduction général.....1

Présentation de L'organisme d'accueil : Algérie Télécom.....3

Chapitre I : Génitalité sur les réseaux de transmission.

I.1. Introduction5

I.2. Supports de transmission.....5

I.2.1. Les type des supports de transmission.....5

I.2.1.1. Faisceaux hertziens.....5

I.2.1.2. Les Satellites.....7

I.2.1.3. Paires torsadées.....8

I.2.1.4. Câble coaxial.....9

I.2.1.5. Fibre optique.....10

I.2.2. Caractéristiques globales des supports de transmission.....11

I.2.2.1. Bande passante.....11

I.2.2.2. Bruits et distorsion.....12

I.2.2.3 Notion de rapports signal sur bruit.....13

I.2.2.4. Capacité.....13

I.3. Généralités sur la fibre optique.....14

I.3.1. Structure de la fibre optique.....14

I.3.2. Principe de fonctionnement de la fibre optique.....15

I.3.3. Différents types de fibre.....16

I.3.3.1. Fibres multimodes à saut d'indice.....16

I.3.3.2. Fibres multimodes à gradient d'indice.....17

I.3.3.3. Fibres monomodes.....17

I.3.4. Caractéristiques d'une fibre optique.....18

I.3.4.1. L'atténuation.....	18
I.3.4.2. La dispersion.....	20
I.3.4.2.1. Dispersion modale.....	20
I.3.4.2.2. Dispersion chromatique.....	20
I.4. Techniques de multiplexage en optique.....	22
I.4.1. Multiplexage en longueurs d'onde.....	22
I.4.2. Multiplexage par répartition de code.....	24
I.4.3. Multiplexage dans le domaine temporel.....	26
I.5. Conclusion.....	28

Chapitre II : Les technologies de multiplexage.

II.1.	
Introduction.....	29
II.2. La technologie PDH (Plesiochronous Digital Hierachy).....	30
II.2.1 Multiplexage PDH.....	30
II.2.2 Caractéristiques de la technologie de transmission PDH.....	31
II.2.3 Inconvénients de la technologie PDH.....	31
II.3 La technologie SDH.....	31
II.3.1. Multiplexage SDH (Synchronous Digital Hierachy).....	31
II.3.2. Structure de multiplexage SDH.....	33
II.3.3. Insertion d'affluents dans une STM-1.....	35
II.3.3.1. Insertion d'affluent 140Mbit/s dans une STM-1.....	35
II.3.3.2. Insertion d'affluent 34 Mbit/s dans une STM-1.....	39
II.3.3.3. Insertion d'affluent 2Mbit/s dans une STM-1.....	41
II.4. Infrastructure du réseau SDH.....	43
II.4.1. Topologie et systèmes de protection des réseaux SDH.....	44
II.4.2. Systèmes de Protection.....	45
II.4.2.1. Système de protection linéaire MSP 1+1 (Multiplexer Section).....	45
II.4.2.2. Système de protection linéaire 1:1 ou 1:N.....	46
II.4.2.3. Système de protection SNCP.....	46
II.5 : Conclusion.....	47

Chapitre III : Simulation chaine de transmission par fibre optique.

III.1. Introduction.....	48
III.2. Présentation de logiciel de simulation	48
III.3. Schéma de bloc d'une chaine de transmission.....	49

III.4. Simulation d'une chaîne de transmission par fibre optique.....	50
III.4.1. Les étapes de la simulation de la chaîne de transmission.....	51
III.4.1.1. L'étape de multiplexage.....	51
III.4.1.2. L'étapes transmission sur fibre optique.....	53
III.4.1.3. L'étape démultiplexage.....	58
III.5. Conclusion.....	60

Chapitre IV : Configuration d'un équipement Huawei Optix OSN 3500.

IV.1. Introduction.....	61
IV.2. Les Types des équipements OPTIX OSN proposés par Huawei.....	61
IV.3. Principe des Fonctionnement des cartes optiques.....	62
IV.3.1. La Réception.....	63
IV.3.2. L'émission.....	63
IV.4. L'équipement OPTIX OSN 3500.....	63
IV.5. Configuration les équipements OPTIX OSN 3500.....	64
IV.5.1. Présentation de logiciel de configuration (T2000).....	64
IV.5.2. Cahier des charges de configuration.....	65
IV.5.3. Topologie réseau.....	66
IV.5.4. Les étapes de configurations	66
IV.6. Test le fonctionnement des équipements.....	76
IV.6.1. Résultat de PING.....	77
IV.7. Conclusion.....	79
Conclusion générale.....	80

Annexes

Bibliographie

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : L'onde électromagnétique et leurs longueurs d'ondes.....	6
Figure I.2 : Faisceau hertzien.....	7
Figure I.3 : Satellite de télécommunication.....	7
Figure I.4 : Les types de pair torsadé.....	9
Figure I.5 : Câble coaxial.....	10
Figure I.6 : Fibre optique.....	11
Figure I.7 : La bande passante d'un support.....	12
Figure I.8 : Distorsion, atténuation et bruit impulsif.....	13
Figure I.9 : Structure d'une fibre optique.....	15
Figure I.10 : Angle d'incidence d'entrée dans une fibre optique.....	15
Figure I.11 : Fibre à saut d'indice.....	16
Figure I.12 : Fibre a gradient d'indice.....	17
Figure I.13 : Fibre monomode.....	17
Figure I.14 : Effet de l'atténuation.....	18
Figure I.15 : Pertes de propagation de la fibre optique standards.....	19
Figure I.16 : Effet de la dispersion.....	20

Figure I.17 : Retard des modes.....	20
Figure I.18 : Courbe de la dispersion chromatique.....	21
Figure I.19 : Schéma de principe du multiplexage en longueur d'onde.....	23
Figure I.20 : Diagramme du codage des données d'un utilisateur.....	24
Figure I.21 : Différentes techniques OCDM.....	25
Figure I.22 : Chaîne de transmission en CDMA.....	25
Figure I.23 : Diagramme de multiplexage temporel des données.....	27
Figure II.1 : Multiplexage niveau par niveau.....	30
Figure II.2 : Démultiplexage niveau par niveau.....	30
Figure II.3 : La structure de multiplexage des réseaux SDH.....	33
Figure II.4: Passage d'un réseau PDH vers un réseau SDH.....	34
Figure II.5 : Le conteneur C-4.....	36
FigureII.6: Le virtuel conteneur VC-4.....	36
Figure II.7 : L'unité administrative AU-4.....	37
Figure II.8 : Les éléments de sur débit de section SOH.....	37
Figure II.9 : La trame STM-1.....	38
Figure II.10: Processus d'insertion d'affluent 140 Mb/s dans la STM-1.....	38
Figure II.11 : Le conteneur C-3.....	39

Figure II.12: Le conteneur virtuel VC-3.....	39
Figure II.13: L'ajout d'un TU-PTR au VC-3.....	40
Figure II.14: La structure TUG-3.....	40
Figure II.15: Multiplexage par entrelacement des TUG-3.....	40
Figure II.16: Constitution de conteneur C-4.....	41
Figure II.17: Processus d'insertion de l'affluents 34Mbs dans la STM-1.....	41
Figure II.18: Processus d'insertion de l'affluents 2Mbs dans la STM-1.....	42
Figure II.19: La trame STM-n.....	43
Figure II.20: Exemple d'une architecture d'un réseau SDH.....	43
Figure II.21 : Différentes topologies des réseaux SDH.....	44
Figure II.22 : Envoi et réception du trafic via le canal normal.....	45
Figure II.23 : Envoi et réception du trafic sur le canal de protection.....	45
Figure II.24 : Système de protection 1:N.....	46
Figure II.25 : Système de protection SNCP.....	46
 Figure III.1 : Schéma de l'interface OptiSystem.....	 49
Figure III.2 : Le schéma bloc de la chaine de transmission.....	49
Figure III.3 : Schéma globale d'une chaine de transmission par fibre optique.....	50
Figure III.4 : Schéma de multiplexage TDM par optisystem.....	51

Figure III.5 : Le signal optique de la séquence « 00001 ».....	52
Figure III.6 : Schéma de multiplexage TDM par optisystem.....	53
Figure III.7 : Schéma de multiplexage TDM par fibre optique.....	53
Figure III.8 : Le digramme de l'œil (1), le signal optique (2).....	54
Figure III.9 : La qualité de transmission, (1) diagramme de l'œil, (2) le signal optique pour (Dch=17ps/nm/km, FO=25km, débit=2.5Gbit/s).....	55
Figure III.10 : La qualité de transmission, (1) le diagramme de l'œil,(2) le signal optique pour (Dech=40ps/nm/km,FO=100km,débit=10Gb/s).....	56
Figure III.11: La qualité de transmission,(1) le diagramme de l'œil, (2) le signal optique pour (Dech=17ps/nm/km, FO=25km, débit=50Gb/s).....	57
Figure III.12: Schéma de démultiplexage.....	58
Figure III.13 : Le signal de chaque utilisateur après le démultiplexage.....	60
Figure IV.1 : OPTIX OSN 1500A et 1500B.....	61
Figure IV.2 : OPTIX OSN 2500.	61
Figure IV.3: OPTIX OSN 3500.....	61
Figure IV.4 : OPTIX OSN 7500.....	62
Figure IV.5: OPTIX OSN 9500.....	62
Figure IV.6 : Principe des cartes optiques des équipements.....	62
Figure IV.7 : OPTIX OSN 3500 de HUAWEI à Bouira.....	64
Figure IV.8 : Interface de logiciel T2000.....	65
Figure IV.9 : L'anneau de Bouira CA2-Bechloul RSS-M'chdallah URAD.....	66

Figure IV.10 : Résultat de la création des NEs.....	67
Figure V.11 : Résultats de configuration de NE (Network Element) à l'extrémité de Bouira,.....	67
Figure IV.12 : Les slots de l'équipement.....	68
Figure IV.13 : Résultats de la création des SDHs service de la liaison Bouira – Bechoul...	69
Figure IV.14 : Résultats de la création des SDHs services de la liaison Bouira–M'chdallah.	70
Figure IV.15 : Résultat final de configuration de la ligne Bouira-Bechloul.	71
Figure IV.16 : Résultat final de configuration de la ligne Bouira-M'chdallah.....	71
Figure IV.17 : Résultats de configuration de NE (NetworkElement) à l'extrémité de Bechloul.....	72
Figure IV.18 : Création SNCP service.....	73
Figure IV.19 : Résultat final de configuration de la ligne Bechloul-M'chdallah.....	74
Figure IV.20 : Résultats de configuration de NE à l'extrémité de M'chdallah.....	74
Figure IV.21 : Création SDH service en SNCP.....	75
Figure IV.22 : Résultat final de configuration de la ligne M'chdallah –Bechloul.....	76
Figure IV.23 : Test de fonctionnement des trois équipements.....	77
Figure IV.24 : Résultat du test de fonctionnement de l'équipement à Bouira.....	78
Figure IV.25 : Résultat de test de fonctionnement de l'équipement à Bechloul.....	78

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Le degré atténuation selon le milieu traversé.....	6
Tableau II.1: Débits correspondent à la SDH.....	32
Tableau II.2: Comparaison entre les deux standards SDH et SONET.....	33
Tableau III.1 : Résultat de changement de qualité de transmission pour un débit de 2.5Gb/s.....	55
Tableau III.2 : Résultat de changement de qualité de transmission pour un débit de 10 Gb/s.....	56
Tableau III.3 : Résultat de changement de qualité de transmission pour un débit de 50 Gb/s.....	57
Tableau III.1: Cahier de charge de la liaison SDH.....	65

Liste des abbreviations

A:

ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line.

ATM: Asynchronous Transfer Mode.

ASON: Automatically Switched Optical Network.

AU: Administrative Unit.

AUG : Administrative Unit Groupe.

APS : Automatic Protection Switching.

B:

BSC :Base Station Controller

BTS: La station de base

BP: band passant.

BER: Bits Error rate.

C:

CA: Centre Amplification.

CATV:Community Access Television.

CCLT: Centre Combiné Local Transit.

CDMA: Code Division Multiple Access.

CCITT :Comité Consultatif Téléphonique et Télégraphique.

CDM : Code Division Multiplexing .

D:

DWDM : Dense multiplexage en longueurs d'onde

DSLAM : Digital Subscriber Line Access Multiplexe.

DDN: Data Direct Networks.

DOT : Direction Opérationnelles De Télécom.

DRT : Délégation Régionales De Télécom.

E:

EAM: Electroabsorption Modulator Measured

F:

FTTH: Fiber To The Home.

FDM: Frequency Division Multiplexing.

FO: Fibre Optique.

G:

GSM: Global System for Mobile.

H:

HLR: Home Location Register.

I:

ITU: International Telecommunication Union

ICMP: Internet Control Message Protocol.

IP: Internet Protocol.

L:

LTE: Long Term Evolution.

LAN: Local Area Network.

M:

MSAN: Multi Services Access Node.

MSP: Multiplexer Section Protection.

MIC: Modulation Impulsion Codé.

MPLS : Multi Protocole Label Switching

MIE : Multiplexeur Insertion Extraction.

MTS : Multiplexeur Terminal Simplifié.

N:

NGN: Next Generation Networks:

NE: Networks Elements.

O:

OCDM:Optical Code Division Multiplexing.

P:

Pe : Puissance Entries.

Ps : Puissance Sortie.

PDH : Synchronous Digital Hierachy

POH: Path Over Head.

PTR : Pointeur.

R :

RTC : Réseau Téléphonique Commute.

RTCP: Real Time Transport Control Protocol.

RNIS : Reseau Numérique Integration services.

RSS: Remote Subscriber System.

S :

STM: Synchronous Transport Module

SLAM: Subscriber Line Access Multiplexe.

STP: Shielded Twisted Pair.

SONET: Synchronous Optical Network.

SDH: Synchronous Digital Hierarchy.

SOH: Section OverHead.

SNCP: Sub Network Connection Protection.

SAN: Storage Area Network.

T:

TDM: Time Division Multiplexing.

TU: Tributary Unit.

TUG: Tributary Unit Group.

TTL: Time To Live.

U:

UTP : Unshielded Twisted – Pair

URAD : Unité Raccordement Abonné Distant

.

Introduction Générale

Introduction générale :

L'évolution rapide des réseaux de télécommunications est généralement guidée par deux facteurs principaux: l'augmentation du trafic Internet et les progrès technologiques dans les systèmes de télécommunications. Au cours des deux dernières décennies, nous avons été témoins d'une croissance phénoménale de la demande Internet due principalement à l'émergence de nouvelles applications Internet temps réel telles que la vidéo-conférence, la téléphonie IP, le commerce électronique, la diffusion TV HD, les jeux interactifs, etc. Cette croissance de la demande de la bande passante ne cesse de devenir de plus en plus considérable et impressionnante. Même une évaluation conservatrice de la croissance du trafic Internet prévoit encore une augmentation importante pour les années à venir. Tout cela a stimulé automatiquement la nécessité d'accroître la capacité de la bande passante des réseaux de transport. Afin de faire face à cette nouvelle tendance, les opérateurs ont adopté un déploiement à grande échelle des systèmes de transmission à haut débit comme SDH (Synchronous Digital Hierarchy), WDM (Wavelength Division Multiplexing) et DWDM(DenseWDM).

L'avantage majeur de ces réseaux de transport est qu'ils exploitent une infrastructure en fibre optique. Dans les réseaux SDH, le support de transmission optique est utilisé en mode de multiplexage temporel (TDM) ou une seule porteuse (longueur d'onde) est découpée dans le temps en un ensemble de slots permettant le transport des signaux clients. Le débit maximum dans une fibre SDH ne peut pas dépasser 40 Gbps.

Le projet de ce mémoire consiste à comprendre le principe de fonctionnement d'une liaison optique, ce projet débutera par la simulation d'une chaîne de transmission dans laquelle on fait un multiplexage temporel pour les signaux à transmettre à l'aide du logiciel **Optisystem** qui simplifie la tâche et facilite la connaissance, et nous terminons par la configuration de l'équipement **OPTIX OSN3500** de huawei, en utilisant le cahier de charge et la topologie fournis par Algérie télécom, à l'aide de la plateforme T2000 qui permet de contrôler les raccordements topologiques entre les équipements.

Dans le premier chapitre nous présentons l'organisme d'accueil Algérie Télécom et ses tâches principales.

Une étude détaillée est discutée, dans le second chapitre, sur les différents types de supports de transmission et leurs caractéristiques globaux, ainsi qu'un aperçu sur l'ensemble des techniques de multiplexage utilisées dans les réseaux de transmission optique. Une présentation plus détaillée est faite sur le principe de multiplexage par répartition de temps (TDM), le multiplexage par longueur d'onde (WDM) et le multiplexage par répartition de code (CDM).

Le troisième chapitre sera basé sur l'ensemble des technologies de transmission optique, la hiérarchie numérique synchrone (SDH) et la hiérarchie numérique plésiochrone (PDH).

Dans le quatrième chapitre nous procédons à la simulation d'une chaîne de transmission par fibre optique avec multiplexage temporelle (TDM) en utilisant le logiciel OptiSystem. Nous allons évaluer la qualité de transmission du signal avec le diagramme de l'œil et calculer le facteur de qualité Q-Factor ainsi que le taux d'erreur binaire BER pour différents débits.

Le dernier chapitre sera consacré à la configuration de l'équipement OPTX OSN 3500 et le principe de fonctionnement général des cartes optiques suivant le cahier charge et la topologie imposée par Algérie Télécom.

Nous terminons ce mémoire par une conclusion générale pour donner une vision à ce travail.

Présentation de l'organisme d'accueil : Algérie télécom

Présentation de la Direction Opérationnelle des Télécoms de BOUIRA :

La direction opérationnelle des Télécom de la wilaya de BOUIRA (DOT) a été instituée en vertu de la résolution N°8 du conseil d'administration N°38/04/2009 adoptant les grands principes de l'organisation de l'entreprise sous référence AT/DG/DRH/N°042/10, pourtant l'organisation d'Algérie Télécom. Sa compétence territoriale s'étend sur le territoire de la wilaya de BOUIRA.

Missions et objectifs de la Direction Opérationnelle des Télécoms de BOUIRA :

➤ Missions de la DOT de BOUIRA :

Les missions de la DOT couvrent des domaines de gestion des activités de l'entreprise notamment sur le plan technique et commercial

- Missions liées à la sécurité du patrimoine.
- Missions liées à la qualité de service et aux relations clientèles.
- Missions liées au fonctionnement des structures d'Algérie Télécom.

➤ Objectif de la DOT de BOUIRA :

L'objectif au sein de la DOT de BOUIRA est de développer le secteur des télécommunications national, trouver des solutions adaptées aux besoins pour une meilleure prise en charge de clients.

Organisation de la DOT de BOUIRA :

L'organigramme suivant représente les différents services de la direction opérationnelle de Bouira.

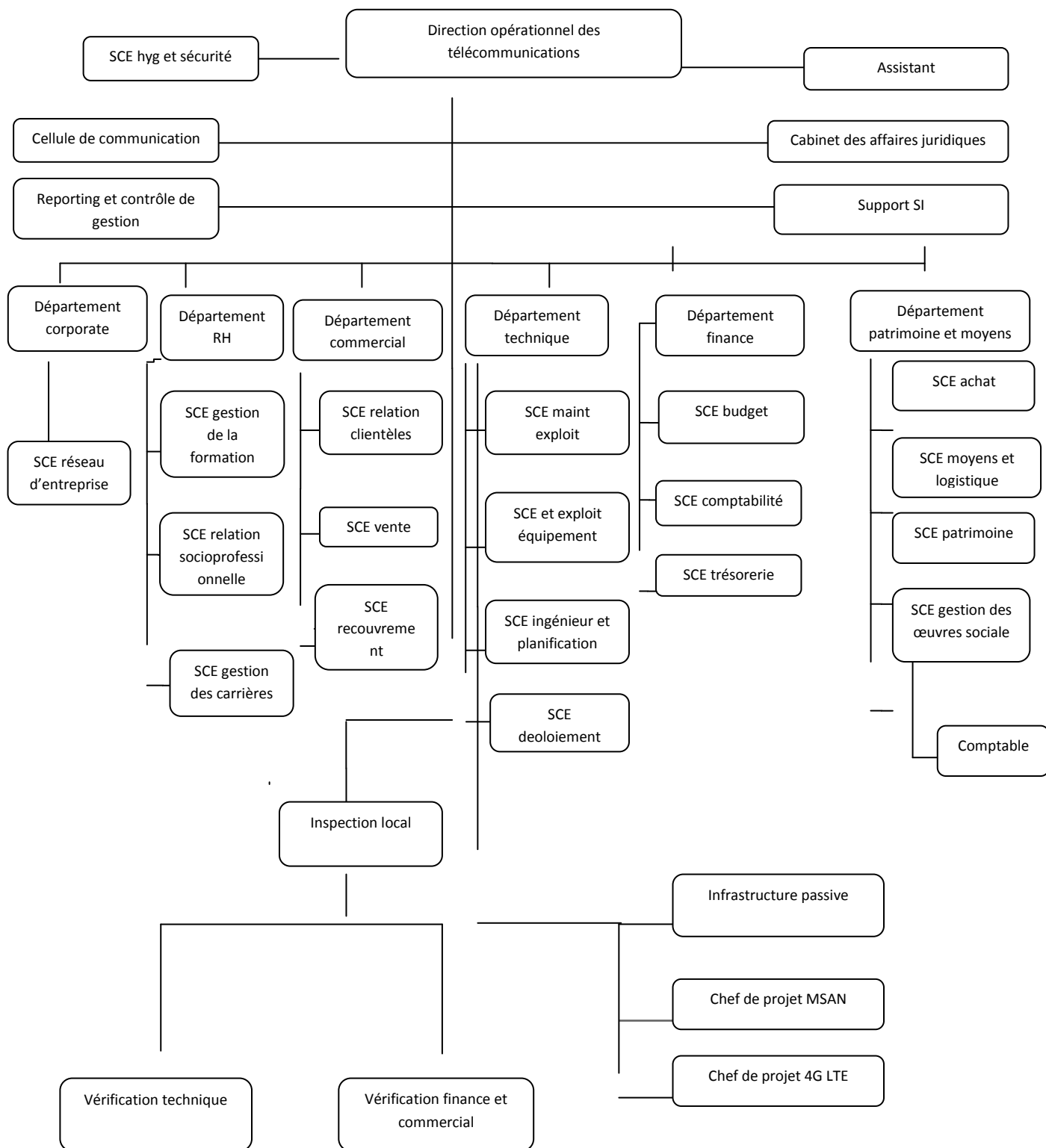


Figure : Organigramme d'Algérie Télécom de Bouira.

Chapitre I :
Généralités sur les réseaux de transmission

I.1. Introduction :

L'infrastructure d'un réseau, la qualité de service offerte, les solutions logicielles à mettre en œuvre dépendent largement des supports de transmission utilisés. Les supports de transmission exploitent les propriétés de conductibilité des métaux (paires torsadées, coaxial), celles des ondes électromagnétiques (faisceaux hertziens, guides d'onde, satellites) ou encore celles du spectre visible de la lumière (fibre optique). Généralement on classe ces supports en deux catégories : [1]

- les supports guidés (supports cuivre et supports optiques)
- les supports libres (faisceaux hertziens et liaisons satellites).

Tous ces guides ont des caractéristiques communes à savoir : la bande passante, bruit et distorsion ... etc. L'augmentation du nombre d'utilisateurs et de la quantité d'informations échangées dans les réseaux de communication a poussé au développement de solutions pour augmenter la capacité des réseaux, et profiter de l'avantage en bande qu'offre la fibre optique. Des techniques de multiplexage ont ainsi été développées qui doivent, néanmoins, respecter la condition nécessaire de pouvoir restituer les données propres à chaque utilisateur après leur transmission sans créer d'interférences entre les données des différents utilisateurs.

I.2. Supports de transmission :

I.2.1. Les types des supports de transmission :

I.2.1.1. Faisceaux hertziens :

Un faisceau hertzien est une onde électromagnétique qui se propage dans l'air ou le vide. L'onde peut être polarisée : horizontale, verticale ou circulaire. En transmission de données il faut souvent des débits information élevés, donc des canaux assez larges et par conséquent des porteuses élevées (800Mhz à 40Ghz).[2]

Le support de transmission est une onde électromagnétique de longueur d'onde comprise entre 10^{-3} m et 10^4 m comme montre la figure suivante :

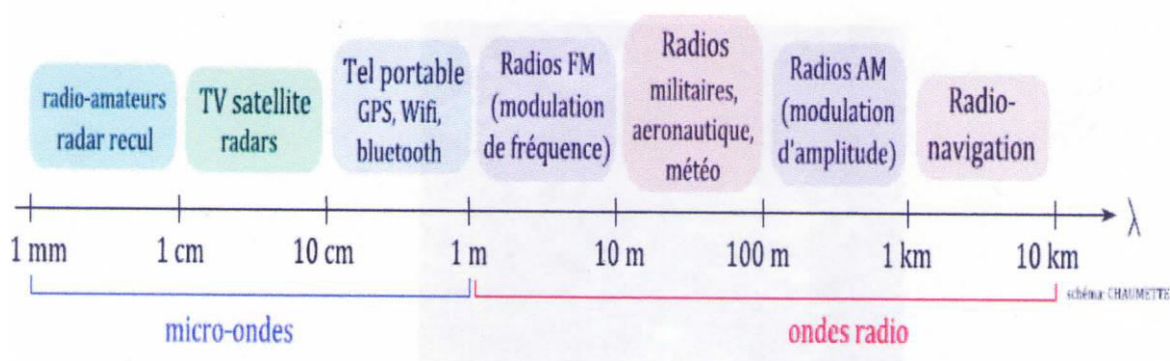


Figure I.1 : L'onde électromagnétique et leurs longueurs d'ondes.

Il est démontré que l'atténuation des ondes dépend du milieu traversé.

Matériau	Béton	Métal	plâtre	Bois	Verre	Brique
Atténuation	Forte	Forte	moyenne	Faible	Faible	Faible

Tableau I.1 : Le degré atténuation selon le milieu traversé.

Le débit dépend de la technologie utilisée pour en mettre l'onde électromagnétique (Wifi : 11Mbps/s sur 100m, Bluetooth : 1Mbps/s sur 10m avec une faible consommation d'énergie. Pour la téléphonie mobile : GSM : 9,6Kbps/s sans trop d'atténuation grâce à des relais, 100Kbps/s pour la 3G, 100Mbps/s pour la 4G...). [3]

En transmission de données, quelques faisceaux Télécom sont encore utilisés en laissions de secours ou pour relier des sites difficiles raccorder. Quelques fréquences ont été libérées pour un usage privé et on voit fleurir des laissions de quelques Km pour relier des sites d'entreprises ou des bâtiments d'habitation... etc.



Figure I.2 : Faisceau hertzien.

I.2.1.2. Les Satellites :

Un satellite de télécommunication représente un point de relais hertzien. En effet, il ne s'occupe pas de la compréhension des données : ce n'est qu'un simple miroir, son rôle est de régénérer le signal qu'il a reçu et de retransmettre sous forme amplifiée à la station réceptrice. Il offre également une capacité de diffusion, c'est-à-dire qu'il peut retransmettre les signaux captés depuis la terre vers plusieurs stations.[4]



Figure I.3 : Satellite de télécommunication.

Parmi l'équipement électronique les plus importants de ce genre de satellites on note :
Les antennes d'émission / réception et les transpondeurs.

- **Les antennes d'émission et réception à bord du satellite :**

Elles définissent les zones de couverture des satellites pouvant comporter un à plusieurs faisceaux. Elles ont le même principe de fonctionnement que celles des stations terriennes.

- **Les transpondeurs :**

Il s'agit d'un appareil automatique qui reçoit, amplifie et retransmet (dans le sens descendant) des signaux sur des fréquences différentes.

I.2.1.3. Paires torsadées :

Une paire se compose de deux conducteurs en cuivre, isolés l'un de l'autre et enroulés de façon hélicoïdale autour de l'axe de symétrie longitudinal, généralement plusieurs paires sont regroupées sous une enveloppe protectrice appelée gaine pour former un câble. Les câbles contiennent 1 paire (desserte téléphonique), 4 paires (réseaux locaux), où plusieurs dizaines de paires (câble téléphonique). [1]

On distingue généralement deux types de paires torsadées :

- Les paires non blindées (UTP :Unshielded Twisted – Pair).
- Les paires blindées (STP :Shielded Twisted – pair).

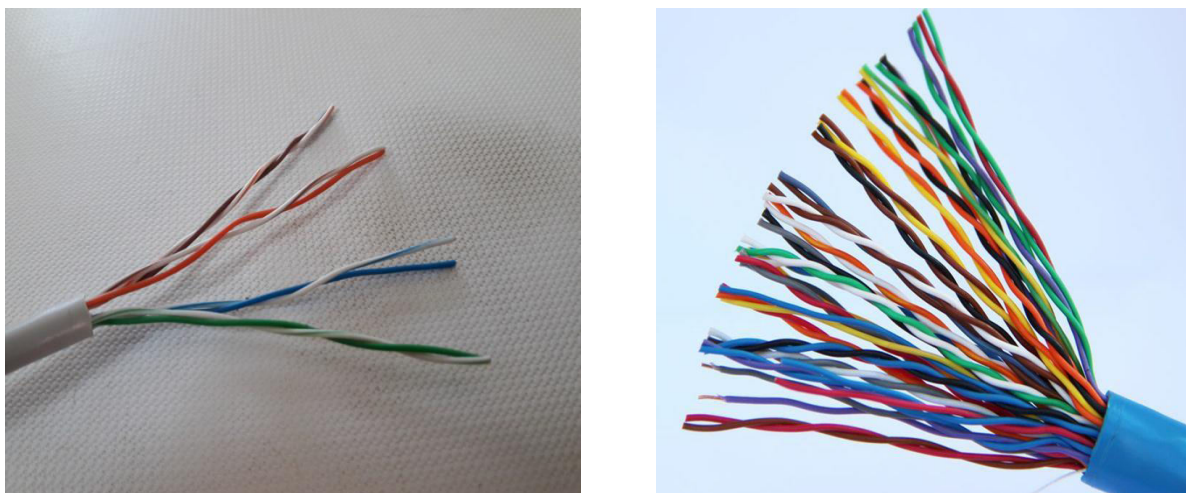


Figure I.4 : Les types de paires torsadés.

I.2.1.4. Câble coaxial :

Une paire coaxiale ou câble coaxial est constitué de deux conducteurs concentriques maintenus à distance constante par un diélectrique. Le conducteur extérieur, tresse métallique en cuivre recuit appelée **blindage**, est mis à la terre. L'ensemble est protégé par une gaine isolante.

Le câble coaxial possède des caractéristiques électriques supérieures à celles de la paire torsadée. Il autorise des débits plus élevés et est peu sensible aux perturbations électromagnétiques extérieures. Le taux d'erreur sur un tel câble est d'environ 10^{-9} .

En transmission numérique, notamment dans les réseaux locaux, on utilise des câbles d'impédance 50Ω à des débits pouvant atteindre 10 Mbit/s sur des distances de l'ordre du kilomètre.

En transmission analogique, le câble coaxial est utilisé pour réaliser des liaisons longues distances. Son impédance est de 75Ω . Ce câble, similaire au câble coaxial utilisé en télévision, est souvent dénommé câble CATV. La bande passante est d'environ 300 à 400 MHz.

Le CATV présente une bonne immunité aux parasites, mais cher et exigeant en contraintes d'installation (rayon de courbure...), il n'est plus utilisé que dans des environnements perturbés ou dans les systèmes sécurisés (rayonnement).

Dans les réseaux locaux, il est remplacé par la paire torsadée et dans les liaisons longues distances par la fibre optique.[1]

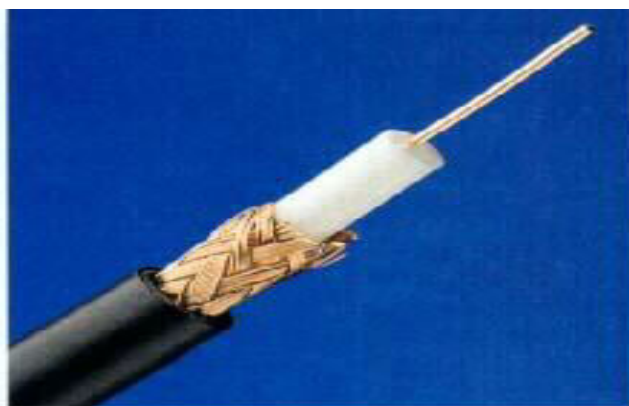


Figure I.5 : Câble coaxial.

I.2.1.5. Fibre optique :

Une fibre optique est constituée d'un fil de verre très fin. Elle comprend un cœur, dans lequel se propage la lumière émise par une diode électroluminescente ou une source laser et une gaine optique dont l'indice de réfraction garantit que le signal lumineux reste dans la fibre.

Les avantages de la fibre optique sont nombreux : diamètre extérieur de l'ordre de 0,1 mm, poids de quelques grammes au kilomètre. Cette réduction de taille et de poids la rend facile à utiliser. En outre, sa très grande capacité permet la transmission simultanée de nombreux canaux de télévision, de téléphone... Les points de régénération des signaux sont plus éloignés (jusqu'à 200 km), du fait de l'atténuation moindre de la lumière. Enfin, l'insensibilité des fibres aux parasites électromagnétiques est un avantage très apprécié, puisqu'une fibre supporte sans difficulté la proximité d'émetteurs radioélectriques. On peut l'utiliser dans des environnements perturbés (avec de puissants champs électromagnétiques, par exemple). Par ailleurs, elle résiste bien aux écarts de température. La fibre optique

constitue la plupart des artères des réseaux de télécommunications et des réseaux locaux à très haut débit.

Les premières fibres optiques employées dans les télécommunications, apparues sur le marché à partir des années 1970, étaient multimodes (à saut d'indice ou à gradient d'indice, selon que l'indice de réfraction de la lumière varie de manière brutale ou progressive entre le cœur et la gaine de la fibre). Ces fibres étaient réservées (et le sont encore) aux débits inférieurs au Bxbit/s, sur des distances de l'ordre du kilomètre. Plusieurs longueurs d'onde bien choisies se propagent simultanément en de multiples trajets dans le cœur de la fibre. Pour des débits plus élevés et des distances plus longues, la fibre monomode, de fabrication plus récente, plus fine, assure la propagation d'une seule longueur d'onde dans son cœur (quelques micromètres de diamètre) et offre donc de meilleures performances. [5]

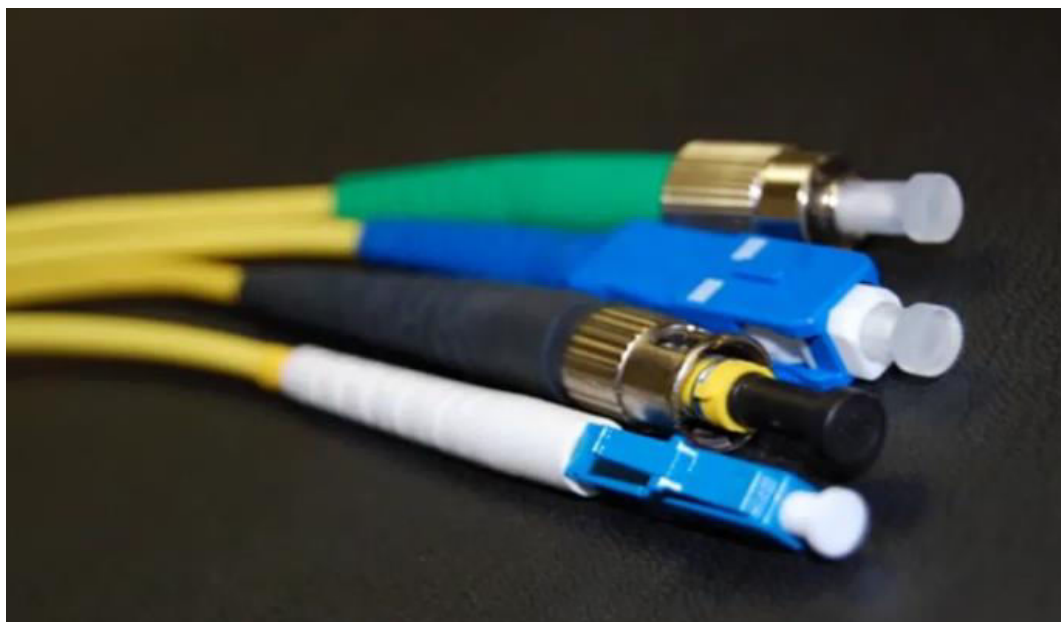


Figure I.6 : Fibre optique.

I.2.2. Caractéristiques globales des supports de transmission :

I.2.2.1. Bande passante :

En général, on caractérise un support par sa bande passante à 3dB :
C'est la plage de fréquence dans laquelle les signaux appliqués à l'entrée du support subissent un affaiblissement inférieur à 3dB (figure I.7)

L'affaiblissement A (en dB) d'un signal est donné par la formule suivante :

$$A = 10 \cdot \log \left(\frac{P_e}{P_s} \right). \quad \text{I.1}$$

Avec :

P_e : la puissance d'entrée.

P_s : la puissance de sortie.

Pour que A inférieur à **3dB**, il faut, donc, que la puissance de sortie soit supérieure à la moitié de la puissance d'entrée c'est-à-dire : **$P_s \geq P_e/2$** . [3]

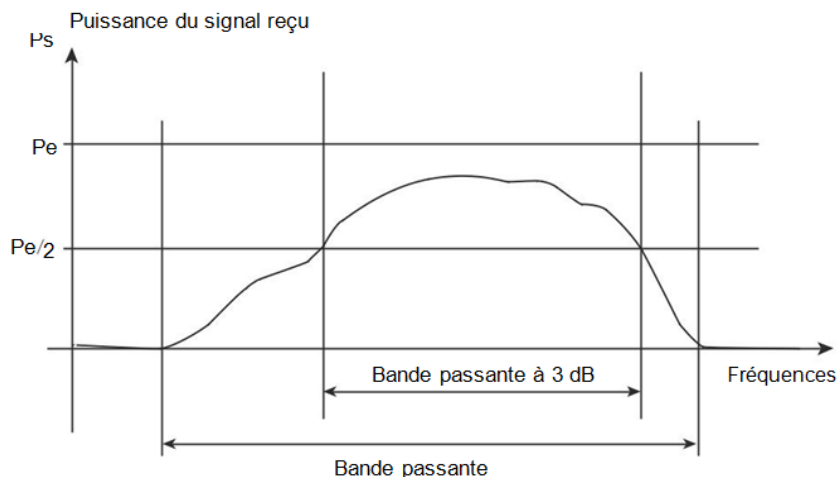


Figure I.7 : La bande passante d'un support.

I.2.2.2. Bruits et distorsion :

La distorsion (comme l'atténuation) du signal peut affecter celui-ci jusqu'à le rendre non reconnaissable par le récepteur. Par exemple, les bruits impulsionnels sont souvent une intensité élevée, pouvant alors générer des erreurs de transmission (figure II.8)

Toutefois, ces phénomènes peuvent être limités par le bon choix de supports de transmission. [3]

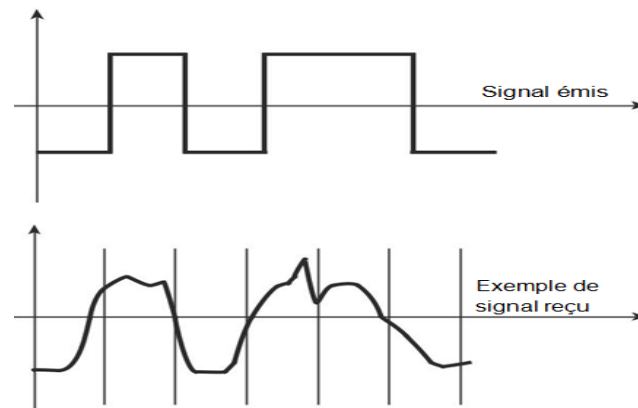


Figure I.8 : Distorsion, atténuation et bruit impulsif.

I.2.2.3 Notion de rapports signal sur bruit :

La quantité de bruit présente sur un canal de transmission est exprimé par le rapport de la puissance du signal transmis sur la puissance du bruit et prend le nom de rapport signal sur bruit, nous écrivons ce rapport S/B et on a coutume de l'exprimer sous la forme.[4]

$$R = 10 \cdot \log \left(\frac{S}{B} \right) \text{ (dB)}. \quad \text{I.2}$$

I.2.2.4. Capacité:

La capacité d'un support de transmission représente la quantité d'information maximale transportée par unité de temps:

$$D_{\max} = M_{\max} \cdot \ln \left(\sqrt{1 + \frac{S}{B}} \right) = BP \cdot \ln \left(1 + \frac{S}{B} \right). \quad \text{I.3}$$

Ou D le débit (en bit/s), BP est la bande passante du support (en Hz) et S/B est le rapport signal sur bruit (exprimé en valeur et non en dB)

I.3. Généralités sur la fibre optique :

En 1980, les premiers systèmes de transmission optique apparaissaient. Ce développement commercial est l'aboutissement de plus de deux décennies de recherche de base pour obtenir des composants et dispositifs (en particulier des sources), mais aussi des fibres dont l'atténuation est compatible avec les exigences d'un réseau de télécommunication.

Les premières années de la fibre optique sont marquées par des évolutions importantes. Le passage consécutif de la première fenêtre de transmission autour de 850 nm (fibre multimode) à la deuxième autour de 1310 nm (minimum d'atténuation d'environ 0,3 à 0,4 dB/km), puis à celle autour de 1550 nm (minimum d'atténuation de 0,15 dB/km), qui est la norme aujourd'hui en matière de réseau.

Ces changements de fenêtre de transmission ont été rendus possibles par l'amélioration des techniques de fabrication des préformes et au développement des sources optiques.[5]

I.3.1. Structure de la fibre optique :

La fibre optique est un fil en verre ou en plastique très fin qui a la propriété d'être un conducteur de la lumière et sert dans la transmission de données.

La fibre optique est composée des éléments de base suivants comme la figure I.9 :

- **Cœur (1) :** Milieu diélectrique intérieur, conducteur de la lumière où sera confinée la plus grande partie de l'énergie lumineuse véhiculée dans la fibre d'indice de réfraction **n_1** .
- **Gaine (2) :** Entoure le cœur d'un milieu diélectrique, d'indice de réfraction **n_2** plus faible. Les pertes des rayons lumineux se produisent dans la gaine.
- **Revêtement de protection (3) :** Assure une protection mécanique de la fibre.

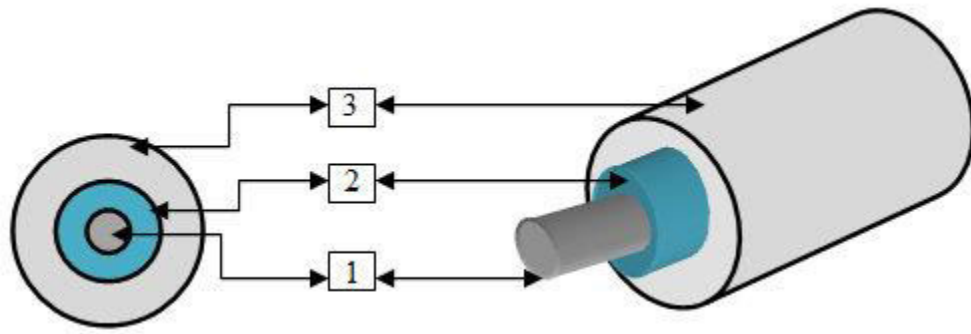


Figure I.9 : Structure d'une fibre optique

Le cœur et la gaine optique sont responsables de la propagation du signal lumineux au sein de la fibre. En effet, nous verrons par la suite, que c'est grâce à la différence d'indice de réfraction des deux milieux (cœur + gaine) que la propagation est possible.[5]

I.3.2. Principe de fonctionnement de la fibre optique :

Le principe de fonctionnement d'une fibre optique est basé sur multiples réflexions totales internes de la lumière à la surface de séparation des deux milieux [6].

Si $n_2 > n_1$ le rayon s'écarte de la normale et si $\theta_1 > \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$, il y a réflexion totale.

Ce principe a été démontré par **Snell-Descartes** qui a établi la relation suivante :

$$n_1 \sin \theta = n_2 \sin \theta \quad \text{I.4}$$

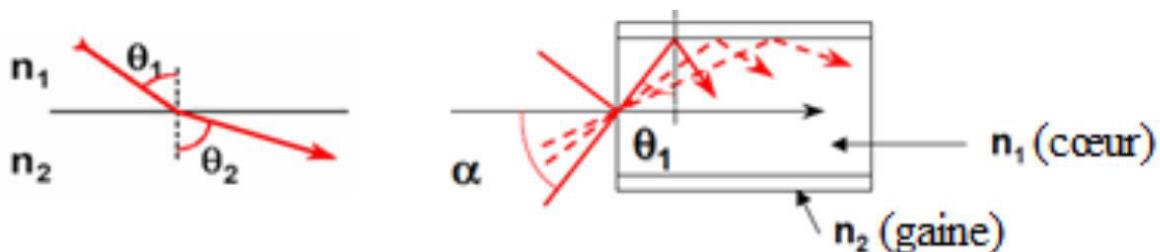


Figure I.10 : Angle d'incidence d'entrée dans une fibre optique.

L'angle d'incidence maximal ($\alpha_{\max}$) à l'entrée d'une fibre c'est-à-dire l'ouverture numérique est définie par la relation suivante :

$$ON = \sin \alpha_{\max} = n_1 \sin \left(\frac{\pi}{2} - \theta_{\text{lim}} \right) = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \text{I.5}$$

I.3.3. Différents types de fibre :

Il existe deux différents types de fibres: les fibres monomodes et multimodes. Une fibre est dite monomode si un seul chemin optique est envisageable par la lumière et à l'inverse, une fibre est dite multimode si plusieurs chemins sont possibles.

Les fibres multimodes peuvent, à leur tour, être divisées en :

I.3.3.1. Fibres multimodes à saut d'indice :

Dans les fibres à saut d'indice (figure I.11), un grand nombre de rayons lumineux se propage par réflexion totale. Le nombre de rayons est fonction de l'angle d'incidence de la lumière. La réflexion totale est assurée par les valeurs des indices de réfraction n_1 (cœur) et n_2 (gaine) avec toujours $n_1 > n_2$. [6]

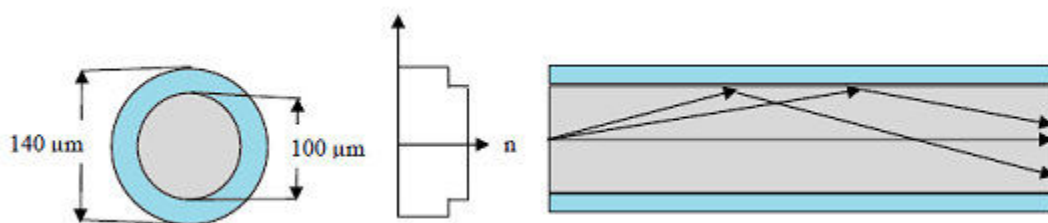


Figure I.11 : Fibre à saut d'indice.

Les fibres multimodes à saut d'indice sont destinées pour des transmissions courtes distances, elles utilisent les longueurs d'onde 850 nm et 1300 nm.

I.3.3.2. Fibres multimodes à gradient d'indice :

Dans les fibres à gradient d'indice (figure I.12), le cœur est constitué de couches de verre successives ayant un indice de réfraction proche. Ainsi, l'indice décroît de façon continue, depuis le centre du cœur jusqu'à l'interface cœur/gaine.

On s'approche d'une égalisation des temps de propagation, ce qui signifie que l'on a réduit la dispersion modale. Tous les rayons sont refocalisés au centre de la fibre, l'atténuation et l'élargissement du signal sont beaucoup plus faibles que dans la fibre à saut d'indice. . [6]

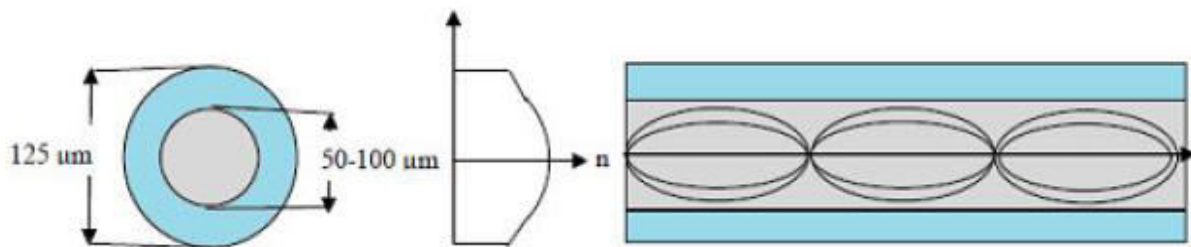


Figure I.12 : Fibre à gradient d'indice.

I.3.3.3. Fibres monomodes :

Les fibres monomodes (figure I.13), possèdent un cœur très fin, de la taille d'un cheveu. Le fait que le cœur soit si fin va obliger le signal lumineux à se propager en ligne droite, de ce fait, il ne rencontre pas la gaine et n'est donc pas perturbé, et par conséquent une dispersion modale quasiment nulle.

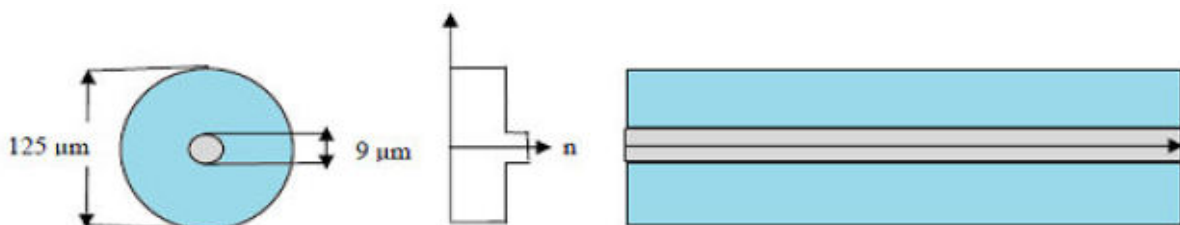


Figure I.13 : Fibre monomode.

Les fibres monomodes sont destinées pour des transmissions à longue distances, elles sont utilisées à la longueur d'onde 1550 nm possèdent un diamètre de cœur extrêmement fin (8 à 10 μm en général), faible par rapport au diamètre de la gaine (125 μm) et proche de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière injectée [6].

I.3.4. Caractéristiques d'une fibre optique :

I.3.4.1. L'atténuation :

L'atténuation dans les fibres optiques caractérise l'affaiblissement du signal au cours de sa propagation (figure I.14).

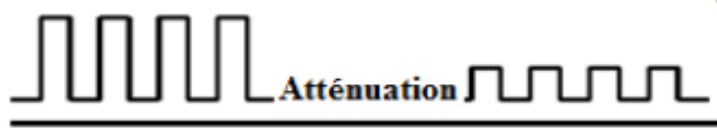


Figure I.14 : Effet de l'atténuation.

- Elle est définie en dB/km par la relation :

$$A = \frac{10}{L} * \log \left(\frac{P_{in}}{P_{out}} \right). \quad \text{I.6}$$

- Au cours de la propagation la puissance décroît selon la loi suivante :

$$P(z) = P_{in} * e^{-\alpha z} \quad \text{I.7}$$

Ou α est le coefficient d'atténuation (Neper/m).

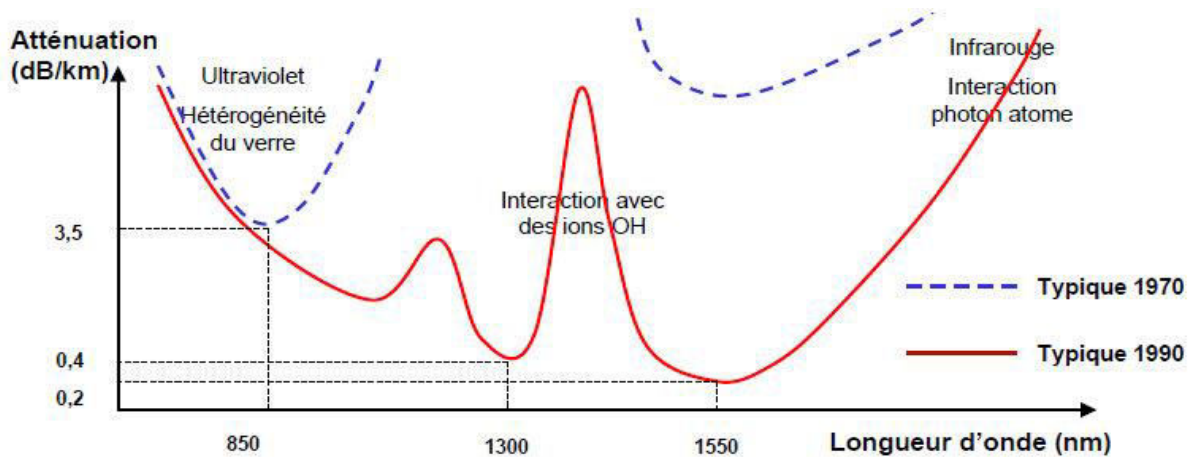


Figure I.15 : Pertes de propagation de la fibre optique standards.

L'atténuation de la fibre optique (en silice) est liée à plusieurs causes. D'une part, la lumière est partiellement absorbée par la matière dans l'infrarouge et dans l'ultra-violet. Par ailleurs, une quantité résiduelle d'eau, incorporée sous forme d'ions OH^- au cours de la fabrication, peut être responsable d'un pic d'atténuation, bien visible sur la figure I.15 au voisinage de $1.4 \mu\text{m}$.

Par ailleurs, Les inhomogénéités de matière (matrice de silice), sont responsables d'une diffusion partielle de la lumière, appelée diffusion Rayleigh. La courbe de la figure II.15 fait apparaître des longueurs d'onde privilégiées. Au voisinage de $\lambda = 1.31 \mu\text{m}$, on note la présence d'un minimum relatif des pertes de propagation, tandis qu'au voisinage de $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$, les pertes sont les plus faibles.

C'est la raison pour laquelle les télécommunications par fibre optique s'effectuent principalement autour de cette dernière longueur d'onde ($1.55 \mu\text{m}$). L'atténuation est alors de l'ordre de 0.2 dB/Km , ce qui signifie que la lumière peut parcourir 100 Km avant que son niveau de puissance ne soit divisé par 100 [5].

I.3.4.2. La dispersion :

La dispersion se manifeste par un élargissement des impulsions au cours de leur Propagation (figure I.16).



Figure I.16 : Effet de la dispersion.

Il existe plusieurs causes responsables de l'élargissement des impulsions lumineuses ; on distingue deux types de dispersion : modale et chromatique.

I.3.4.2.1. Dispersion modale :

Elle provient du fait que les différents modes d'une fibre multimode ont leur vitesse de groupe propre et donc au bout d'un certains temps de propagation, les différents modes seront décalés les uns par rapport aux autres.

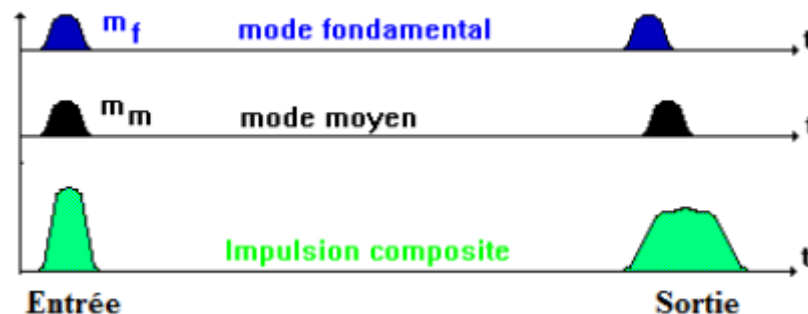


Figure I.17 : Retard des modes.

Si on considère deux modes (figure I.17), au bout d'une certaine longueur de la fibre, un mode sera en retard sur l'autre.

I.3.4.2.2. Dispersion chromatique :

La dispersion chromatique est la somme d'un terme de matériau pur (dispersion matérielle) et d'un terme dû au guidage de l'onde (dispersion de guidage).

➤ Dispersion matérielle :

L'élargissement est causé par le fait que l'indice de réfraction du verre n'est pas le même pour toutes les longueurs d'onde. Cette dispersion existe dans toutes les fibres optiques qu'elle soit monomode ou multimode, et elle est très petite à la longueur d'onde d'environ 1300 nm.

➤ Dispersion de guidage

L'élargissement est causé par le fait que la constante de propagation du guide dépend de la longueur d'onde.

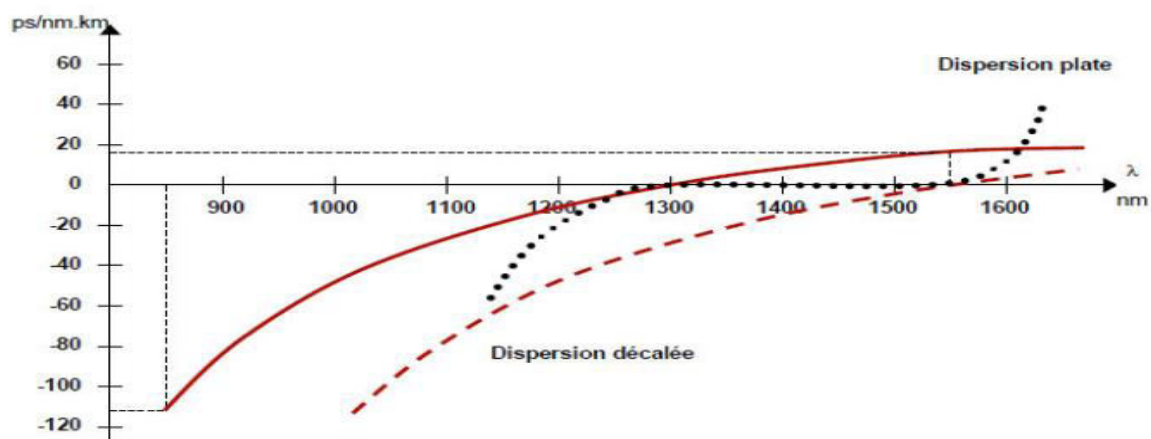


Figure I.18 : Courbe de la dispersion chromatique.

La Figure I.18, montre la courbe de la dispersion chromatique (en ps/nm.km), en fonction de la longueur d'onde λ (en nm). Calée sur les fenêtres de transmission actuelles, dans la silice et sur les régions proches de l'infrarouge, la dispersion est : négative aux longueurs d'onde courtes, nulle à la longueur d'onde à peu près de 1,3 μm , et positive aux longueurs d'onde plus larges. Dans une fibre monomode standard, le coefficient de dispersion chromatique est à peu près de ± 4 ps/nm/km à une longueur d'onde de 1,3 μm , et à peu près de 17 ps/nm/km à une longueur d'onde de 1,55 μm .

La dispersion du guidage dépend de la géométrie du matériau de la fibre. Dans la pratique, il est possible d'ajuster ce type de dispersion pour compenser la dispersion du matériau et ainsi obtenir des fibres optiques à dispersion décalée dans lesquelles le zéro de dispersion se trouve à 1,55 μm . Il est également possible d'obtenir des fibres optiques à dispersion plates, qui présentent une dispersion faible dans l'intervalle de longueur d'onde entre 1,3 μm et 1,55 μm [5].

I.4. Techniques de multiplexage en optique :

La bande passante des fibres optiques permet théoriquement l'établissement de systèmes de transmission à des débits très élevés. Cependant, le traitement électronique des données, à l'émission et à la réception, impose des limitations en termes de débits, dues aux composants électroniques dont la bande passante reste bien en deçà de celle accessible par l'optique.

I.4.1. Multiplexage en longueurs d'onde WDM :

Développés dans les années 1980, les systèmes de multiplexage en longueurs d'onde (WDM) constituent en optique, l'équivalent des systèmes de multiplexage par répartition de fréquence (FDM) dans le domaine des radiofréquences. On attribue à chaque utilisateur une longueur d'onde spécifique qui distingue les données le concernant. La Figure I.19 montre le schéma d'un système de transmission en WDM.

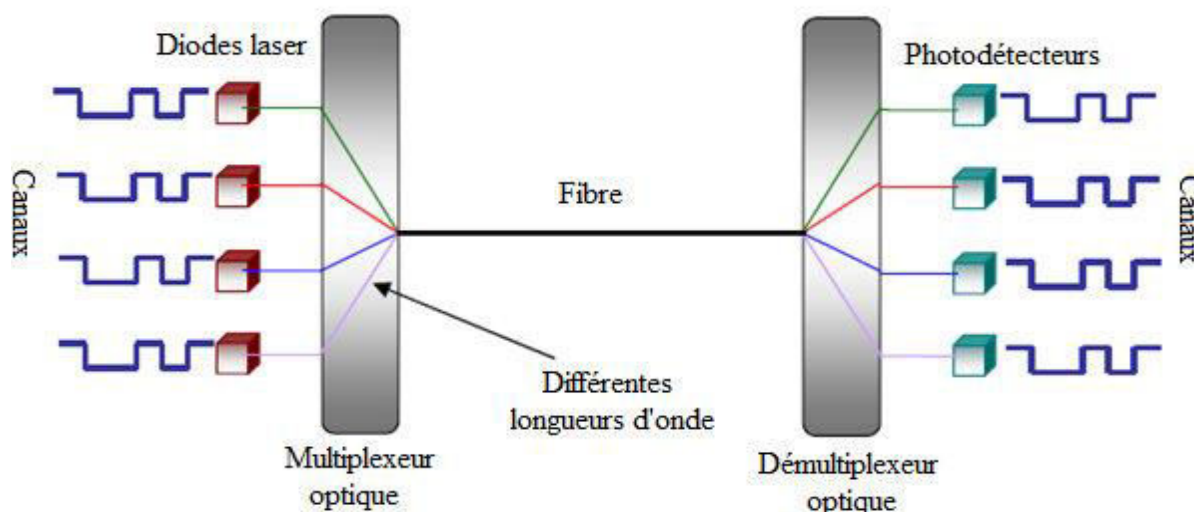


Figure I.19 : Schéma de principe du multiplexage en longueur d'onde.

Les données émises par des sources optiques à longueurs d'ondes distinctes simultanément sur la même fibre optique. Le débit total obtenu est la somme des débits de tous les utilisateurs.

A la réception, les données de chaque utilisateur sont extraites à partir des signaux multiplexés, par filtrage optique à la longueur d'onde correspondant aux données de l'utilisateur souhaité, avant d'être détectées pour le traitement dans le domaine électrique.

Beaucoup de techniques d'extraction de longueur d'onde ont été développées dans ce sens, dont on citera principalement les réseaux de coupleur 3dB associés à des filtres Fabry-Perrot, des réseaux de Bragg sur fibres et des circulateurs montés en cascade, ou encore les Phasars (Phased-Array demultiplexer).[7]

L'ITU (International Telecommunication Union) a défini une grille pour les longueurs d'ondes utilisées dans la fenêtre allant de 1530 à 1565 nm. L'espacement entre canaux est normalisé à 1.6 nm ou 0.8 nm. Le DWDM (Dense-WDM) a ensuite été défini pour un espacement entre canaux inférieur à 0.8 nm, puis l'U-DWDM (Ultra Dense WDM) pour un espacement atteignant 0.08 nm. Les premiers systèmes WDM commercialisés ont fait leur apparition au milieu des années 1990, mais cette technique a connu son vrai essor après 2001, avec le franchissement de la barre de 10 Tb/s. Cette technique est principalement utilisée dans

les réseaux longues distances (Wide Area Network) conçus pour les transmissions à très hauts débits. La principale limitation de cette technique réside dans la stabilité des longueurs d'onde attribuées aux utilisateurs, une contrainte qui devient d'autant plus pénalisante que l'espacement entre canaux se réduit. L'autre difficulté est celle de l'égalisation des niveaux de puissances des différents canaux, car les courbes de gain des amplificateurs ne sont pas constantes sur l'ensemble du spectre alloué au WDM.[8]

I.4.2. Multiplexage par répartition de code CDM:

Cette technique permet la transmission des données des utilisateurs sur la même bande de fréquence et en même temps. Le principe consiste à attribuer à chaque utilisateur un code, appelé également «signature», constitué d'une suite de bits rapides (appelés «chips» pour les distinguer des bits de données de l'utilisateur). Le débit après codage est celui des données utilisateur multiplié par la longueur de la séquence de codes (7 dans le cas de la Figure I.20).

Le multiplexage par répartition de code (Code Division Multiplexing : CDM) permet d'étaler spectralement le signal transmis sur une bande N fois plus large que celle du signal initial, N étant la longueur de la séquence de code. Cependant, tous les utilisateurs exploitent la même bande spectrale, mais leurs données transmises se distinguent par le code propre à chaque utilisateur, ce qui permet d'éviter les interférences d'accès multiples, à condition que les codes utilisés soient orthogonaux [9].

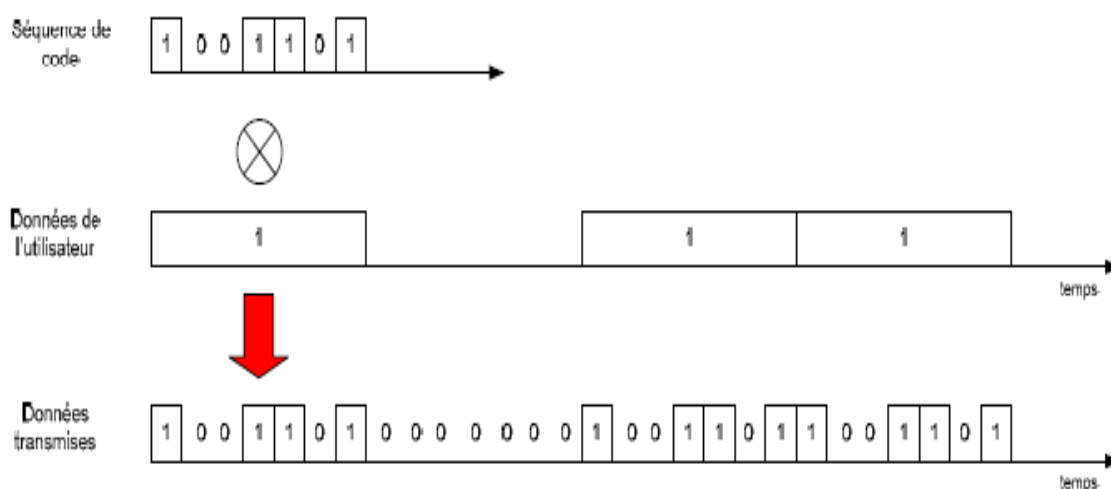


Figure I.20 : Diagramme du codage des données d'un utilisateur.

Le CDM se décline en deux catégories de codage : le CDMA direct et le CDMA hybride (Figure I.21)

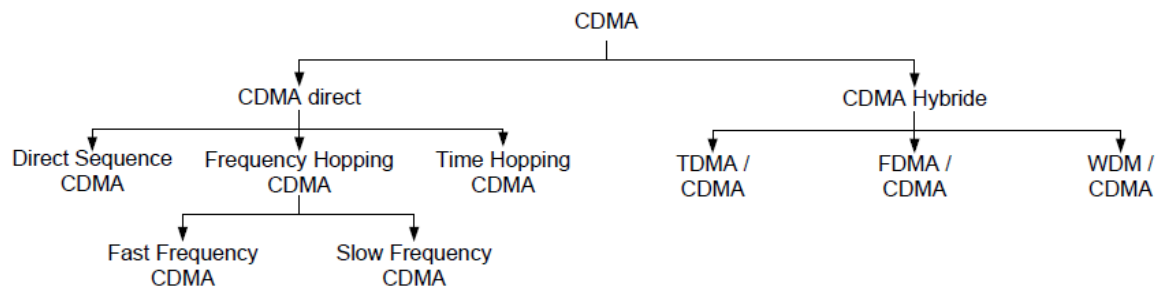


Figure I.21 : Différentes techniques OADM.

Le CDMA hybride consiste à associer la technique du CDMA aux autres techniques de multiplexage. Le CDMA direct se divise en CDMA à séquence directe, ainsi que le CDMA à saut de fréquence et le CDMA à saut temporel. Utilisée initialement dans le domaine de la radiofréquence, l'adaptation du CDMA à l'optique, appelé Optical Code Division Multiplexing (OADM) a été étudiée à partir de 1986.[10]

La Figure I.22 décrit le schéma d'un système de transmission en OADM.

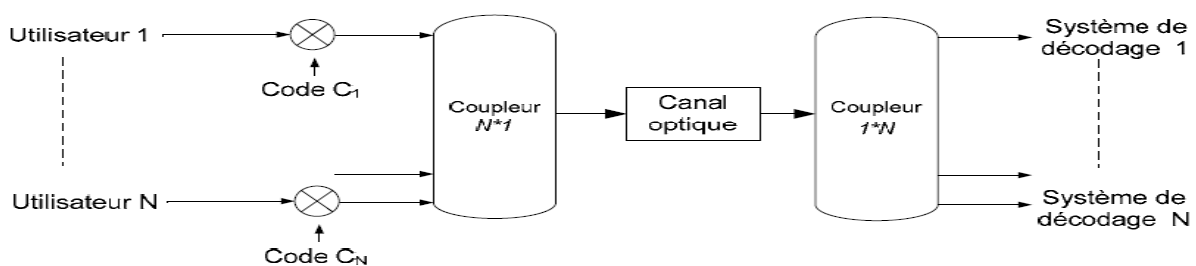


Figure I.22 : Chaîne de transmission en CDMA.

Les données d'un utilisateur i sont codées avec le code C_i avant d'être combinées dans un coupleur $N \times 1$, N étant le nombre d'utilisateurs. Après transmission, un second coupleur $1 \times N$ permet de distribuer le signal optique sur N voies, associées chacune à un système de

décodage. Chaque système de décodage possède le code C_i lui permettant d'extraire les données de l'utilisateur i avant conversion dans le domaine électrique.

La principale méthode de codage en optique des données consiste à utiliser un ensemble de lignes à retard. Le décodage optique, utilise un système de lignes à retard dans l'ordre inversé de celui utilisé pour le codage.[10]

L'intensité lumineuse ne pouvant avoir que des valeurs positives ou nulles, l'une des principales limitations du OCDM réside dans le fait qu'il n'est pas possible d'y utiliser des codes bipolaires, contrairement au domaine de la radiofréquence. Or, le nombre de codes orthogonaux est très réduit dans une famille de codes dont la longueur est inférieure à 100chips. Afin de résoudre ce problème, l'OCDM cohérente a été développée. Elle consiste à coder la phase de l'onde lumineuse, qui peut prendre des valeurs positives ou négatives, au lieu de l'amplitude du signal lumineux. Cela permet de tirer profit de tous les codes bipolaires, qui ont été développés par la radiofréquence, et dont un bien plus grand nombre permet de constituer des familles de codes orthogonaux de même longueur.[11]

I.4.3. Multiplexage dans le domaine temporel TDM:

Le multiplexage temporel (Time Division Multiplexing) consiste à allouer toute la bande de fréquence à tous les utilisateurs, mais uniquement de manière séquentielle, à tour de rôle pour chacun d'entre eux (Figure I.23). L'axe de temps est divisé en périodes fixes et égales appelées 'Time Slots'. Chaque utilisateur transmet ses données dans le Time Slot qui lui est consacré. Le multiplexage en TDM permet alors de regrouper plusieurs canaux de communications à bas débit en un seul canal à un débit N fois plus élevé, N étant le nombre d'utilisateurs dans le système.

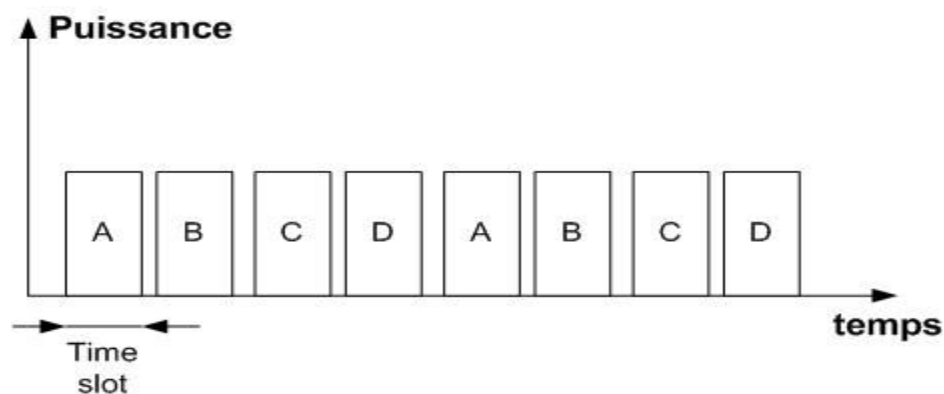


Figure I.23 : Diagramme de multiplexage temporel des données.

On retrouve cette technique de multiplexage dans les hiérarchies de multiplexage des infrastructures des opérateurs des télécommunications, tels que les canaux T1 aux États-unis, qui regroupent 24 voies à 64 Kbits/s en une voie à 1,544 Mbits/s, ou sur des canaux E1 en Europe qui regroupent 30 voies en une voie à 2,048 Mbits/s. Ces canaux peuvent être à leur tour regroupés pour former des canaux de plus hauts débits. La hiérarchie de débit ainsi créée est appelée hiérarchie plésiochrone ou PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).

Les technologies Synchronous Optical Network (SONET) et Synchronous digital Hierarchy (SDH), utilisées dans les réseaux de transport de données téléphoniques, exploitent également cette technique de multiplexage pour assembler plusieurs lignes de communication.

Les techniques WDM et TDM se basent sur la partition de grandeurs physiques, tels que le spectre optique pour le WDM ou le temps pour le TDM, entre les différents utilisateurs. Par contre, tous les utilisateurs partagent la même bande spectrale ainsi que le même temps pour la technique CDM.

Toutes ces techniques peuvent être combinées afin d'augmenter d'avantage les débits de transmission.[12]

I.5. CONCLUSION :

Nous avons présenté dans ce chapitre les différents supports de transmission utilisés dans le domaine de télécommunication, ainsi que les caractéristiques globales de ces supports. La structure de la fibre optique, son principe de fonctionnement ainsi que ses caractéristiques (atténuation, dispersion modale et chromatique...) ont été abordés par la suite.

Pour terminer ce chapitre, nous avons présenté les techniques de multiplexage : multiplexage en longueur d'onde (WDM), en code (CDM), et temporel (TDM) qui permettent d'accroître les débits de transmission.

Le chapitre suivant donne une image plus claire sur les technologies de multiplexage PDH et SONET/SDH. Ces techniques sont basées sur le principe du multiplexage numérique qui permet de regrouper plusieurs signaux dans un même support physique.

Chapitre II :

Les Technologies de Multiplexage

II.1. Introduction :

Une des grandes tendances de la fin des années 90 est la demande croissante en bande passante des réseaux d'entreprises et des réseaux d'opérateurs, due principalement aux nouveaux usages liés à Internet (services multimédia, commerce électronique, liaisons privées,...). Cette évolution s'est accompagnée d'une transformation technologique profonde des réseaux de transport afin de pouvoir écouler les volumes de trafic en perpétuelle croissance. En effet, les réseaux de transport ont évolué à travers deux étapes essentielles : réseaux asynchrones PDH (Plésiochrone Digital Hierachy), réseaux synchrones SDH (Synchronous Digital Hierachy).

La hiérarchie numérique Plésiochrone (PDH) est apparue dans les années 70 avec la numérisation des communications téléphoniques. Ses débits de transmissions limités (ne dépassant pas 140 Mbps), sa structure de multiplexage non flexible et l'apparition de la fibre optique sont autant de facteurs qui expliquent le passage à la hiérarchie numérique synchrone SDH (correspond à SONET aux Etats-Unis) afin de supporter la croissance accrue de demande en bande passante. L'intérêt de SDH réside principalement dans ses capacités de transmission à haut débit grâce à son infrastructure optique, la simplicité de sa structure de multiplexage et la richesse de ses fonctions de gestion et de sécurisation.

Tous ses atouts ont fait que la technologie SDH a été employée, par la plupart des opérateurs, non seulement dans les réseaux cœurs de longues distances mais aussi dans les réseaux interurbains et d'accès.

Les réseaux SDH sont à l'origine utilisés pour transporter le trafic propre à l'opérateur (flux IP/MPLS, ATM, Ethernet, xDSL,...), mais ils ont rapidement fait l'objet de services vendus aux entreprises (circuits dédiés, boucles privatives). Cet intérêt économique explique le fait que la technologie SDH est toujours utilisée par les opérateurs et représente une source de revenu supplémentaire pour eux.

Avant de rentrer dans les détails sur la SDH, parlons premièrement de l'idée de base de la technologie de transmission pré-SDH qui est la technologie PDH (hiérarchie numérique plésiochrone).[13]

II.2. La technologie PDH (Plesiochronous Digital Hierachy) :

II.2.1 Multiplexage PDH :

Depuis sa naissance, la PDH adopte la méthode de multiplexage asynchrone, les signaux à faible débit ne peuvent pas être directement insérés ou extraits à partir de signaux à haut débit, par conséquent, l'insertion (Figure II.1) et l'extraction (Figure II.2) doit être effectuées niveau par niveau ou bit par bit.[13]

La figure suivante montre l'insertion d'un signal de 2 Mb/s dans un canal de débit de 140Mb/s.

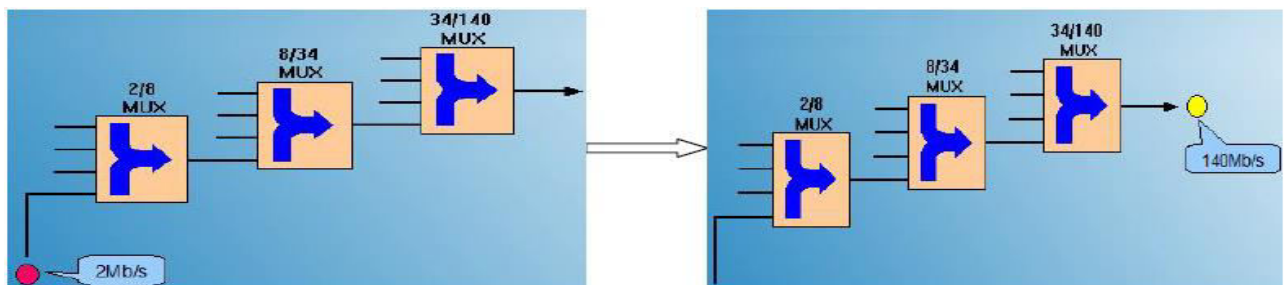


Figure II.1 : Multiplexage niveau par niveau.

Nous voyons que nous ne pouvons pas insérer directement un signal de 2 Mb/s de débit dans un canal de 140 Mb/s, c'est une insertion niveau par niveau ou bit par bit.

Pour le démultiplexage c'est la même chose que le multiplexage, l'extraction d'un signal s'effectue niveau par niveau comme l'illustre la figure suivante.

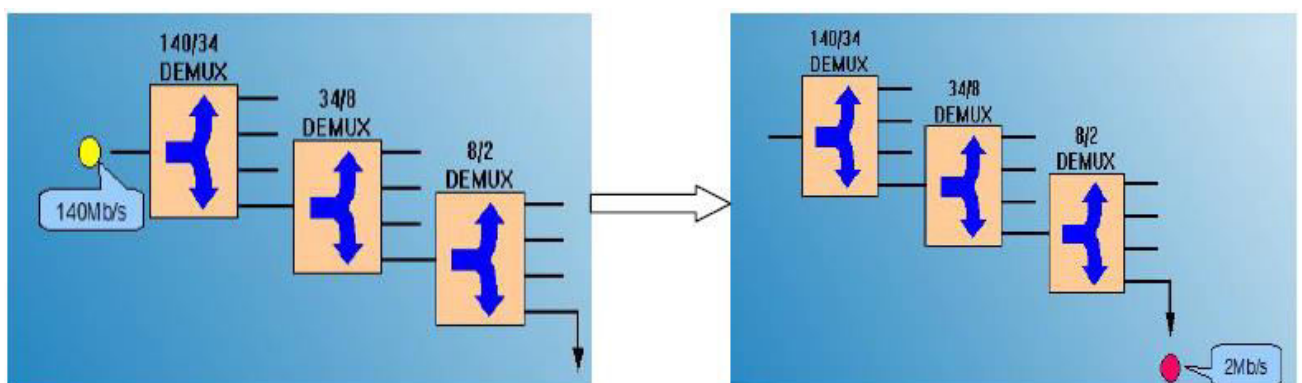


Figure II.2 : Démultiplexage niveau par niveau.

II.2.2. Caractéristiques de la technologie de transmission PDH :

La PDH est née avec la numérisation des réseaux téléphoniques dans les années 1970. (Première technique de multiplexage numérique (1960/1970).[13]

Cette technologie est caractérisée par:

- Multiplexage par entrelacement de bit des signaux.
- L'adoption des dispositifs de multiplexage utilisent des horloges très légèrement différentes.

II.2.3. Inconvénients de la technologie PDH :

Avant les années 1990, le réseau de transmission des opérateurs était basé sur les systèmes PDH, une technologie qui a vu le jour avec la numérisation des réseaux téléphonique dans les années 1970. Toutefois, cette technologie présente des inconvénients.

Le premier est que le multiplexage/démultiplexage est fait niveau par niveau, Ce qui augmente le coût, la consommation d'énergie, la complexité, entraînant la dégradation du signal et diminue la qualité de la transmission.

Dans la structure de la trame PDH, nous trouvons juste quelques octets supplémentaires utilisés pour les fonctions d'exploitation, administration et maintenance. Nous sommes donc partis sans capacité de signal de secours pour apporter des améliorations lors de la transmission du signal.

L'absence de normalisation entraîne l'impossibilité d'interconnecter deux ou plusieurs hiérarchies provenant par exemple de pays différents (USA, JAPON, EUROPE) sans passer par un équipement intermédiaire. [13]

II.3. La technologie SDH :

II.3.1. Multiplexage SDH (Synchronous Digital Hierachy) :

La hiérarchie numérique synchrone SDH représente un standard international pour les télécommunications à haut débit dans les réseaux optiques de transmission. Cette technologie

permet le transport des signaux numériques transmis avec des débits variables. Basée sur la technique de multiplexage temporel TDM (Time Division Multiplexing).

Le principe de multiplexage retenu pour la SDH est celui synchrone. Ce type de multiplexage procure une visibilité directe des signaux transportés à l'intérieur d'une trame de 155Mbit/s. Nous pouvons alors extraire ou insérer des affluents, réorganiser le multiplex sans effectuer l'ensemble des opérations de multiplexage/démultiplexage. De plus, il est possible de transmettre dans une trame synchrone des débits non normalisés.

Contrairement à la PDH, une partie relativement importante du débit est réservée aux différentes fonctions d'exploitation, d'administration et de maintenance, et existe aux différents niveaux des débits définis par la SDH.

Dans la SDH les trames à haut débit sont construites par multiplexage synchrone d'une entité de base normalisée (STM-1). Cette entité de base définit donc implicitement toutes les trames à haut débit, Chaque trame est obtenue en rajoutant un sur débit de gestion au multiplexage des entités de base. [14]

La figure suivante présente un tableau récapitulatif des débits en SDH :

Niveau SDH	Débit correspondant en Kbit/s
STM - 1	155.520
STM - 4	622.080
STM - 16	2.488.320
STM - 64	9.953.280

Tableau II.1: Débits correspondent à la SDH.

Comme énoncé en haut, la SDH est basée sur une technique de transmission fondée sur les concepts de SONET (technologie utilisée en Amérique), donc il existe une correspondance de débit entre les deux technologies.

STM	SONET	Débit
STM-1	STS-3/OC-3	155 Mbit/s
STM-4	STS-12/OC-12	622 Mbit/s
STM-16	STS-48/OC-48	2,5 Gbit/s
STM-64	STS-192/OC-192	10 Gbit/s
STM-256	STS-768/OC-768	40 Gbit/s

Tableau II.2: Comparaison entre les deux standards SDH et SONET.

II.3.2. Structure de multiplexage SDH :

Le processus de multiplexage suivant le standard SDH des réseaux peut être résumé dans la figure ci-dessous :

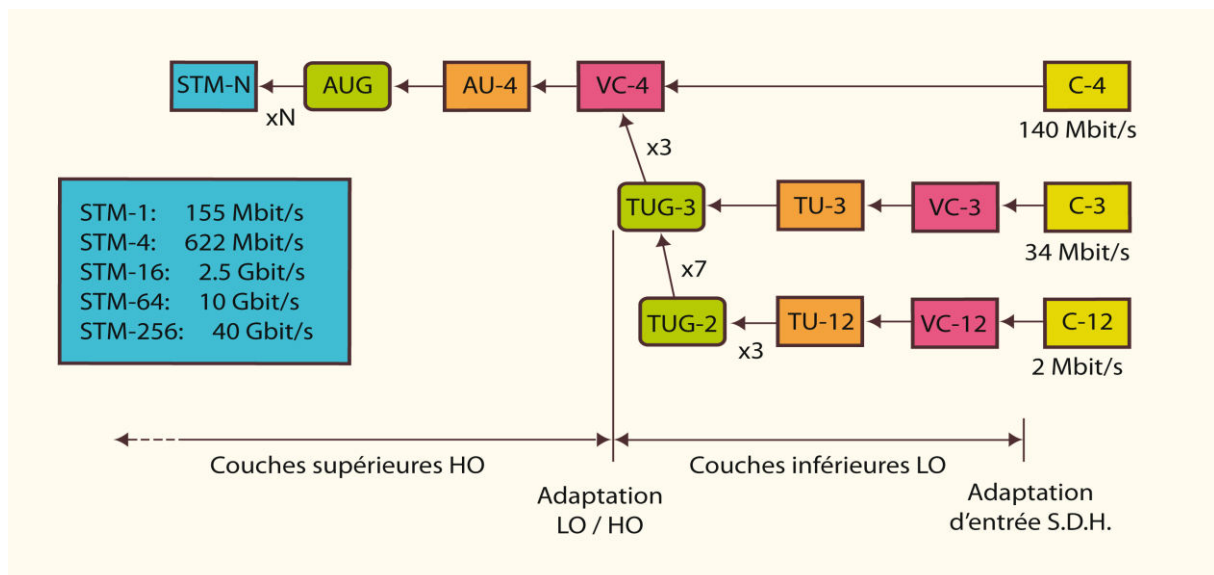


Figure II.3 : La structure de multiplexage des réseaux SDH.

Le conteneur C-n : est une entité dont la capacité est dimensionnée pour assurer le transport d'un des débits définis par le CCITT. Le conteneur joue le rôle de régénération du signal plésiochrone de départ. Il récupère l'horloge et transforme le code de transfert selon les débits entrants. Le " n " de C-n dépend du débit entrant, par exemple C-4 correspond à 139264 kbit/s, C-3 à 44736 ou 34368 Kbit/s (selon le continent), C-12 à 2048 kbit/s, C-11 à 1544 Kbit/s.

Le conteneur virtuel VC-n: est obtenu à partir du conteneur en lui ajoutant un sur-débit de conduite **POH** (Path OverHead) utilisé pour la gestion du conteneur. C'est le conteneur virtuel VC qui est l'entité gérée par le réseau SDH.

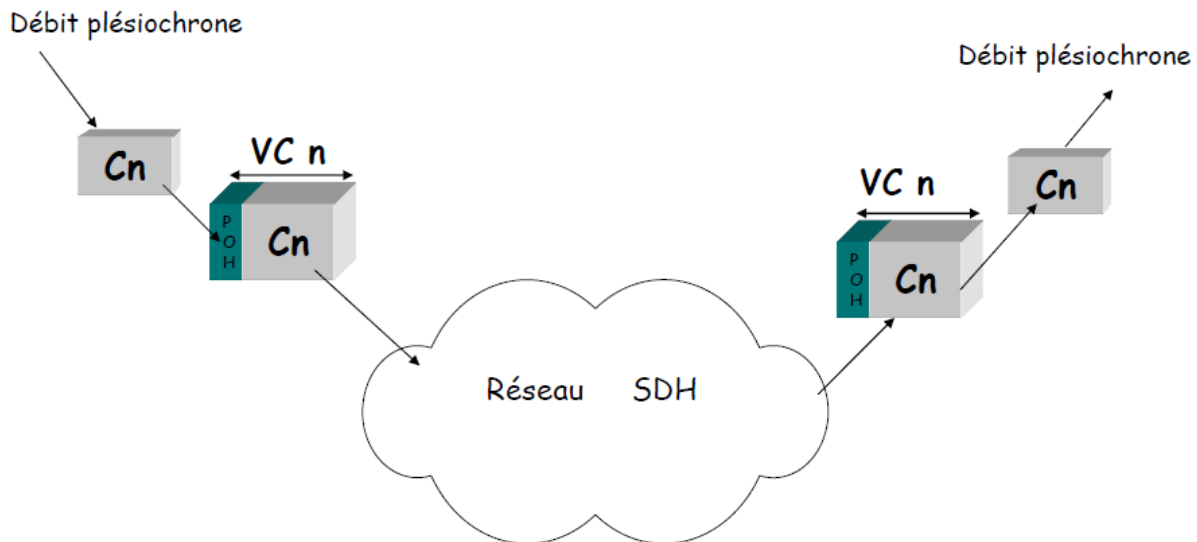


Figure II.4: passage d'un réseau PDH vers un réseau SDH.

L'unité d'affluent TU-n : (Tributary Unit): est composée du VC-n et d'un pointeur PTR associé. La valeur de ce pointeur indique l'emplacement du VC-n dans la trame de transport utilisée. Ce pointeur est associé au processus de justification du VC dans la trame de transport.

Le Groupe d'Unité d'Affluent TUG-n: (Tributary Unit Group) représente une structure virtuelle de la trame permettant le multiplexage de TU-n et n'est pas une nouvelle entité physique. Il constitue un regroupement de TU-n dans un espace réservé d'une entité supérieure.

Nous pouvons considérer que le TUG définit des règles de rangement des TU-n dans cette entité supérieure, et à travers elle dans la trame de transport. Il existe :

- Le TUG-2 regroupant trois TU-12 ou une TU-2.
- Le TUG-3 regroupant sept TUG-2 ou une TU-3.

L'unité administrative (Administrative Unit) AU: AU-4 est composée du VC-4 et du pointeur PTR associé. La valeur de ce pointeur indique l'emplacement du début du VC-4 dans

la trame de transport utilisée. Ce pointeur est associé au processus de justification du VC-4 dans la trame.

Le Groupe d'Unité Administrative AUG: représente une structure virtuelle de la trame et pas une nouvelle entité physique. AUG correspond à la place que doit occuper l'AU-4 dans la trame de transport utilisée. Les trames de transport **STM-n** (Synchronous Transport Module) sont obtenues en multiplexant n AUG (et non n STM-1) et en rajoutant un sur débit dit Sur débit de Section **SOH** (Section Over Head). La trame de Base STM-1 (155,520Mbit/s) contient un AUG et son SOH, la trame STM-4 (622,080Mbit/s) contenant 4 AUG et son SOH, la trame STM-16 (2488,320Mbit/s) contenant 16 AUG et son SOH.

Cette hiérarchie pose le problème du débit qui varie de plus ou moins Dx bit/s par rapport au débit nominal X bit/s du signal entrant. C'est pour cela que l'on utilise une opération qui permet de transporter un signal de débit variable dans une trame de débit fixe. Cette opération s'appelle la justification. Nous parlons de justification positive, nulle et négative. Il suffit pour cela de prévoir dans la trame de transport une place allouée à chacun des affluents suffisante pour permettre de transporter leur plus grand débit possible. Puis, grâce à des bits de remplissage (bourrage), nous obtenons le débit désiré. [14]

A partir de ces connaissances, nous allons insérer des affluents à différents débits (140Mbit/s, 34 Mbit/s et 2Mbit/s) dans une trame STM-1.

II.3.3.Insertion d'affluents dans une STM-1 :

II.3.3.1. Insertion d'affluents 140Mbit/s dans une STM-1 :

- Tout d'abord, le signal 140 Mb/s PDH est adapté via un bit de justification dans le conteneur C-4.
- Le conteneur C-4 contient 9 lignes * 260 colonnes (2340 octets).
- Le débit de la trame de C-4 est 8000 trames /s (une trame chaque 125µs).
- Donc le débit après l'adaptation devient: $8000 \text{ trames/s} * 9 \text{ ligne} * 260 \text{ colonnes} * 8 \text{ bits} = 149.760 \text{ Mb/s}$.

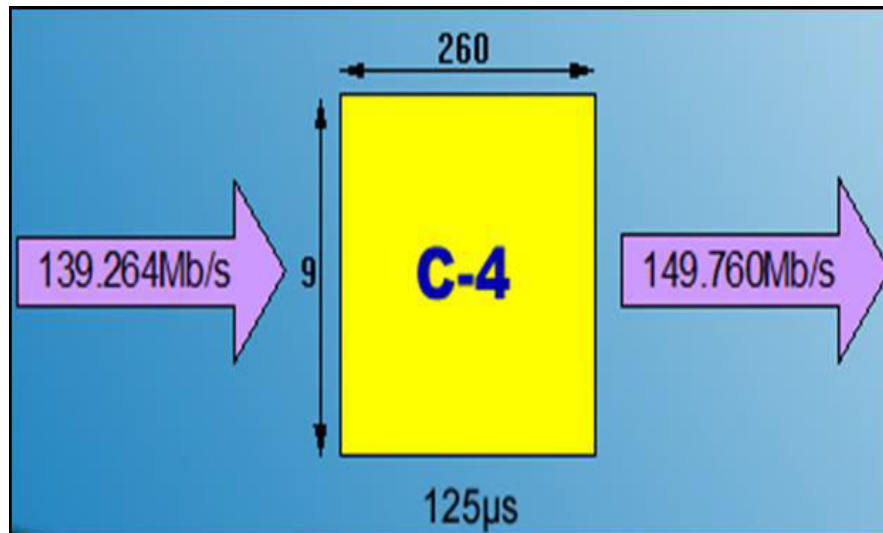


Figure II.5 : Le conteneur C-4.

Après, nous rajoutons un Sur débit de Conduit appelé POH ce qui fait 1 octet de plus pour chaque ligne, soit 9 octets de plus par rapport à C-4 afin de construire le virtuel conteneur VC-4.

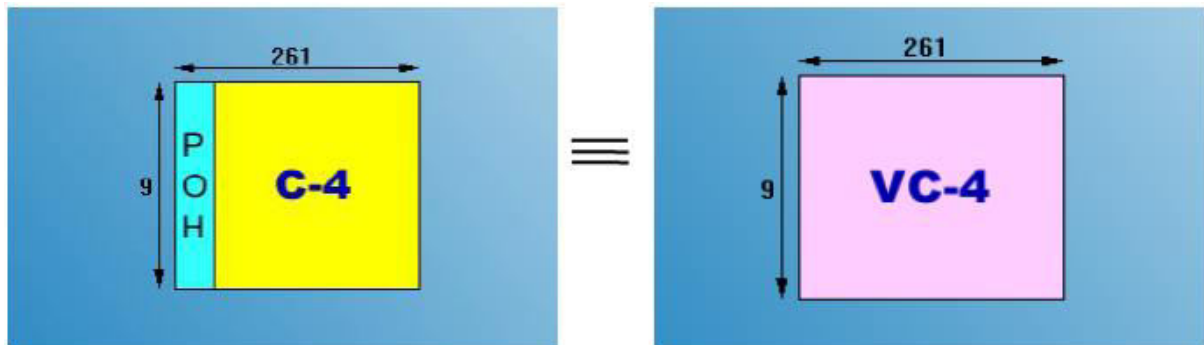


Figure II.6: Le virtuel conteneur VC-4.

Le débit de VC-4 devient: $8000 \text{ trames/s} * 9 \text{ ligne} * 261 \text{ colonnes} * 8 \text{ bits} = 150,336 \text{ Mb/s}$.

Par la suite, un pointeur AU-PTR est rajouté au VC-4 (conteneur virtuel) avec pour rôle d'indiquer le début du VC-4 pour former l'unité administrative AU-4 qui constitue la structure de base de la trame STM-1 (9 ligne*270 colonnes) sans SOH.

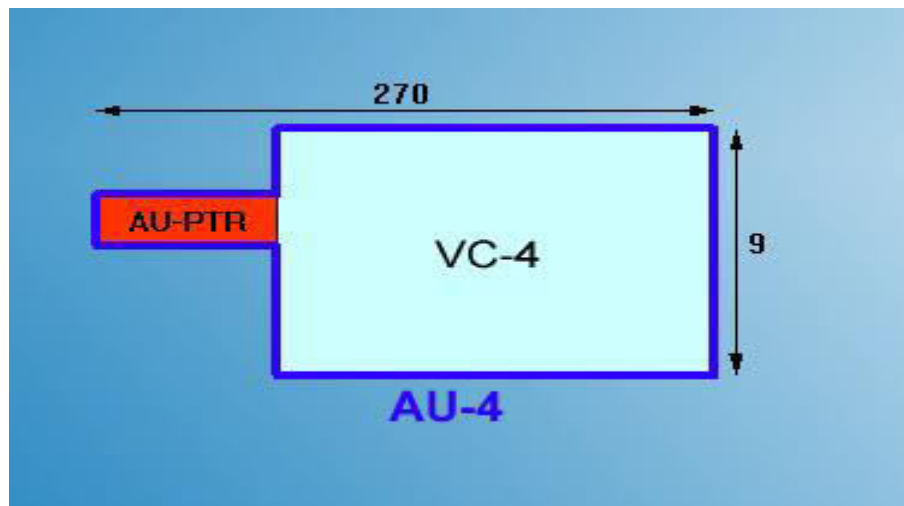


Figure II.7 : L'unité administrative AU-4.

Toutefois, le Sur débit de Section SOH composé par le RSOH et le MSOH est ajouté à l'unité administrative AU-4 pour former la trame STM-1.

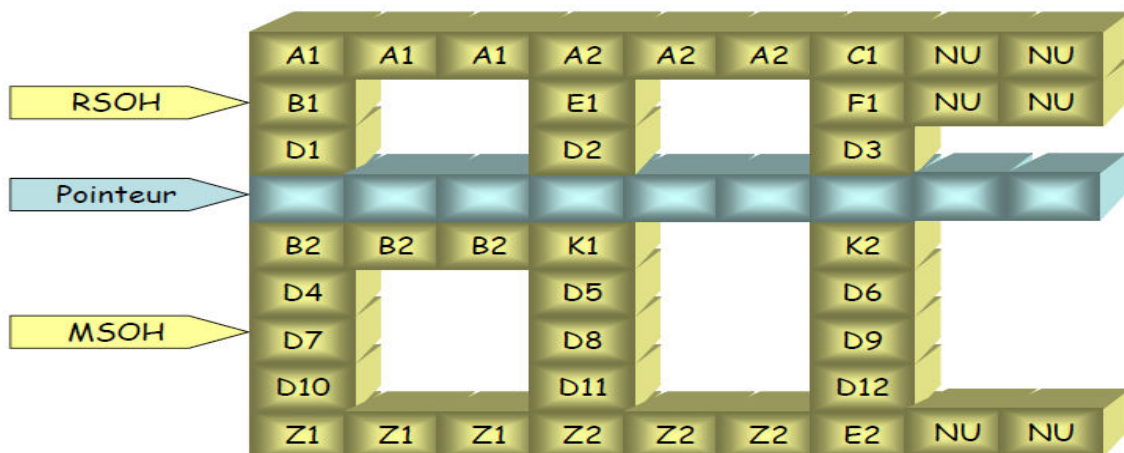


Figure II.8 : Les éléments de sur débit de section SOH.

Dans le RSOH, les octets A1/A2 permettront de constituer le mot de verrouillage de la trame; C1 identifie l'AUG avant le multiplexage au niveau STM-N, B1 permet la surveillance des erreurs sur les bits de la section élémentaire régénérée, E1 est une voie de service pour des communications vocales entre régénérateurs, et l'octet F1 est une voie de donnée entre régénérateurs réservés aux besoins particuliers de l'utilisateur.

Dans le MSOH, l'octet B2 permet la surveillance des erreurs sur les bits de la section de multiplexage, K1 et K2 sont affectés à la commande de commutation de protection automatique APS (Automatic Protection Switching 1+1 ou 1:n), les octets D4 à D12 forment un canal de communication de données DCC pour une section de multiplexage, l'octet S1 contient des bits pour la description de l'état de la synchronisation, c'est-à-dire les quatre niveaux de synchronisation adoptés par le ITU-T, l'octet E2 est une voie de service pour les communications vocales entre multiplexeurs.[13]

Remarque:

Pour certaines applications telles qu'une interface de section (jonction), nous pouvons utiliser une interface à fonction de sur débit réduite qui dépend du type de support physique (Optique ou électrique) car tous les octets décrits ci-dessus ne sont pas utilisés comme B1.

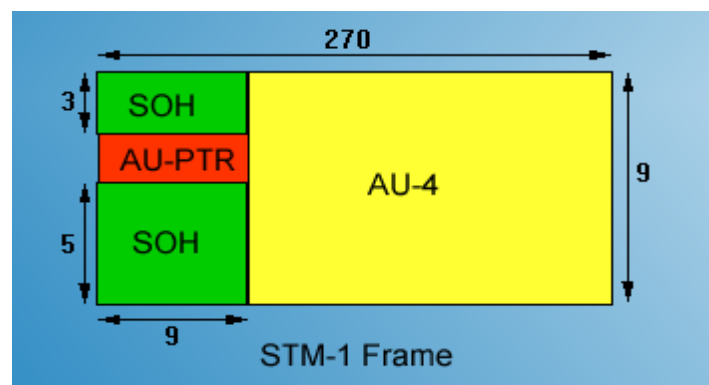


Figure II.9 : la trame STM-1.

Ci-dessous un résumé des différentes étapes pour insérer l'affluent 140 Mb/s dans la STM-1.

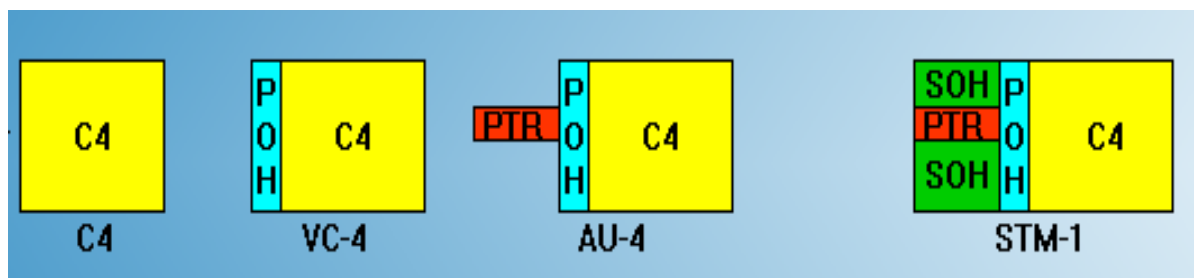


Figure II.10: Processus d'insertion d'affluent 140 Mb/s dans la STM-1.

II.3.3.2. Insertion d'affluent 34 Mbit/s dans une STM-1 :

Dans un premier temps, les données du signal PDH 34Mbit/s sont placées dans le conteneur C-3. Ce dernier est constitué par 9 lignes et 84 colonnes, soit 756 octets. Ce conteneur est de périodicité de 125 μ s, donc un débit de 48,384Mbit/s. [13]

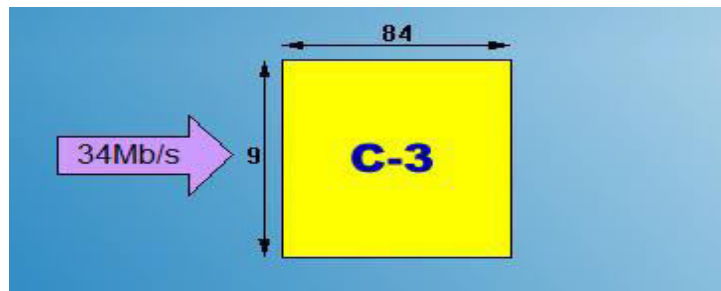


Figure II.11 : Le conteneur C-3.

Ensuite, un Sur débit de Conduit POH identique au POH du VC-4 est ajouté au C-3 pour former le VC-3.

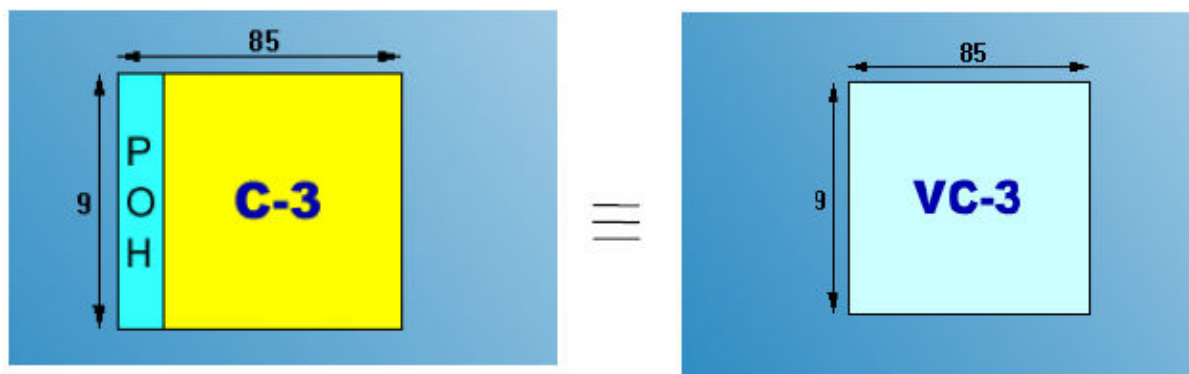


Figure II.12: Le conteneur virtuel VC-3.

A ce VC-3, est ajouté un pointeur TU-PTR pour indiquer le début du conteneur virtuel VC-3 formant un TU-3.

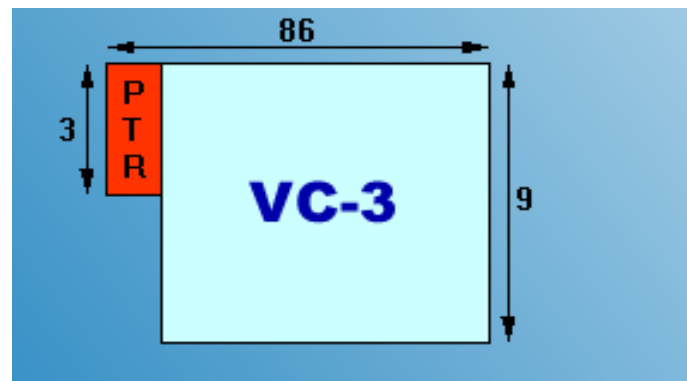


Figure II.13: L'ajout d'un TU-PTR au VC-3.

A cette structure TU-3, 6 octets pseudo-aléatoires y sont ajoutés pour former le TUG-3 comme l'illustre la figure suivante.



Figure II.14: La structure TUG-3.

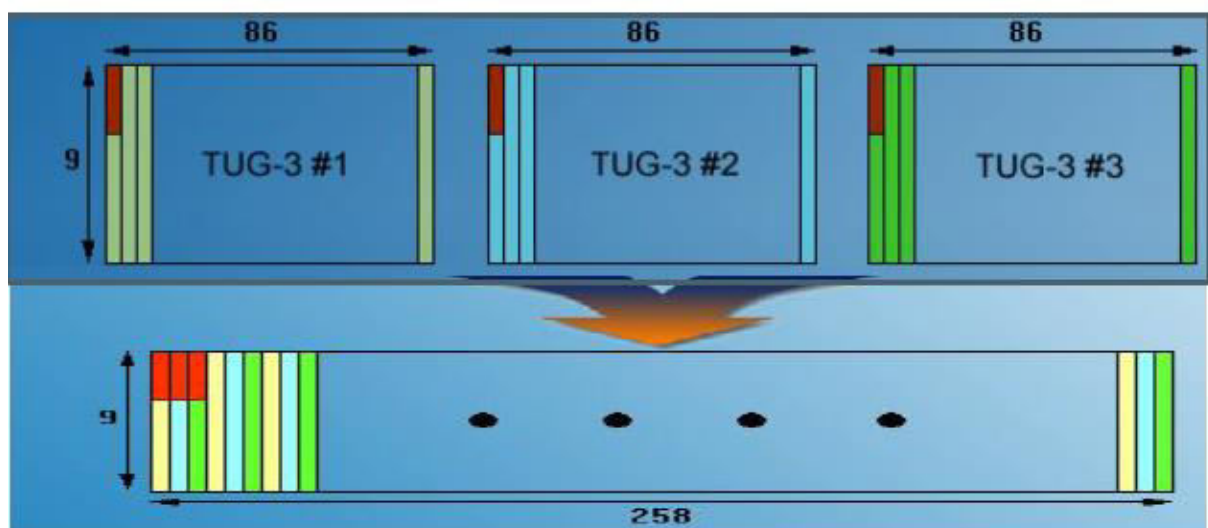


Figure II.15: Multiplexage par entrelacement des TUG-3.

La structure du C-4 étant incomplète, deux colonnes de 9 octets y sont ajoutées pour obtenir 260 octets.

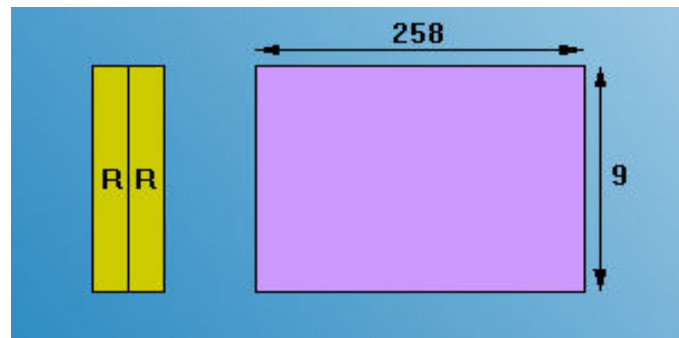


Figure II.16: Constitution de conteneur C-4.

Après la construction du C-4, le reste du processus est similaire au processus d'insertion de l'affluent 140 Mb/s dans une STM-1. La figure suivante résume tout le processus.

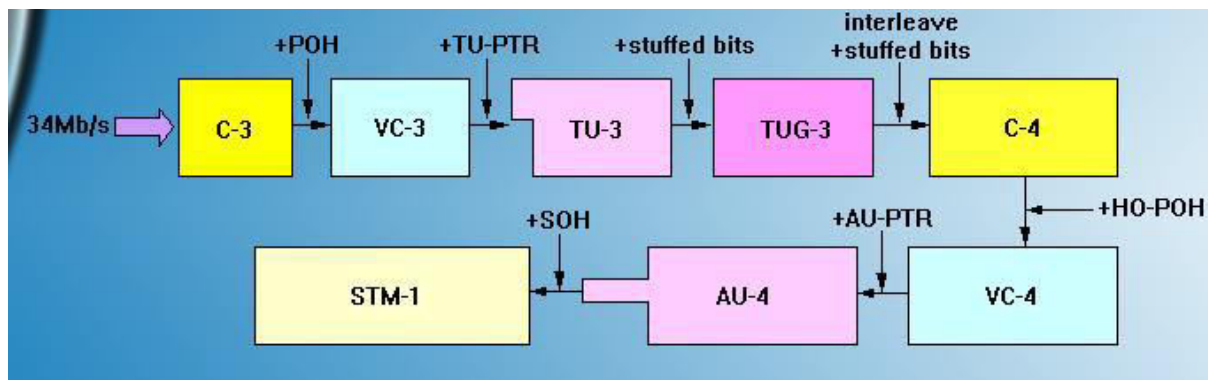


Figure II.17: Processus d'insertion de l'affluent 34Mbs dans la STM-1.

II.3.3.3. Insertion d'affluent 2Mbit/s dans une STM-1 :

Le processus de l'insertion est résumé comme suit :

- Les données de 2 Mb/s PDH sont placées dans un conteneur C-12.
- Après un LO-POH est ajouté au C-12 pour rendre le signal plus performant et obtenir un VC12.

- L'ajout d'un autre pointeur TU-PTR permet de construire l'unité d'affluent TU-12.
- Par multiplexage par entrelacement de 3 TU-12, nous obtenons un TUG-2 et par multiplexage de 7 TUG-2 et ajout de deux colonnes de bourrage, nous construisons le TUG-3.

Le reste du processus est similaire à l'insertion du TUG-3 dans une STM-1.

Nous résumons les différentes étapes citées ci-dessus par le schéma suivant :

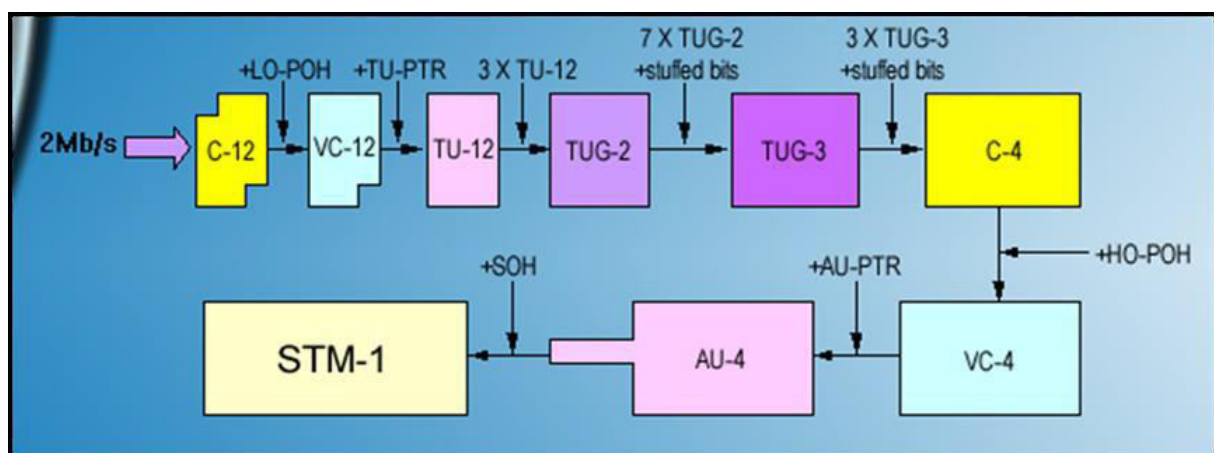


Figure II.18: Processus d'insertion de l'affluent 2Mbs dans la STM-1.

- **La trame STM-n :**

Une trame STM-n est composée d'une capacité utile obtenue par multiplexage de nAUG, et d'un SOH. La trame n'est donc pas le résultat d'un multiplexage de nSTM-1.

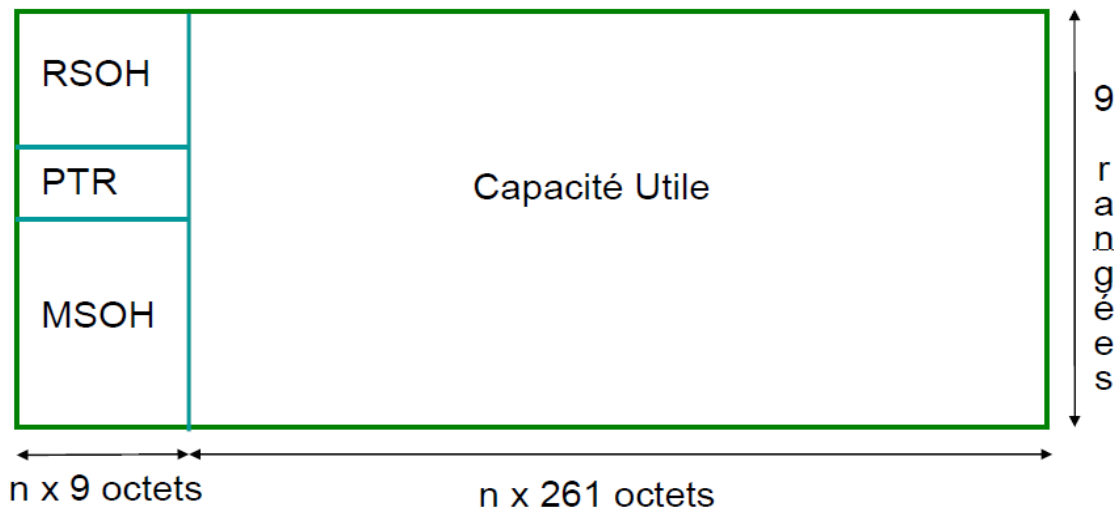


Figure II.19: La trame STM-n.

Dans ce cas, le multiplexage des pointeurs se fait par entrelacement des octets de ces n pointeurs. Les n VC-4 seuls se trouvent donc dans la capacité utile.

Donc par exemple pour la STM-4, le SOH est formé de 4 fois 9 colonnes soit 36 colonnes. Les octets significatifs qui le composent ont les mêmes fonctions que les octets du SOH d'une STM-1 pour chacun des AUG qui composent la STM-4. [13]

II.4. Infrastructure du réseau SDH :

L'architecture de l'infrastructure d'un réseau SDH peut être illustrée dans la figure ci-dessous :

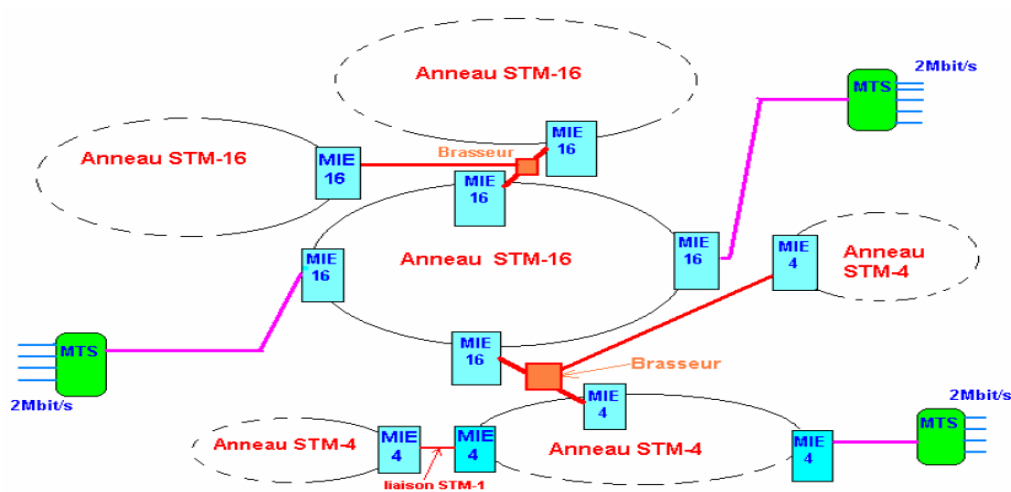


Figure II.20: Exemple d'une architecture d'un réseau SDH.

II.4.1. Topologies et systèmes de protection des réseaux SDH :

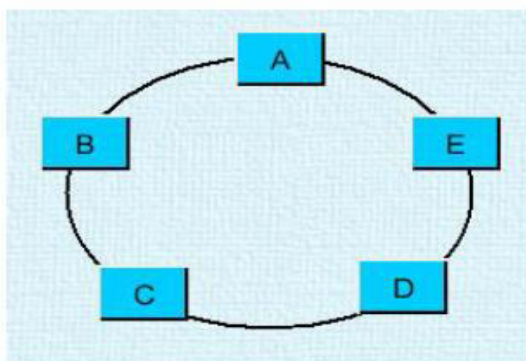
Les architectures peuvent être réalisées en bus, en anneau, en étoile, en arbre ou en maille et peuvent être combinées entre elles permettant aux opérateurs de résoudre un grand nombre de cas pratiques.

L'efficacité, la fiabilité et le rapport coût-efficacité du réseau dépendent fortement de sa topologie.[15]

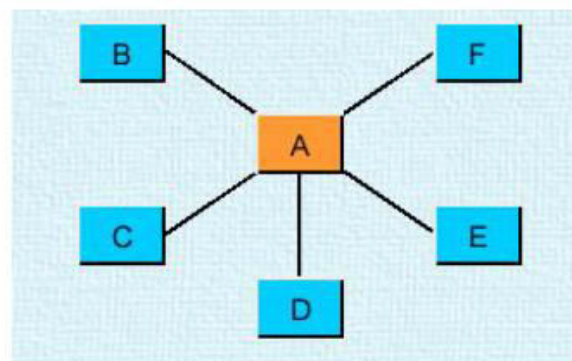
Ci-dessous les différentes topologies :



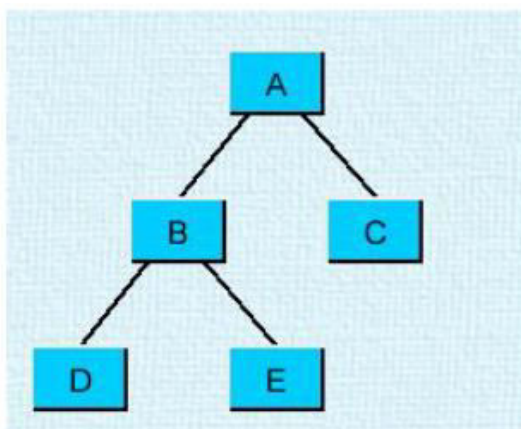
Topologie en bus



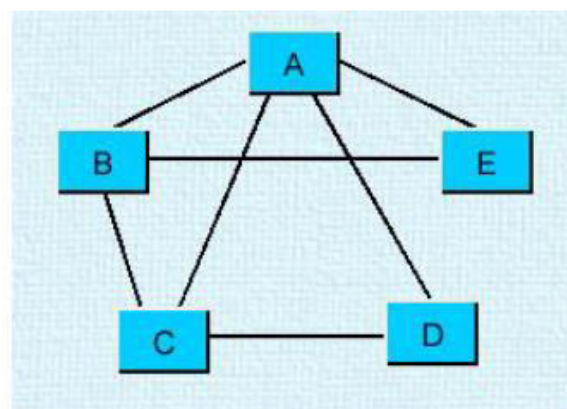
Topologie en anneau



Topologie en étoile



Topologie en arbre



Topologie en maille

Figure II.21: Différentes topologies des réseaux SDH.

II.4.2. Systèmes de Protection :

La sécurité de la technologie SDH prévoit qu'en cas de coupure de ligne, le signal est automatiquement réacheminé sur un réseau "secours". Plusieurs configurations de ce réseau sont possibles.

II.4.2.1. Système de protection linéaire MSP 1+1 (Multiplexer Section Protection) :

Cette configuration est idéale dans une topologie linéaire avec la disponibilité de fibre. Le client bénéficie de la protection contre la coupure de fibre et la protection des circuits. Dans ce système, la protection est réalisée par la fonction "envoi et la réception sélective".[16]

L'envoi du trafic se fait sur les deux canaux (canal normal et secours) mais la réception uniquement sur le canal normal comme montre la figure suivante :

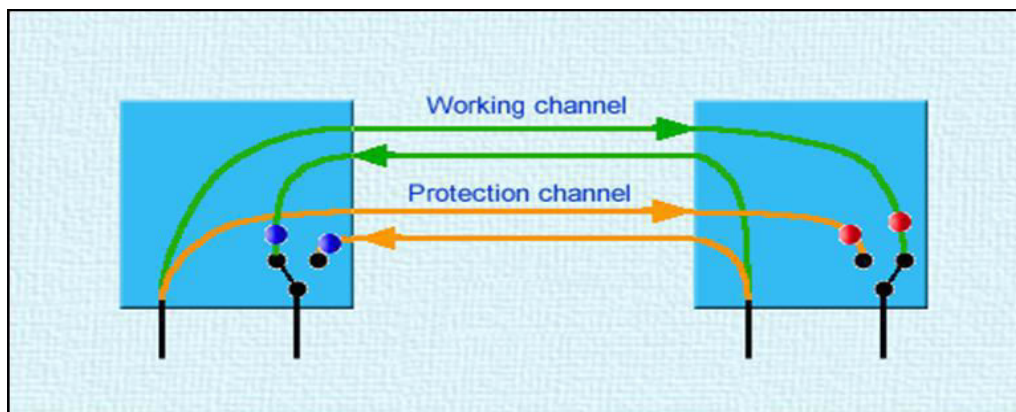


Figure II.22: Envoi et réception du trafic via le canal normal.

Lorsque le canal normal est en panne, la réception se fera sur le canal de protection (figure.ci-dessous).

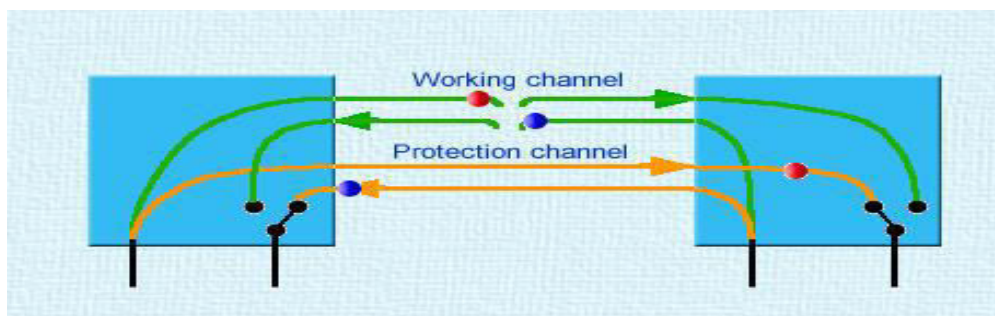


Figure II.23: Envoi et réception du trafic sur le canal de protection.

II.4.2.2. Système de protection linéaire 1:1 ou 1:N:

Dans ce système, il y a un seul canal de protection pour N canaux normaux. Lorsqu'un de ces derniers tombe en panne, le trafic est réacheminé vers le canal de protection. [15]

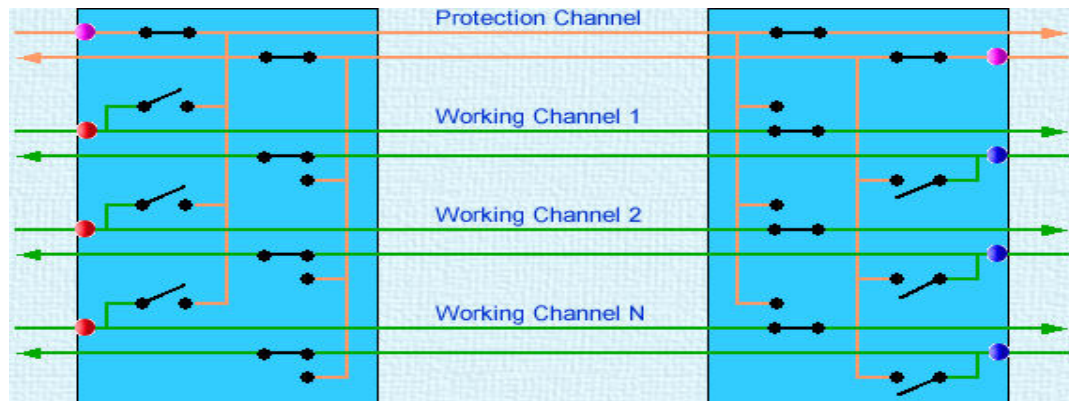


Figure II.24: Système de protection 1:N.

II.4.2.3. Système de protection SNCP :

Lors du transport de B vers A, au nœud B le trafic est diffusé sur le lien actif ainsi que sur le lien de protection. Ces deux liens sont reçus au nœud A. Seulement le lien actif est transmis sur la sortie du nœud A. Si le lien actif disparaît à cause d'une coupure ou de tout autre problème, alors le nœud A active le lien de protection. Chaque lien depuis chaque nœud est associé à un sélecteur de lien. [16]

La figure suivante schématise cette configuration :

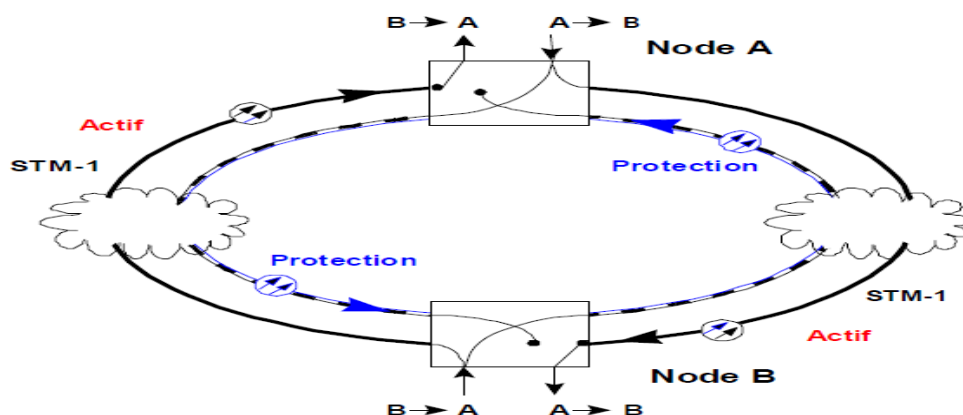


Figure II.25: Système de protection SNCP.

II.5 : Conclusion :

Le plus grand avantage de la nouvelle génération SDH est qu'elle permet aux opérateurs de réseau d'introduire les nouveaux types de trafic dans leurs réseaux SDH traditionnels en remplaçant seulement les éléments aux bords de réseau. En outre, la flexibilité de cette technologie permet aux opérateurs de réseau de construire un réseau qui prend en charge le trafic TDM et Ethernet.

Nous trouvons plusieurs équipements qui prennent en charge cette technologie. Parmi eux, et le plus utilisé en Algérie sont la famille **Optix OSN** de HUAWEI.

Chapitre III :
Simulation chaine de transmission par fibre optique

III.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons simuler une chaine de transmission par fibre optique avec un multiplexage par répartitions de temps TDM. Dans cette simulation nous allons montrer le principe de multiplexage et démultiplexage TDM ainsi que la qualité de transmission par fibre optique.

Une description exhaustive de l'outil OptiSystem sera abordé, il s'agit d'un logiciel de simulation retenu pour cette étude, destinée à faciliter la connaissance et la maîtrise du simulateur par les futurs utilisateurs.

III.2. Présentation du logiciel de simulation :

OptiSystem est un outil qui permet aux scientifiques et aux ingénieurs de modéliser, simuler, analyser et concevoir tout module de traitement du signal, allant du dispositif le plus élémentaire, au système complet de communication. OptiSystem est un environnement interactif qui allie des outils numériques efficaces à des fonctionnalités graphiques puissantes et une interface utilisateur conviviale

La démarche à suivre se décompose en deux étapes :

- Construire le schéma bloc,
- Analyser le schéma.

L'interface OptiSystem contient une fenêtre principale répartie en plusieurs parties :

- **Bibliothèque** : une base de données des divers composants existants.
- **Editeur du layout**: permet l'édition et la configuration du schéma en cours de conception.
- **Projet en cours** : visualisation des divers fichiers et composants correspondants au projet en cours.

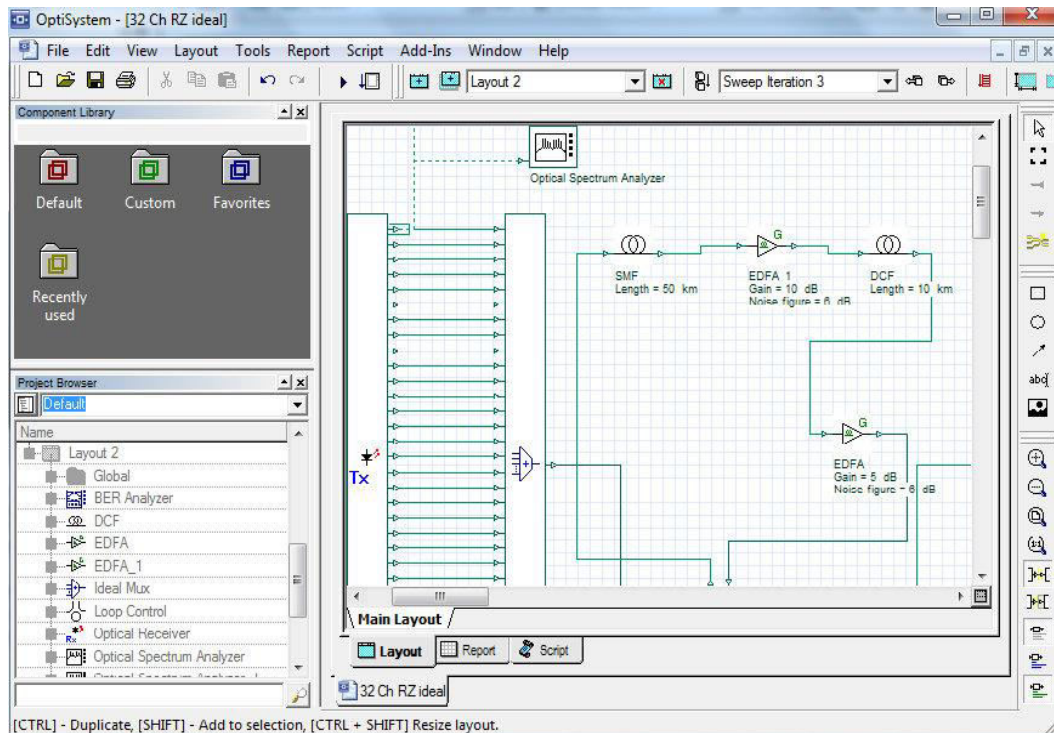


Figure III.1 : Schéma de l'interface OptiSystem.

III.3. Schéma de bloc d'une chaîne de transmission :

La chaîne de transmission de l'information, dans sa structure fonctionnelle, est divisée en trois blocs essentiels :



Figure III.2 : Schéma de bloc de la chaîne de transmission.

- **Emetteur :**

Composé d'une source lumineuse, une diode laser en général, dont on module l'intensité optique, par un signal électrique (analogique ou numérique). On parle alors de modulation directe. Si la puissance continue de la source est modulée avec un modulateur externe, associé à la source, on parle alors de modulation externe.

En réponse aux besoins croissants en débit, les systèmes de transmissions optiques ont développé des techniques de multiplexage. Ces techniques permettent une densification du trafic des données sur les réseaux de télécommunications.

- **Canal de transmission :**

Le canal de transmission permet au récepteur de recevoir l'information émise par l'émetteur. La fibre optique est le canal utilisé par excellence pour les transmissions optiques.

- **Récepteur :**

Le récepteur convertit le signal optique modulé en signal électrique, qui restitue le signal modulé, afin d'exploiter les données transmises. La conversion se fait grâce à un photo-détecteur.

III.4. Simulation d'une chaîne de transmission par fibre optique:

La figure suivante décrit le principe de multiplexage par répartition de temps sur la fibre optique, suivi d'un démultiplexage à la sortie, on utilisant l'outil OptiSystem. .

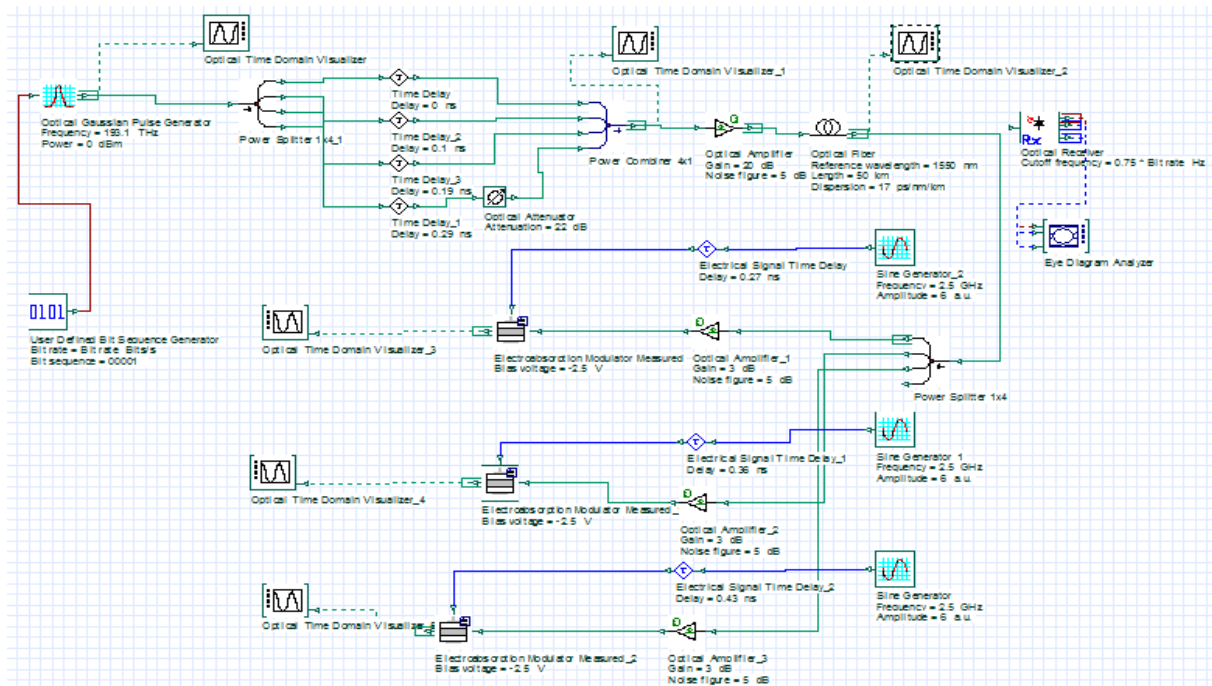


Figure III.3 : Schéma globale d'une chaîne de transmission par fibre optique.

III.4.1. Les étapes de simulation de la chaine de transmission :

La simulation de la chaine de transmission par fibre optique passe par 3 étapes essentielles :

- ✓ 1^{ère} étape : Multiplexage.
- ✓ 2^{ème} étape : transmission sur le canal Fibre optique.
- ✓ 3^{ème} étape : démultiplexage.

III.4.1.1. L'étape de multiplexage :

La figure suivante monte le principe de fonctionnement de Multiplexage TDM.

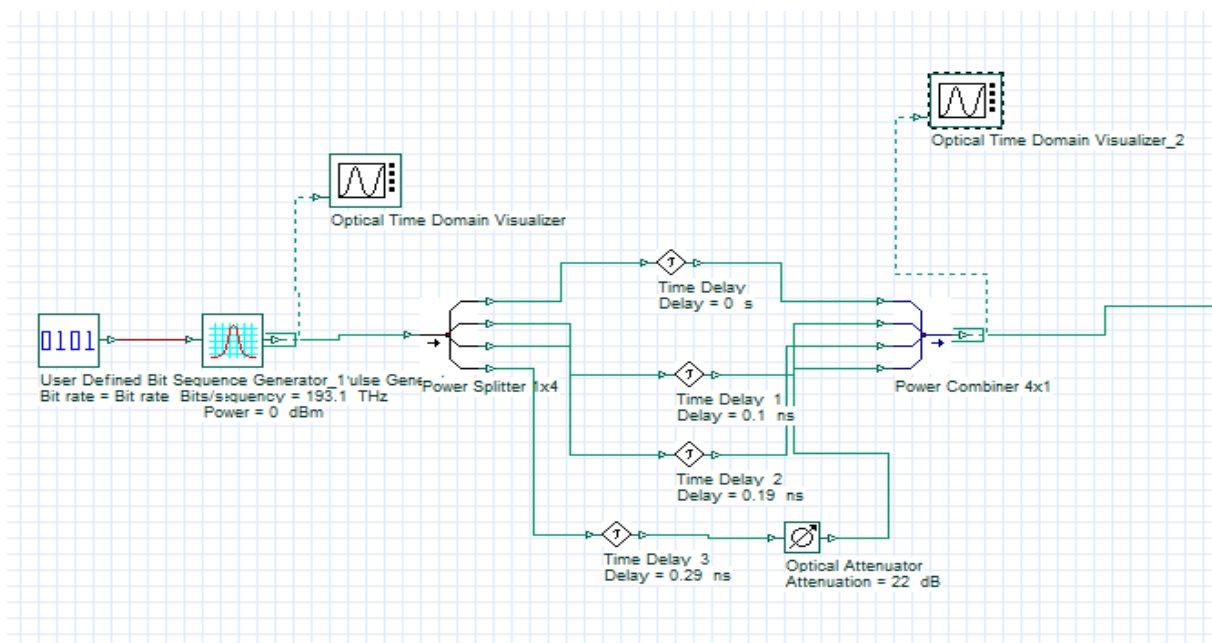


Figure III.4 : Schéma de multiplexage TDM par OptiSystem.

- **Interprétation :**

Le signal transmet l'information sous forme binaire fournie par le générateur « **User Defined Bit Sequence Generator** » qui délivre le signal numérique définie par la séquence « **00001** » qui sera traitée par le générateur optique « **Optical Gaussian Pulse Generator** », ce dernier convertit le signal numérique en train optique qui sera affiché sur le

visualiser optique. La chaine numérique convertie en train d'impulsions : une impulsion (pic) correspond à 1 binaire, le 0 correspond aux valeurs nulles de puissance (absence de pic).

- **Visualisation du signal optique :**

Le signal suivant représente le signal optique délivré par «**L'Optical Gaussian Pulse Generator**» de la séquence «**00001**».

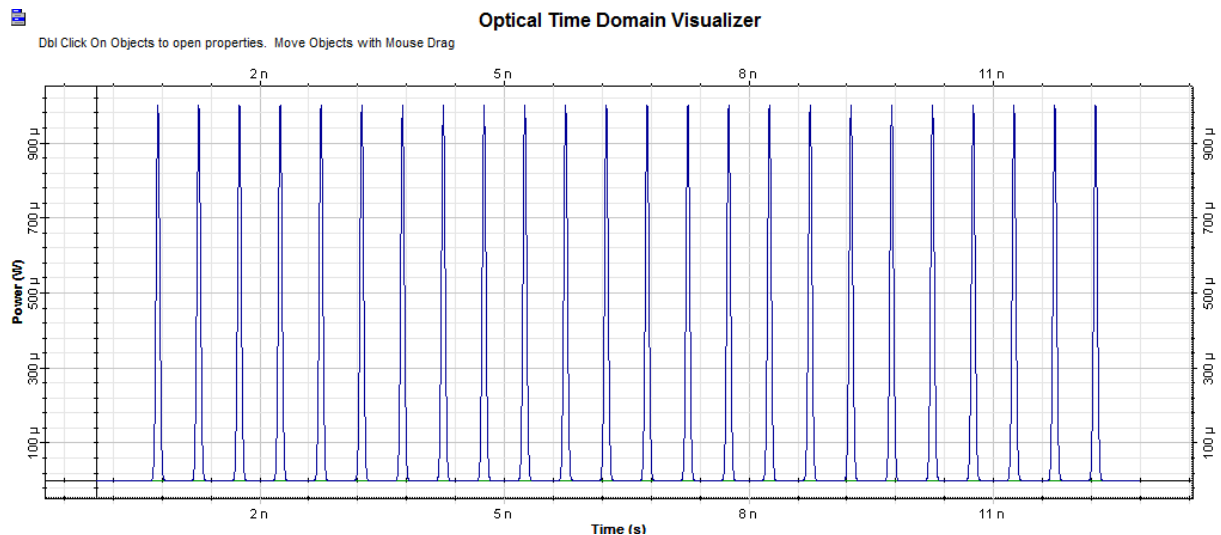


Figure III.5 : Le signal optique de la séquence «**00001**».

Ensuite, la chaine passe par un découpleur «**1*4**» ce dernier répartit le train optique en 4 trains optiques, identiques entre eux et au signal original, et décalés en temps en utilisant le «**Time Delay**». Le 4^{ème} signal passe aussi par un «**Optical Attenuator**» afin de l'atténuer.

Nous avons combiné les 3 signaux par un coupleur «**4*1**», l'absence du 4^{ème} signal est causé de **L'opticalAttenuator**, puis le signal multiplexé est fourni et affiché sur «**L'Optical Time Domain Visualizer**».

- **Visualisation du signal de multiplexage TDM :**

La figure suivante montre le signal multiplexé.

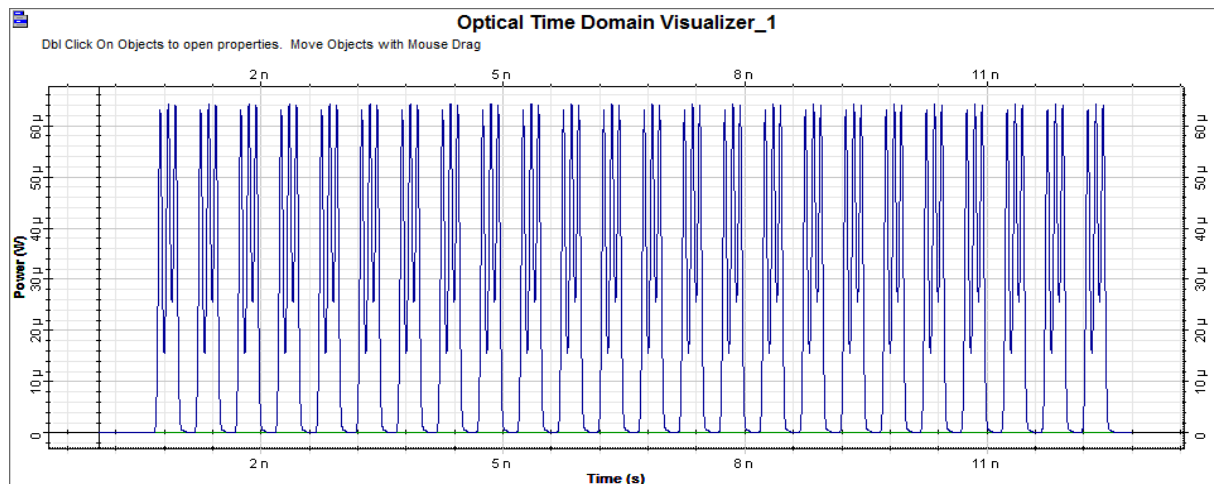


Figure III.6 : Schéma de multiplexage TDM par optisystem.

- **Le visualiser du signal multiplexé :**

Le signal généré sans pertes d'information avec un meilleur gain de puissance au niveau des pics (impulsion qui correspondent à 1 binaire), atténué de $950\mu\text{W}$ à $64\mu\text{W}$. Pour rétablir le signal avec une puissance maximale il faut rajouter un gain.

III.4.1.2.L'étape transmission sur fibre optique :

La figure suivante montre le schéma du multiplexage au niveau de la fibre optique.

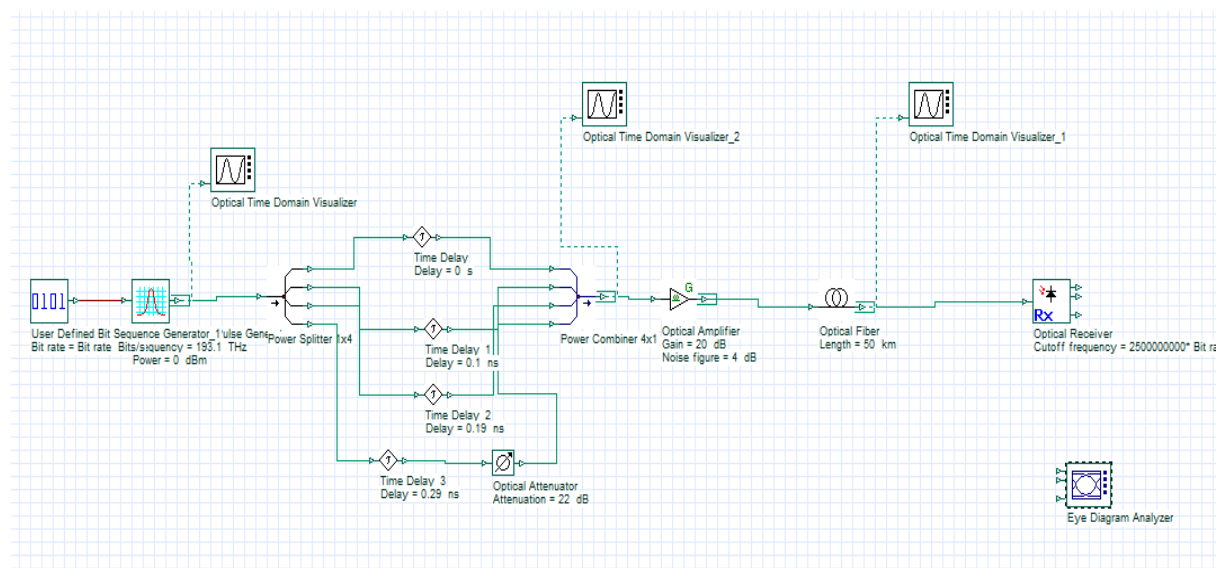


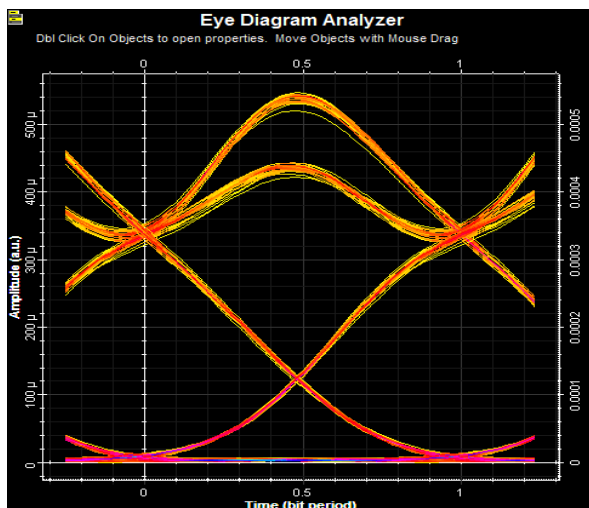
Figure III.7 : Schéma de multiplexage TDM par fibre optique.

- **Interprétation :**

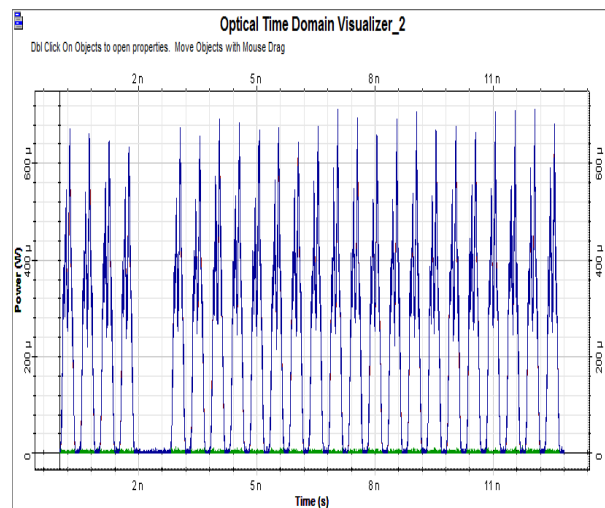
Après avoir passé par l'étape de multiplexage, le signal est amplifié de façon à attaquer la fibre optique et qui est atténué à cause de certaines contraintes (le débit du signal, la longueur de la fibre optique, l'atténuation ...etc). Donc le signal doit être amplifié pour assurer sa qualité (sa force) lors de sa transmission au niveau de la fibre optique,

- **Visualisation du signal :**

La figure suivante montre le signal optique amplifié et le diagramme de l'œil dans le canal de transmission.



(1)



(2)

Figure III.8 : Le digramme de l'œil (1), le signal optique (2).

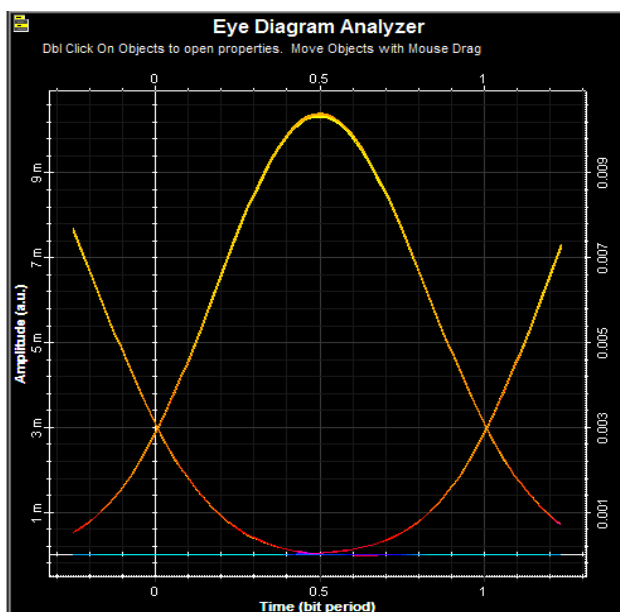
Pour tester la qualité de transmission, on fait varier le débit binaire, pour avoir l'influence de ce dernier sur la qualité de transmission (Q-facteur, BER).

- **Pour un débit binaire de 2.5Gb/s :**

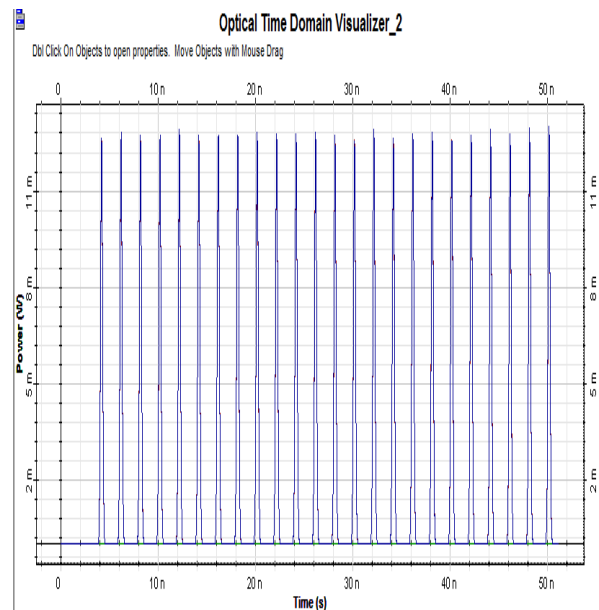
Le tableau suivant résume le résultat de changement de qualité de transmission pour un débit de 2.5Gb/s.

La longueur de la fibre optique(Km)	25		50		100	
La dispersion chromatique (ps/nm/km)	17	40	17	40	17	40
Q-facteur	273.73	228.75	277.60	281.78	192.99	210.21
BER	0	0	0	0	0	0

Tableau III.1 : Résultat de changement de qualité de transmission pour un débit de 2.5Gb/s.



(1)



(2)

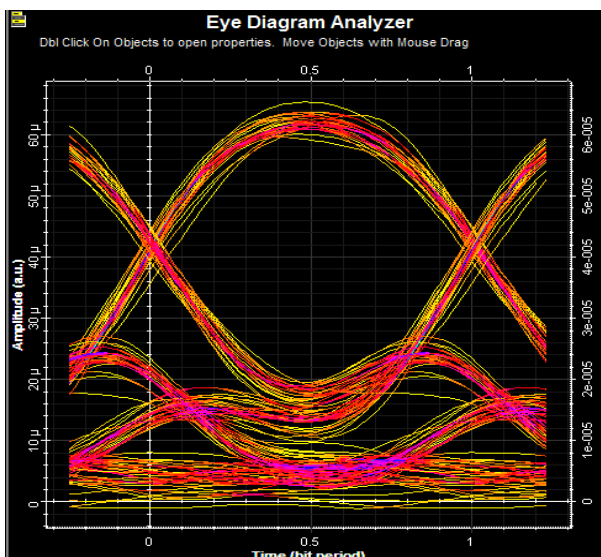
Figure III.9 : La qualité de transmission,(1)diagramme de l'œil,(2) le signal optique pour (Dch=17ps/nm/km,FO=25km,débit=2.5Gb/s).

- Pour un débit de 10 Gb/s :

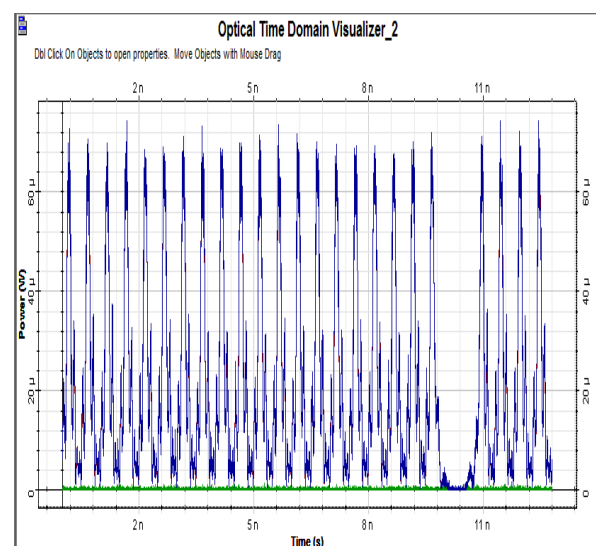
Le tableau suivant résume résultat de changement de qualité de transmission pour un débit de 10Gb/s.

La longueur de la fibre optique(Km)	25		50		100	
La dispersion chromatique(ps/nm/km)	17	40	17	40	17	40
Q-facteur	50.61	3.88	3.73	7.84	5.35	7.36
BER	0	5.11* 10^{-5}	9.31* 10^{-5}	1.9* 10^{-15}	4.13* 10^{-8}	9.12* 10^{-14}

Tableau III.2 : Résultat de changement de qualité de transmission pour un débit de 10 Gb/s.



(1)



(2)

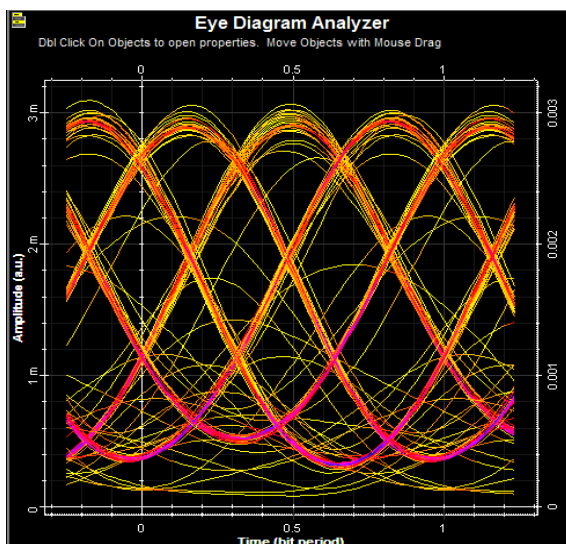
Figure III.10 : La qualité de transmission,(1) le diagramme de l'œil,(2) le signal optique pour (Dech=40ps/nm/km,FO=100km,débit=10Gb/s).

- Pour un débit de 50 Gb/s :

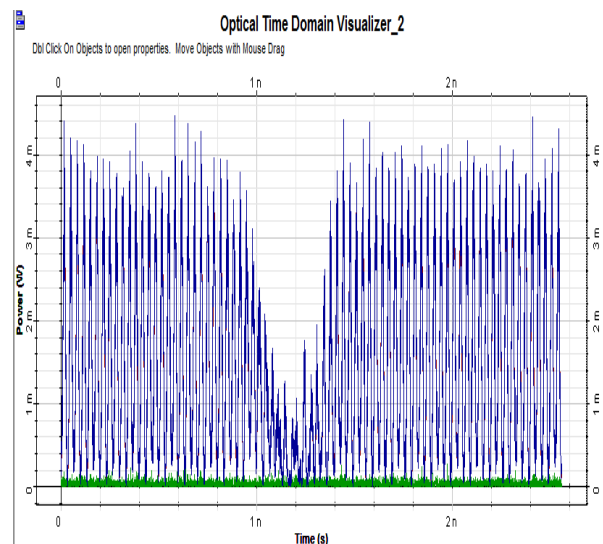
Le tableau suivant résume le résultat de changement de qualité de transmission pour un débit de 50Gb/s.

La longueur de la fibre optique(Km)	25		50		100	
La dispersion chromatique (ps/nm/km)	17	40	17	40	17	40
Q-facteur	2.40	2.58	2.10	1.93	0	3.25
BER	0.0079	0.0047	0.017	0.025	1	0.00048

TableauIII.3 : Résultat de changement de qualité de transmission pour un débit de 50 Gb/s.



(1)



(2)

Figure III.11: La qualité de transmission,(1) le diagramme de l'œil, (2) le signal optique pour (Dech=17ps/nm/km, FO=25km, débit=50Gb/s).

D'après les résultats des tableaux et les figures, nous remarquons que la qualité de transmission dépend du : débit binaire du signal, la longueur de la fibre optique et la dispersion chromatique. Nous avons conclu que si nous augmentons le débit binaire ou la longueur de la fibre optique ou encore la dispersion chromatique, la valeur de Q facteur diminue et la valeur de BER augmente, ce qui donne une mauvaise qualité de transmission.

III.4.1.3. L'étape démultiplexage :

La figure suivante représente le schéma du démultiplexage.

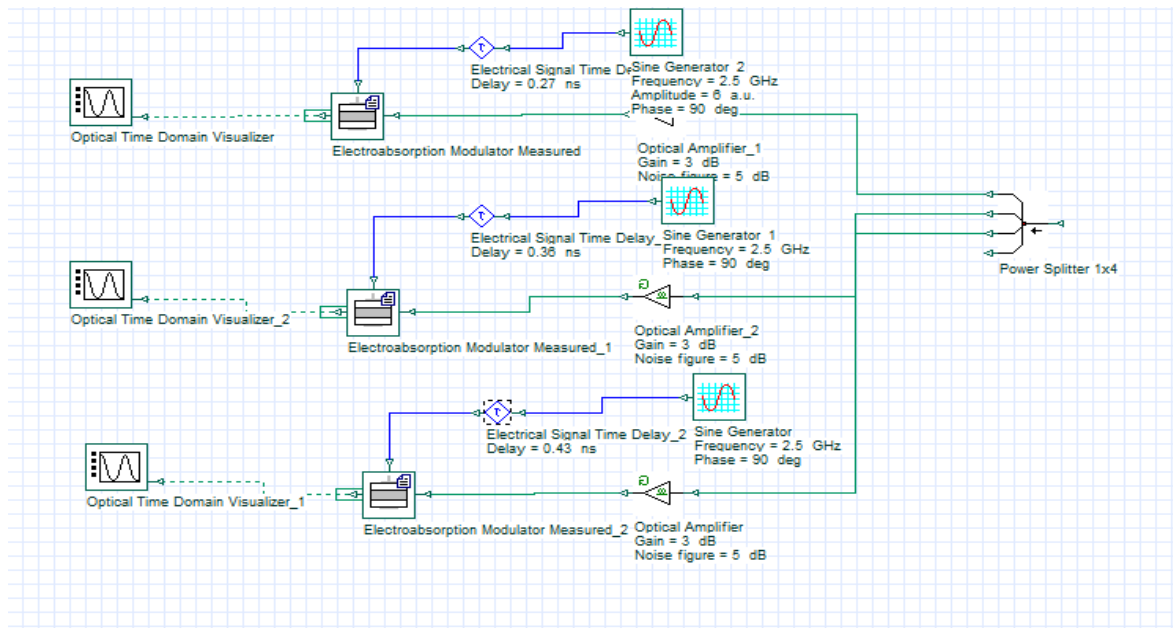


Figure III.12: Schéma du démultiplexage.

- **Interprétation :**

Le signal qui sort de la fibre optique passe par un découpleur « 1* 4 » et qui sera réparti en 3 trains optiques, identiques entre eux et au signal original, chaque signal est amplifié par un gain puis attaqué par le « **ElectroabsorptionModulatorMeasured** » EAM.

Donc l'utilisation des trois composants de l'EAM supposés identiques, le signal électrique de commande de l'EAM permet de générer la fenêtre de transmission adaptée à notre système. Chaque signal de l'EAM commandé par un signal électrique de composant sinusoïdal de fréquence 2.5GHz et d'amplitude 6v.

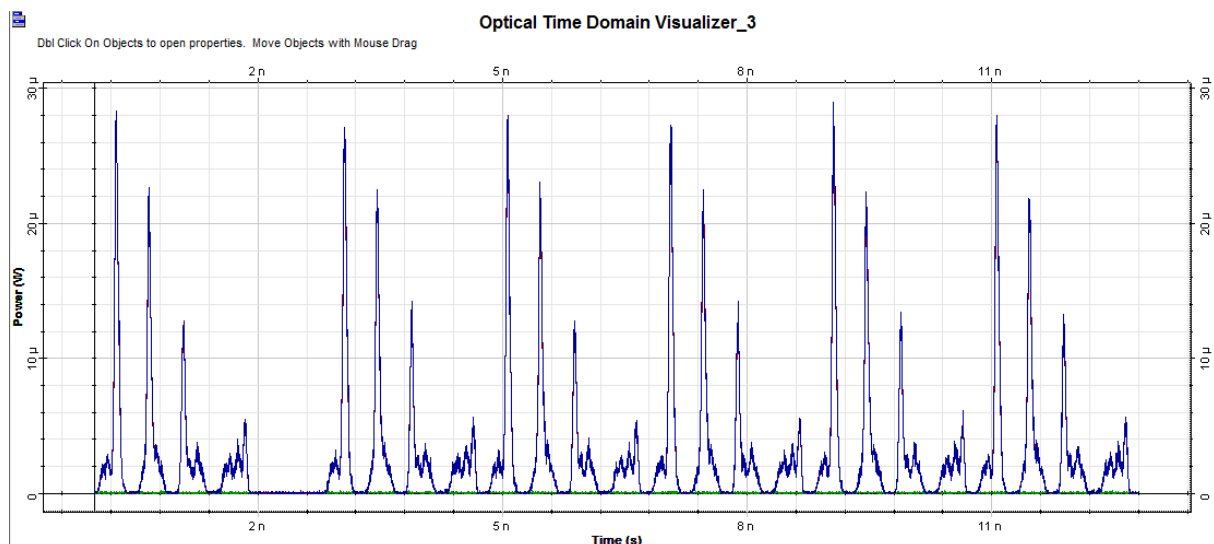
La valeur du retard est introduite sur le signal électrique de commande.

- **La modulateur électroabsorption (EAM) :**

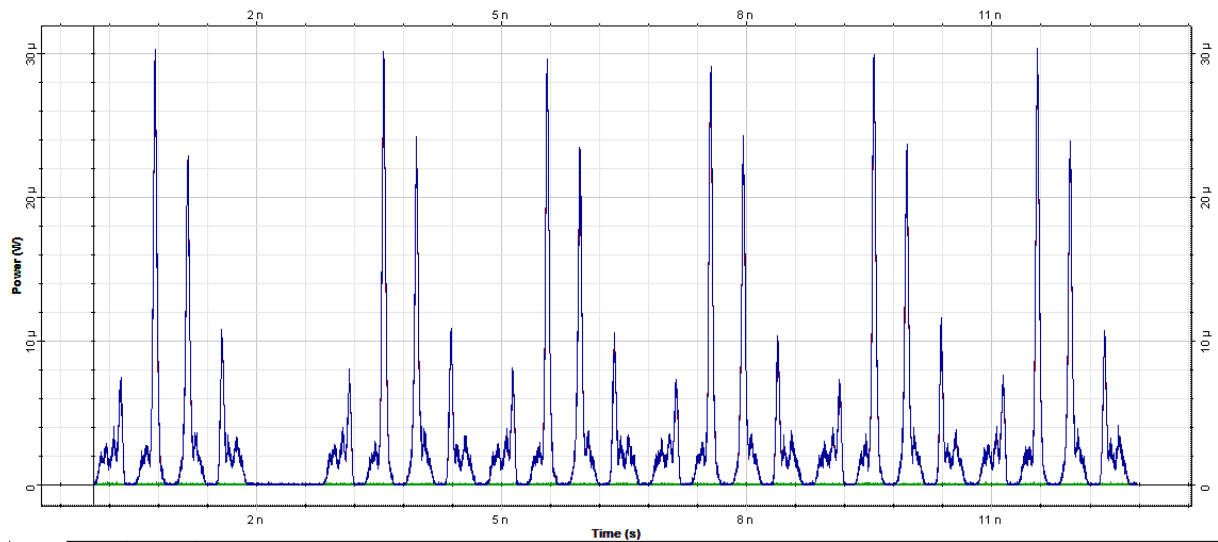
Le modulateur d'absorption électrique (EAM) est un dispositif semi-conducteur qui peut être utilisé pour moduler l'intensité d'un faisceau laser par une tension électrique. Son principe de fonctionnement est basé sur l'effet de Franz-Keldysh, c'est-à-dire une variation du spectre d'absorption provoqué par un champ électrique appliqué qui modifie l'énergie du bandgap (donc l'énergie du photon d'un bord d'absorption) mais n'implique généralement pas l'excitation des transporteurs par le champ électrique.

- **Visualisation des signaux :**

- ✓ **1^{er} utilisateur :**



✓ 2^{eme} utilisateur :



✓ 3^{eme} utilisateur :

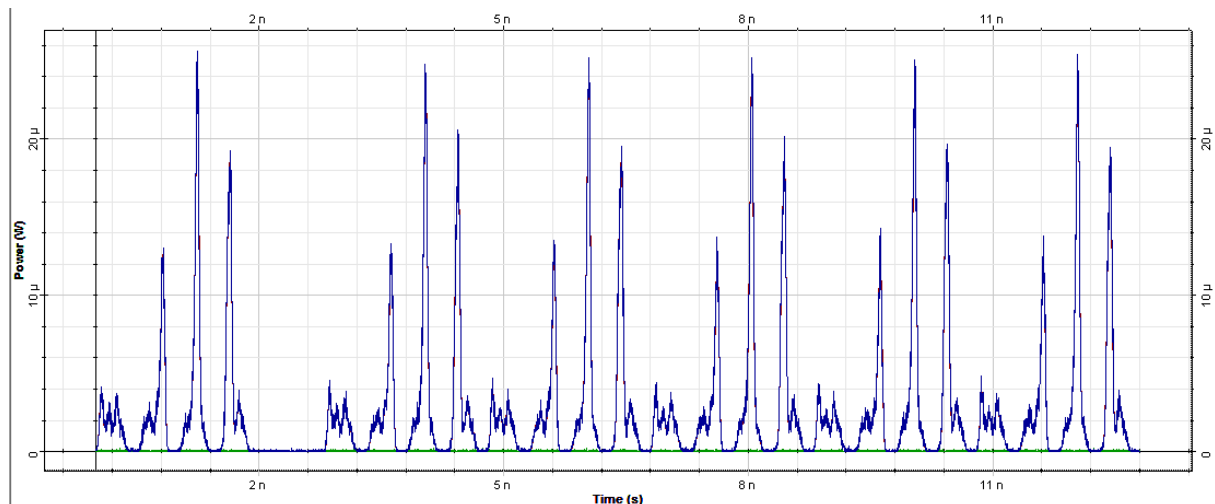


Figure III.13 : Le signal de chaque utilisateur après le démultiplexage.

III.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié la technique de multiplexage par répartition de temps (TDM) sur la fibre optique, à travers la simulation en utilisant logiciel OptiSystem. Nous avons effectué la simulation de la partie multiplexage de notre système de transmission, en utilisant le modèle le plus proche possible de la réalité.

Chapitre IV :
Configuration d'un équipement Huawei Optix OSN 3500

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter les étapes les plus importantes pour assurer une bonne configuration des équipements. Dans un premier temps, nous allons utiliser le cahier de charge qui est délivré par Algérie Télécom et proposer des solutions pour commencer le processus de configuration des services SDH en utilisant la plateforme T2000 de Huawei.

IV.2. Les types des équipements OPTIX OSN proposés par Huawei :

HUAWEI propose six équipements pour le NG SDH qui est (Optix OSN 1500A, 1500B, 2500, 3500, 7500,9500).



Figure IV.1 : OPTIX OSN 1500A et 1500B.



Figure IV.2 : OPTIX OSN 2500.



Figure IV.3: OPTIX OSN 3500.



Figure IV.4 : OPTIX OSN 7500.



Figure IV.5: OPTIX OSN 9500.

IV.3. Principe de fonctionnement des cartes optiques :

La figure suivante montre le principe général de fonctionnement des cartes optiques.

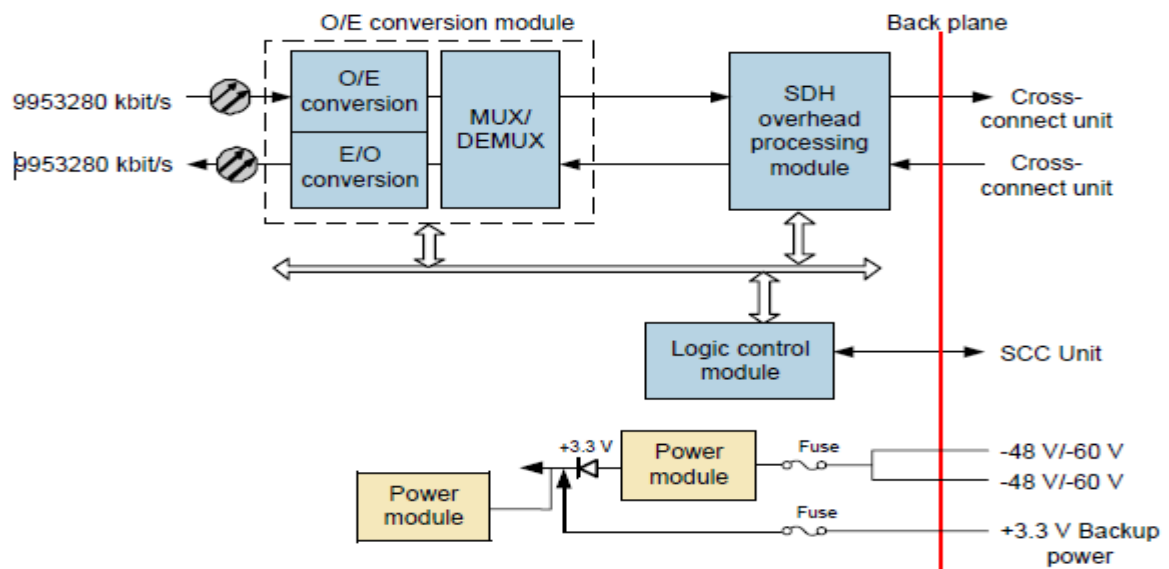


Figure IV.6 : Principe des cartes optiques des équipements.

IV.3.1. La réception :

Le module de conversion (O/E) contient un convertisseur optique/électrique, électrique /optique et un multiplexeur /démultiplexeur.

Ce convertisseur (O/E) convertit les signaux optiques en signaux électriques et détecte les alarmes.

Le démultiplexeur traite les signaux électriques de haut débit pour obtenir des signaux (canaux) parallèles et assure la synchronisation.

Après le bloc de conversion, les signaux électriques traités et le signal d'horloge sont transportés vers le module de traitement (SDH Overhead processing module). Ce dernier extrait les bits de l'entête des signaux récupérés les envoie vers l'unité de cross connect.

IV.3.2. L'émission :

A partir de l'unité cross connect, les signaux électriques parallèles sont envoyés vers le module de traitement (SOH overhead processing module) qui va insérer les bits de l'entête. Le convertisseur reçoit les signaux électriques et les convertit en signaux optiques. Ces derniers vont être le support de transmission (fibre optique).

Dans ce chapitre, nous intéressons à l'équipement OPTIX OSN 3500 de HUAWEI.

IV.4. L'équipement OPTIX OSN 3500 :

Le système de transmission optique intelligent d'OptiX OSN 3500 développé par Huawei est l'équipement de commutation optique intelligent de la deuxième génération de transmission.

L'OptiX OSN 3500 transmet des services de voix et de données sur la même Plate-forme avec le rendement élevé. Il intègre les technologies suivantes :

- (SDH) Synchronous digital hierarchy.
- (PDH) Plesiochronous digital hierarchy.
- Ethernet.
- (ATM) Asynchronous transfer mode.
- (SAN) Storage area network.

- (WDM) Wavelength division multiplexing.
- (DDN) Digital data network.
- (ASON) Automatically switched optical network.



Figure IV.7 : OPTIX OSN 3500 de HUAWEI à Bouira.

L'équipement OPTIX OSN 3500 constitué de plusieurs cartes :

- Les cartes optiques (SDH1, SDH2, SDH3, SDH4).
- Les cartes de MIC de capacité 155 Mb/s maximum.
- Les cartes EFT de Huit (8) portes de capacité 800 Mb/s maximum.
- Les cartes GE de quatre (4) portes de capacité de 1 Gb/s maximum.

IV.5. Configuration des équipements OPTIX OSN 3500 :

IV.5.1. Présentation du logiciel de configuration(T2000) :

Le T2000 est un logiciel développé par la société télémechanique destiné à la configuration des équipements de Huawei. Il est employé pour contrôler des dispositifs de transport de Huawei, tels que SDH/SONET et le multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM). Le T2000 contrôle également les raccordements topologiques entre les dispositifs et les raccordements de sous-réseau.

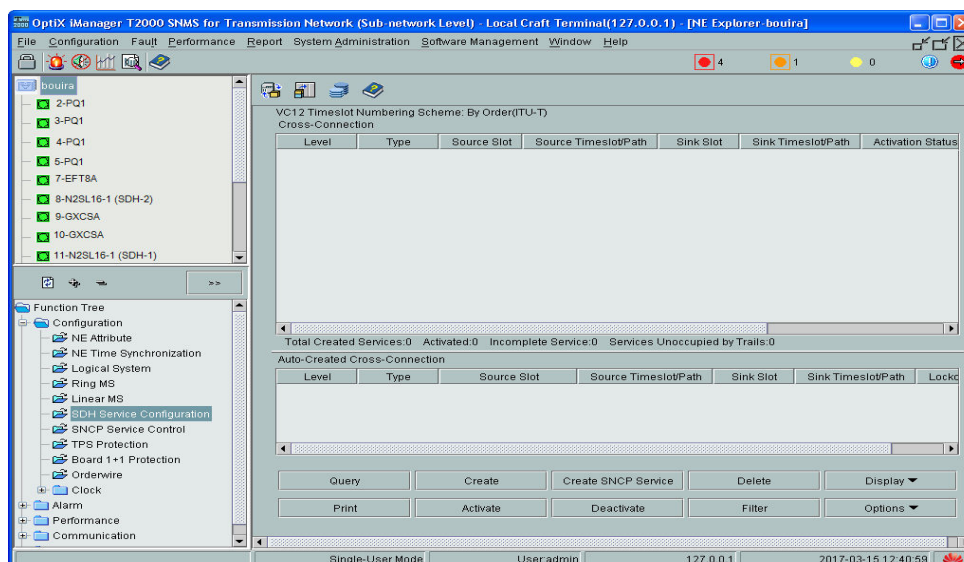


Figure IV.8 : Interface de logiciel T2000.

IV.5.2. Cahier des charges de configuration:

Avant chaque lancement de n'importe quel projet, Algérie Télécom fait des études nécessaires pour avoir le besoin de chaque région selon le nombre des habitants et d'entreprises.

Dans notre cas et après cette étude, Algérie Télécom donne le tableau suivant :

Anneaux	Bouira	Bechloul	M'chdallah
Bouira		-1-63 VC-12 » STM-1	-1-63 VC-12 » STM-1
		-1-63 VC-12 » STM-1	-1-63 VC-12 » STM-1
		- 1-3 VC-3	- 1-3 VC-3
Bechloul	-1-63 VC-12 » STM-1		-1-63 VC-12 » STM-1
	-1-63 VC-12 » STM-1		-1-63 VC-12 » STM-1
	- 1-3 VC-3		- 1-3 VC-3
M'chdallah	-1-63 VC-12 » STM-1	-1-63 VC-12 » STM-1	
	-1-63 VC-12 » STM-1	-1-63 VC-12 » STM-1	
	- 1-3 VC-3	- 1-3 VC-3	

Tableau IV.1: Cahier de charge de la liaison SDH.

IV.5.3. Topologie réseau :

La topologie de la liaison est en anneaux comme le montre la figure suivante :le réseau de transmission de la wilaya de Bouira , boucle Bouira CA2-Bechloul RSS- M'chdallah CA/URAD.

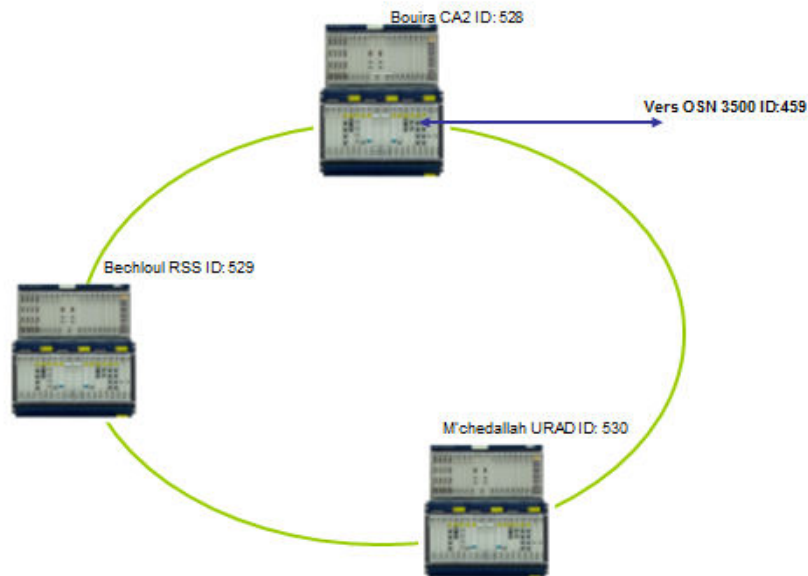


Figure IV.9: L'anneau de Bouira CA2-Bechloul RSS-M'chdallah URAD.

IV.5.4. Les étapes de configuration :

Etapes 1 : Création des NEs (Network Element) :

Comme montre la figure suivante, nous avons les trois (3) équipements qui sont au niveau de Bouira, Bechloul et M'chdallah, représentés respectivement par les ID suivants : « 10107 », « 10109 » et « 10108 ».

On réalise cette opération par le lancement du logiciel T2000, puis on cherche les trois équipements par **Search for NE**, suivi par **start** comme le montre la figure suivante :

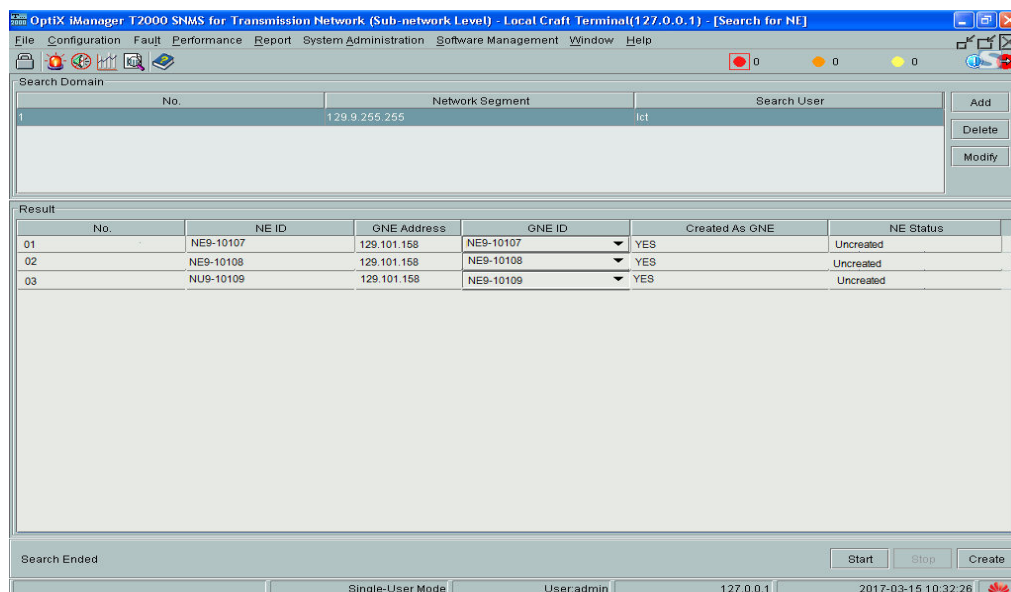


Figure IV.10 : Résultat de la création des NEs.

Etapes 2 : Configuration du premier équipement à Bouira:

- Configuration de NE (Network Élément) :**

Après l'obtention des 3 NEs on commence par la configuration du 1^{er} NE, par le choix du type de l'équipement et la sélection de son nom.

Après la configuration, nous avons obtenu les résultats suivants :

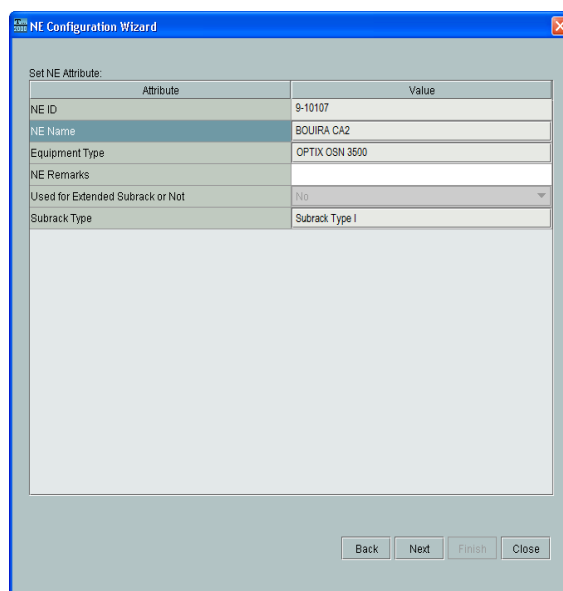


Figure IV.11: Résultats de configuration de NE (Network Élément) à l'extrémité de Bouira.

- **Visualisation des slots :**

L'équipement OPTIX OSN 3500 contient plusieurs cartes, on peut les visualiser pour voir quelles sont les cartes actives et non actives.

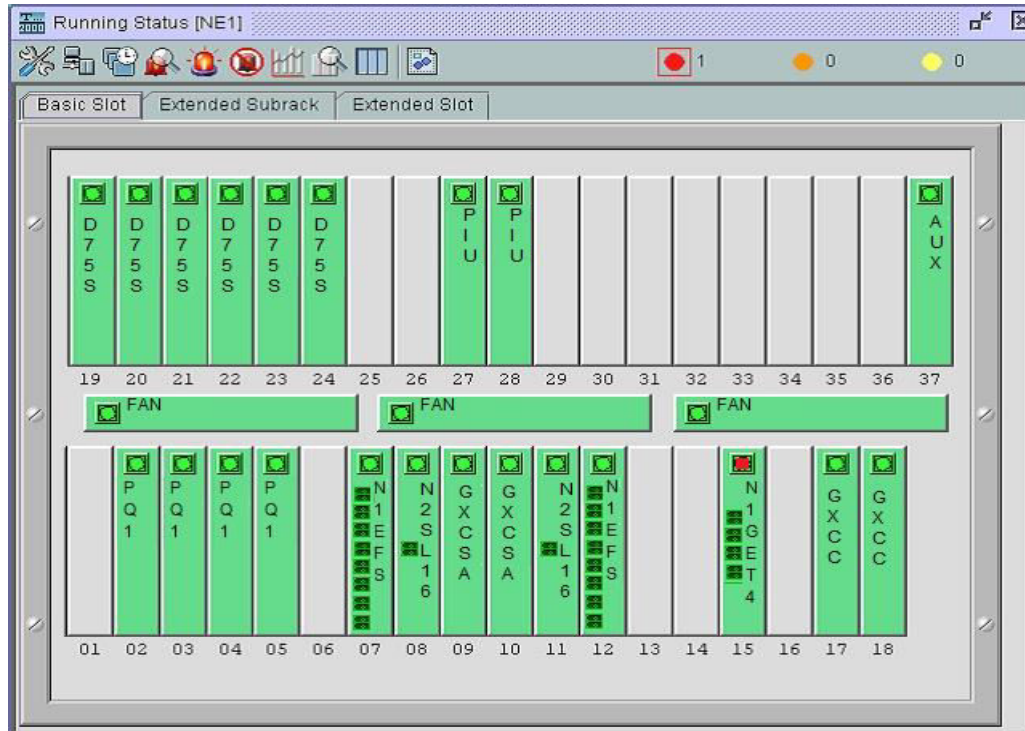


Figure IV.12: Les slots de l'équipement.

- **Création SDH service :**

On procède à la création de SDH service suivant le cahier de charge. Et on commence par la première extrémité à Bouira (liaison Bouira-Bechloul), le lancement de (**Create SDH service**) se fait par la sélection de (**SDH Service configuration**) qui se trouve au niveau (**functionTree**) puis on choisit (**create**).

Pour la première extrémité, nous configurons les SDH Services correspondants :

- Le premier doté d'un niveau de débit de VC-12 (2Mb/s), au niveau de la carte 4-PQ1, envoyé sur la carte de ligne SDH2.
- Le deuxième doté d'un niveau de débit de VC-12 (2Mb/s), au niveau de la carte 5-PQ1, envoyé sur la carte de ligne SDH2.
- Le troisième doté d'un niveau de débit de VC-3 (50Mb/s), au niveau de la carte EFT, envoyé sur la carte de ligne SDH2.

The figure displays three screenshots of the 'Create SDH Service' dialog box, which is used for configuring SDH services on a Huawei Optix OSN 3500. Each screenshot shows a table with attributes and their corresponding values.

Top Left Screenshot (VC12):

Attribute	Value
Level	VC12
Direction	Bidirectional
Source Slot	4-PQ1
Source VC4	
Source Timeslot Range(e.g. 1, 3-...	1-63
Sink Slot	8-N2SL16-1 (SDH-2)
Sink VC4	VC4-1
Sink Timeslot Range(e.g. 1, 3-6)	1-63
Activate Immediately	YES

Top Right Screenshot (VC1):

Attribute	Value
Level	VC12
Direction	Bidirectional
Source Slot	5-PQ1
Source VC4	
Source Timeslot Range(e.g. 1, 3-...	1-63
Sink Slot	8-N2SL16-1 (SDH-2)
Sink VC4	VC4-1
Sink Timeslot Range(e.g. 1, 3-6)	1-63
Activate Immediately	YES

Bottom Screenshot (VC3):

Attribute	Value
Level	VC3
Direction	Bidirectional
Source Slot	7-EFT8A (SDH-2)
Source VC4	VC4-1
Source Timeslot Range(e.g. 1, 3-...	1-3
Sink Slot	8-N2SL16-1 (SDH-2)
Sink VC4	VC4-1
Sink Timeslot Range(e.g. 1, 3-6)	1-3
Activate Immediately	YES

Figure IV.13 : Résultats de la création des SDHs service de la liaison Bouira–Bechloul.

Pour établir la connexion entre Bouira-M'chdallah, on réalise les mêmes étapes de configuration pour la création du service SDH suivant le cahier de charge déjà établi par Algérie Télécom.

Les figures suivantes représentent les résultats de configuration :

The figure displays three screenshots of the 'Create SDH Service' dialog box, showing the configuration parameters for different SDH services.

Top Left Screenshot:

Attribute	Value
Level	VC12
Direction	Bidirectional
Source Slot	2-PQ1
Source VC4	
Source Timeslot Range(e.g. 1, 3-...	1-63
Sink Slot	11-N2SL16-1 (SDH-1)
Sink VC4	VC4-1
Sink Timeslot Range(e.g. 1, 3-6)	1-63
Activate Immediately	YES

Top Right Screenshot:

Attribute	Value
Level	VC12
Direction	Bidirectional
Source Slot	3-PQ1
Source VC4	
Source Timeslot Range(e.g. 1, 3-...	1-63
Sink Slot	11-N2SL16-1 (SDH-1)
Sink VC4	VC4-1
Sink Timeslot Range(e.g. 1, 3-6)	1-63
Activate Immediately	YES

Bottom Screenshot:

Attribute	Value
Level	VC3
Direction	Bidirectional
Source Slot	12-EFT8A (SDH-1)
Source VC4	VC4-1
Source Timeslot Range(e.g. 1, 3-...	1-3
Sink Slot	11-N2SL16-1 (SDH-1)
Sink VC4	VC4-1
Sink Timeslot Range(e.g. 1, 3-6)	1-3
Activate Immediately	YES

Figure IV.14 : Résultats de la création des SDHs services de la liaison Bouira - M'chedallah.

- **Résultats de configuration :**

Les cartes (4-PQ1, 5-PQ1, 7-EFT) et (2-PQ1, 3-PQ1, 12-EFT) sont aptes à transmettre le débit par les cartes optiques SDH2 et SDH1 respectivement comme le montre les figures suivantes :

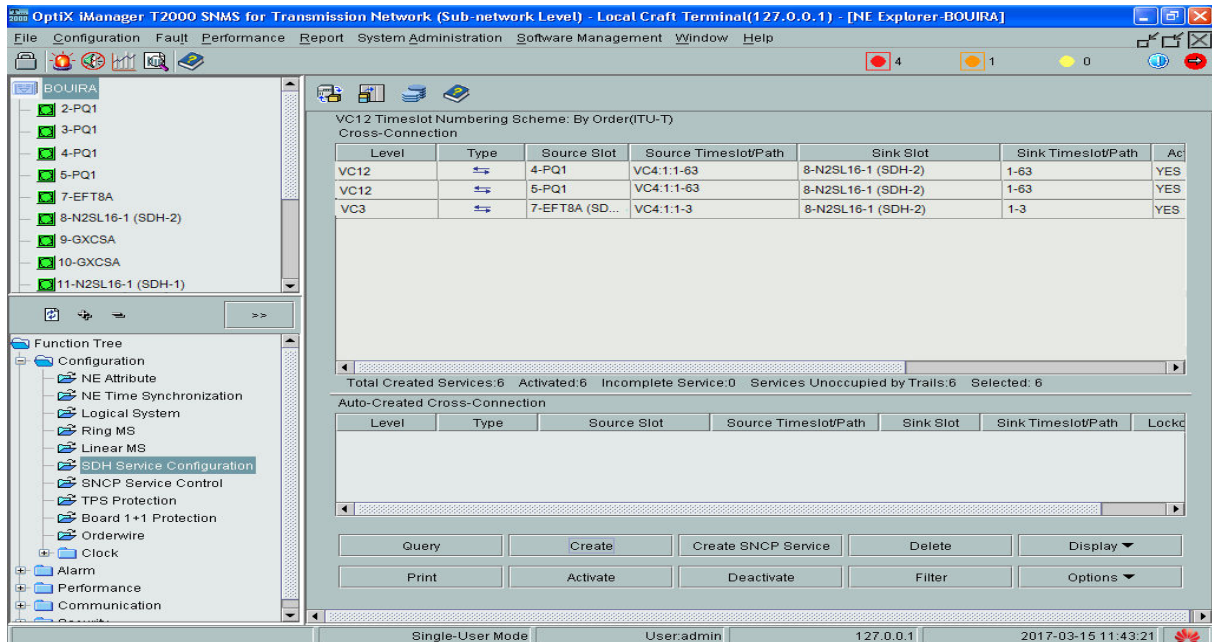


Figure IV.15 : Résultat final de configuration de la ligne Bouira-Bechloul.

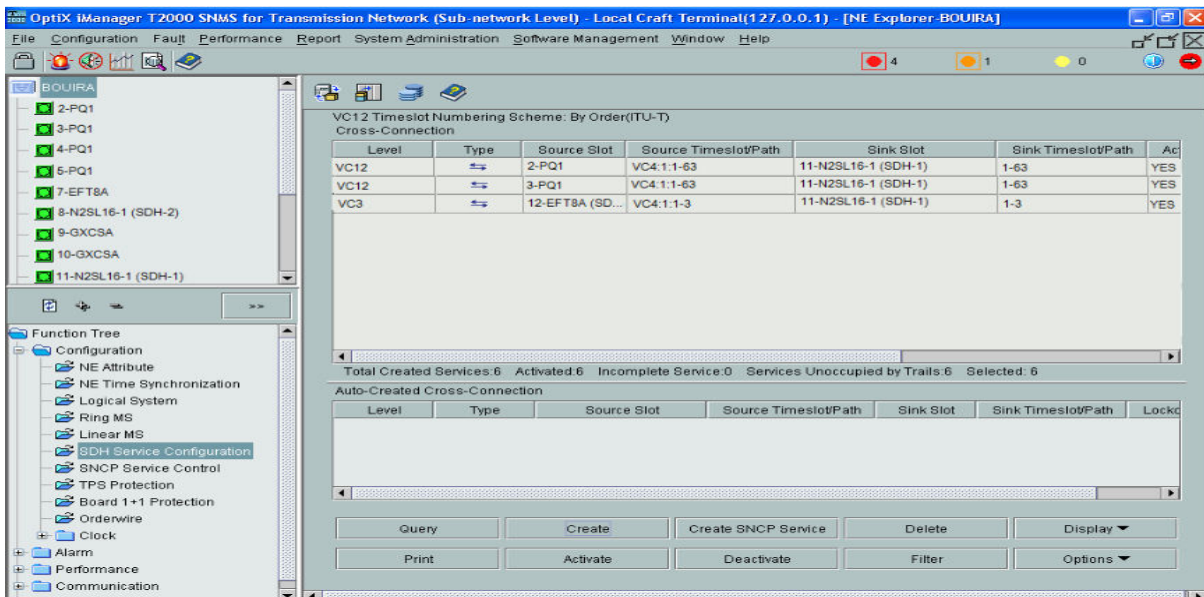


Figure IV.16 : Résultat final de configuration de la ligne Bouira-M'chdallah.

Etape 3 : configuration du deuxième équipement à Bechloul:

- **Configuration de NE :**

Après la configuration du premier équipement, on passe au deuxième équipement (NE), par le choix du type de l'équipement et la sélection de son nom.

Après la configuration, Nous avons obtenu le résultat suivant :

Attribute	Value
NE ID	9-10108
NE Name	BECHLOUL
Equipment Type	OptiX OSN 3500
NE Remarks	
Used for Extended Subrack or Not	No
Subrack Type	Subrack Type I

Figure IV.17: Résultats de configuration de NE (Network Element) à l'extrémité de Bechloul.

- **Création du SNCP service:**

Au niveau de l'équipement de Bouira, le système n'est pas secouru entre (Bouira – Bechloul et Bouira –M'chdallah), donc s'il y'a une coupure ou autre problème, le système cesse de fonctionner , donc il est nécessaire de sécuriser la ligne par une autre.

Dans notre cas l'équipement OSN 3500 à Bechloul est constitué de deux cartes de ligne (SDH1, et SDH2) : la première carte SDH1 utilisée dans la ligne entre Bouira-Bechloul est considérée fonctionnelle par contre l'autre carte SDH2 utilisée dans la ligne de Bechloul – M'chdallah est en état STANDBY. Si on a une coupure, le système bascule directement vers la deuxième carte. Dans ce cas on utilise Create SNCP.

La configuration de (**Create SNCP service**) se fait par la sélection du (**SDH Service configuration**) qui se trouve au niveau de (**functionTree**) puis on choisit (**create SNCP**).

Pour cette extrémité, nous configurons les SNCP Services correspondants :

The figure shows three screenshots of the 'Create SNCP Service' dialog box, illustrating different configurations for SNCP services. Each screenshot shows the same basic settings: Service Type: SNCP, Direction: Bidirectional, Level: VC12, Hold-off Time(100ms): 0, Revertive Mode: Non-Revertive, and WTR Time(s): (empty). The main configuration area is a table with three columns: Attribute, Working Service, and Protection Service.

Top Left Screenshot:

Attribute	Working Service	Protection Service
Source Slot	8-N2SL16-1 (SDH1)	11-N2SL16-1 (SDH2)
Source VC4	VC4-1	VC4-1
Source Timeslot Range(e...)	1-63	1-63
Sink Slot	4-PQ1	
Sink VC4	VC4-1	
Sink Timeslot Range(e.g. ...)	1-63	

Top Right Screenshot:

Attribute	Working Service	Protection Service
Source Slot	8-N2SL16-1 (SDH1)	11-N2SL16-1 (SDH2)
Source VC4	VC4-1	VC4-1
Source Timeslot Range(e...)	1-63	1-63
Sink Slot	5-PQ1	
Sink VC4	VC4-1	
Sink Timeslot Range(e.g. ...)	1-63	

Bottom Screenshot:

Attribute	Working Service	Protection Service
Source Slot	8-N2SL16-1 (SDH1)	11-N2SL16-1 (SDH2)
Source VC4	VC4-1	VC4-1
Source Timeslot Range(e...)	1-3	1-3
Sink Slot	7-EFT8A (SDH1)	
Sink VC4	VC4-1	
Sink Timeslot Range(e.g. ...)	1-3	

Figure IV.18 : Création SNCP service.

- **Résultats de configuration :**

La figure suivante montre le résultat final de configuration de la ligne Bechloul-M'chdallah.

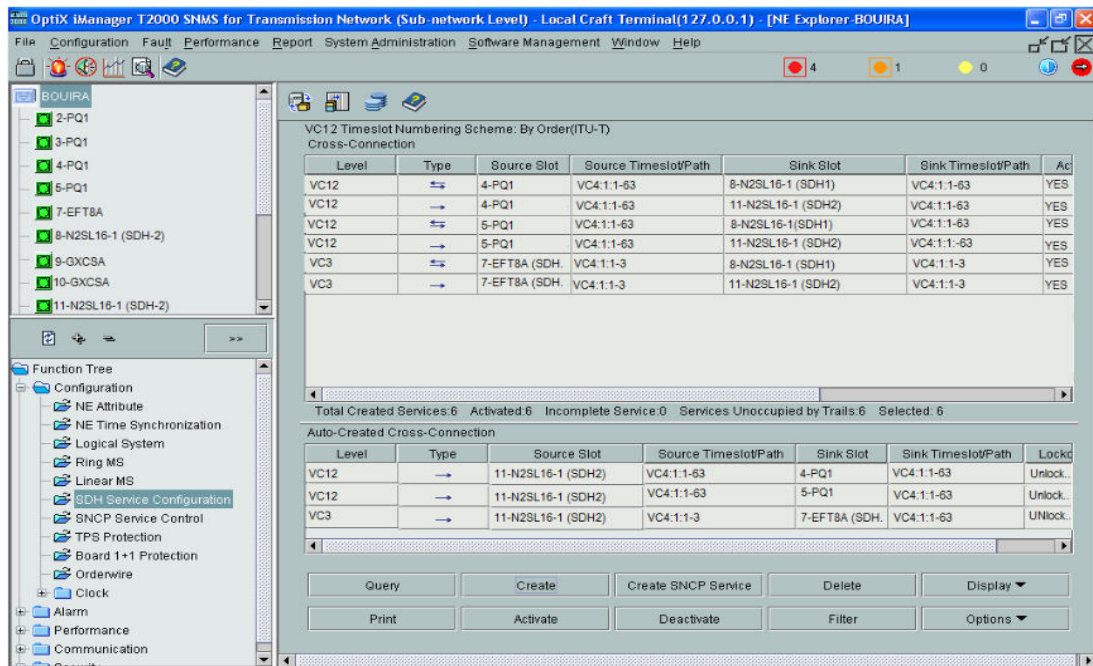


Figure IV.19 : Résultat final de configuration de la ligne Bechloul-M'chdallah.

Etape 4 : configuration du troisième équipement à M'chdallah :

- **Configuration de NE :**

Après la configuration du deuxième équipement, on commence par le troisième équipement (NE), par le choix du type de l'équipement et la sélection de son nom.

Après la configuration, nous avons obtenu les résultats suivants :

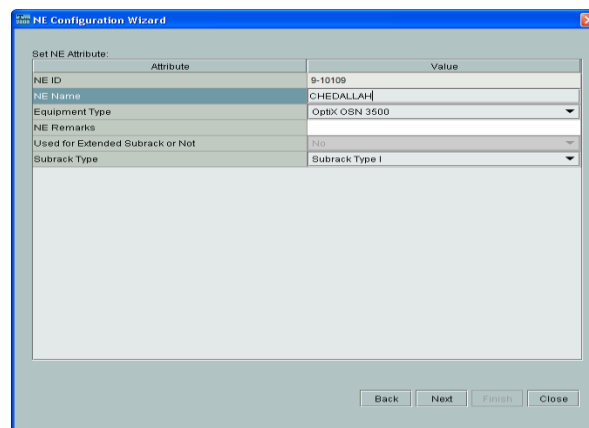


Figure IV.20: Résultats de configuration de NE à l'extrémité de M'chdallah.

- **Création SNCP service:**

Dans le troisième NE on réalise les mêmes étapes que le deuxième équipement:

The figure shows three screenshots of the 'Create SNCP Service' dialog box, illustrating different configurations for the Working and Protection services. Each screenshot has the following common fields:

- Service Type: SNCP
- Direction: Bidirectional
- Level: VC12
- Hold-off Time(100ms): 0
- Revertive Mode: Non-Revertive
- WTR Time(s):
- Activate Immediately: ☒
- Buttons: OK, Cancel, Apply

The main configuration area is a table with three columns: Attribute, Working Service, and Protection Service.

Top Left Screenshot:

Attribute	Working Service	Protection Service
Source Slot	8-N2SL16-1 (SDH1)	11-N2SL16-1 (SDH2)
Source VC4	VC4-1	VC4-1
Source Timeslot Range(e.g., 1-63)	1-63	1-63
Sink Slot	2-PQ1	
Sink VC4	VC4-1	
Sink Timeslot Range(e.g., 1-63)	1-63	

Top Right Screenshot:

Attribute	Working Service	Protection Service
Source Slot	8-N2SL16-1 (SDH1)	11-N2SL16-1 (SDH2)
Source VC4	VC4-1	VC4-1
Source Timeslot Range(e.g., 1-63)	1-63	1-63
Sink Slot	3-PQ1	
Sink VC4	VC4-1	
Sink Timeslot Range(e.g., 1-63)	1-63	

Bottom Screenshot:

Attribute	Working Service	Protection Service
Source Slot	8-N2SL16-1 (SDH1)	11-N2SL16-1 (SDH2)
Source VC4	VC4-1	VC4-1
Source Timeslot Range(e.g., 1-3)	1-3	1-3
Sink Slot	12-EFT8A (SDH1)	
Sink VC4	VC4-1	
Sink Timeslot Range(e.g., 1-3)	1-3	

Figure IV.21 : Création SNCP service.

- **Résultats de configuration :**

La figure suivante montre le résultat final de configuration de la ligne M'chdallah-Bechloul.

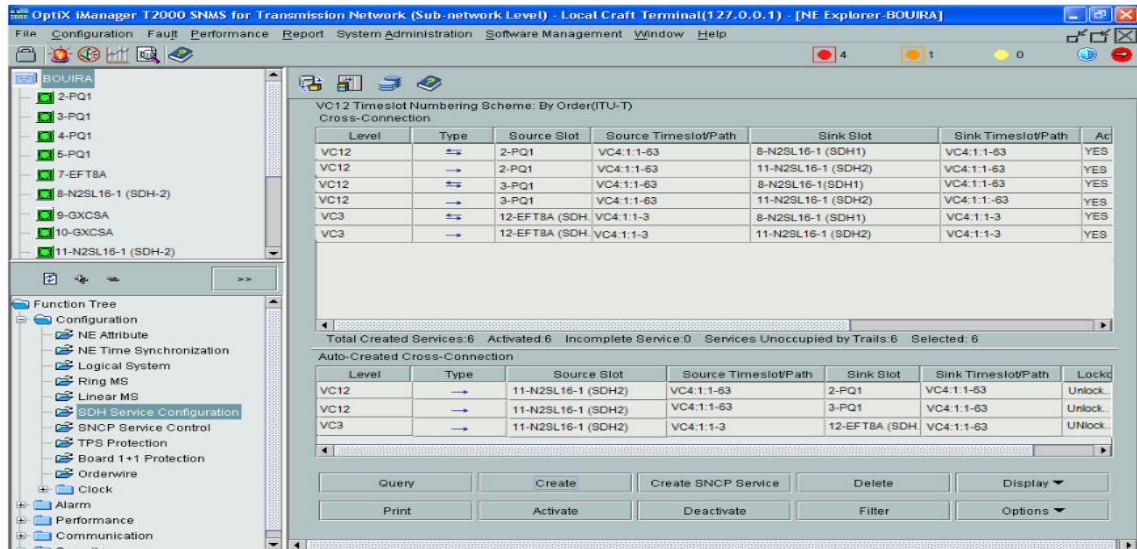


Figure IV.22 : Résultat final de configuration de la ligne M'chdallah-Bechloul.

IV.6. Test du fonctionnement des équipements :

Une fois la configuration est terminée, il est nécessaire de tester le fonctionnement des trois équipements par la commande **Ping**.

Pour tester le fonctionnement des deux équipements qui sont à Bouira et Bechloul, on connecte le premier port de la carte EFT du premier équipement à Bouira avec un ordinateur, on utilise un câble réseau direct, et le premier port de la carte EFT du deuxième équipement à Bechloul avec un autre ordinateur, comme le montre la figure IV.23.

On fait la même chose pour tester le fonctionnement des équipements entre Bouira – M'chdallah et Bechloul- M'chdallah.

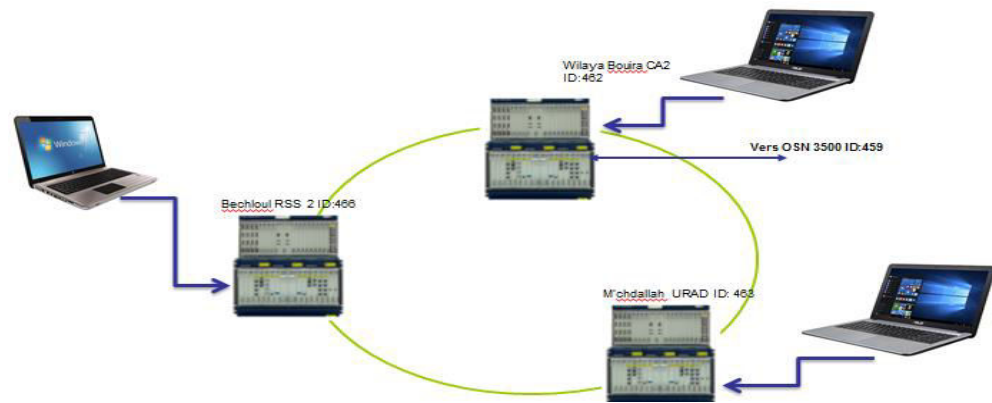
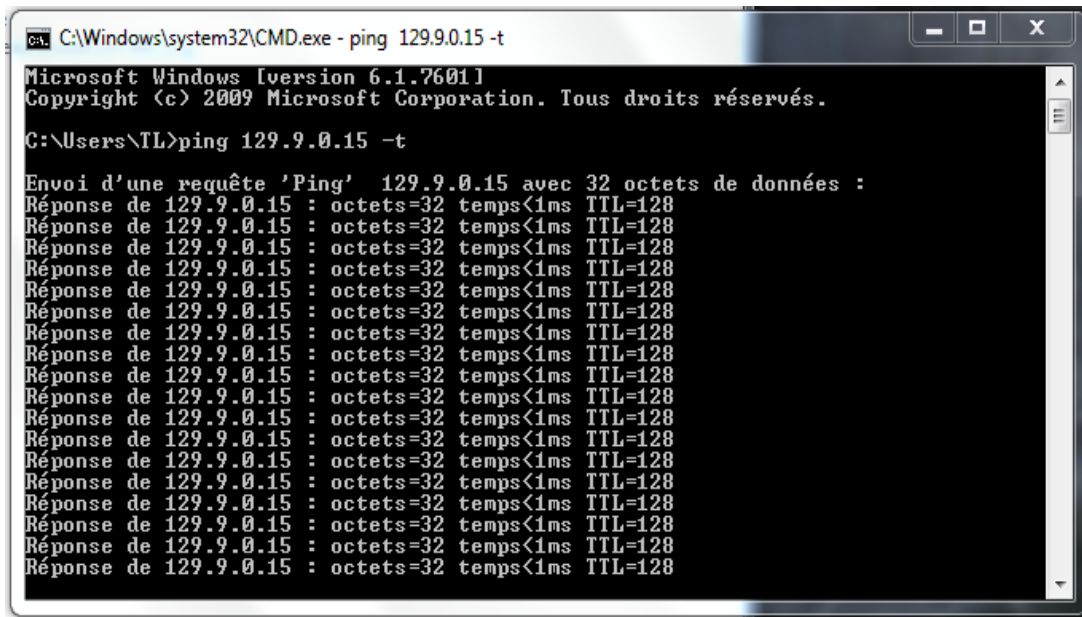


Figure IV.23 : Test de fonctionnement des trois équipements.

IV.6.1. Résultat du PING :

Les figures suivantes montrent les résultats de la commande réseau « **Ping -t** » :

- La valeur 129.9.0.15 représente l'adresse IP de l'équipement de destination
- La commande « **Ping** » utilise une requête **ICMP Request** (Internet Control Message Protocol utilisé pour véhiculer les messages de contrôle et d'erreur, par exemple lorsqu'un service ou un hôte est inaccessible) et attend une réponse Reply. L'envoi est répété pour des fins statistiques : déterminer le taux de paquets perdus et le délai moyen de réponse.
- L'autre extrémité, qui est la destination, émet une réponse sans perte de données (32 octets émis, 32 octets reçus), ni un délai de retard « connexion établie »
- **TTL (Time To Live)** d'un paquet indique le nombre maximal de routeurs intermédiaires que l'on peut encore traverser pour atteindre la cible. Dans la réponse d'un **Ping**, il permet donc de déterminer combien de routeurs ont été traversés pour effectuer le retour. Dans la figure ci-dessous la valeur du **TTL** est de **128**, ce qui signifie qu'un paquet de données de 32 octets a probablement traversé environ **10-15** routeurs avant d'atteindre la destination finale en un délai inférieur à **1msec**



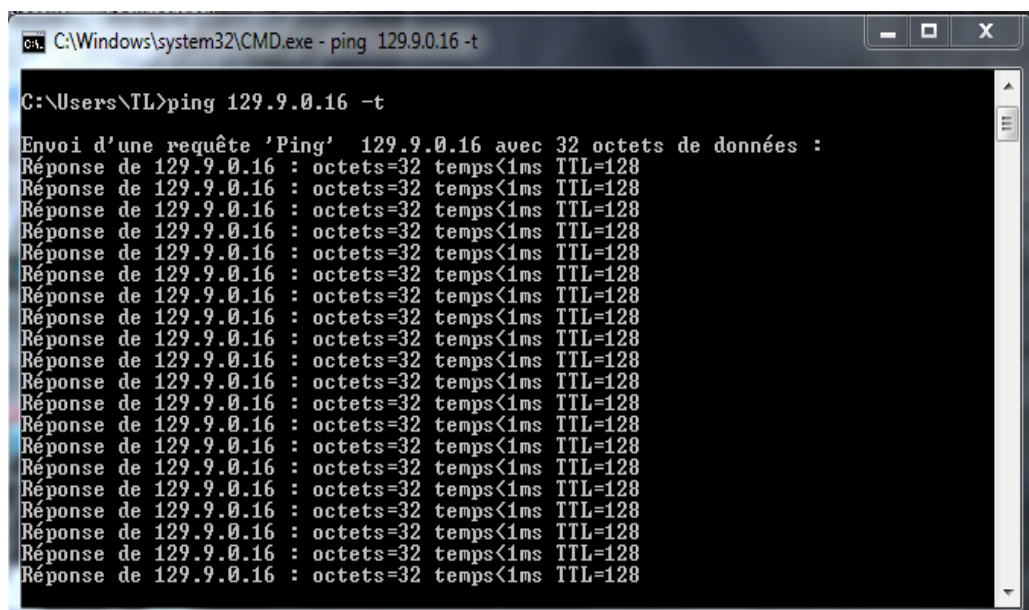
```
C:\Windows\system32\CMD.exe - ping 129.9.0.15 -t

Microsoft Windows [version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

C:\Users\TL>ping 129.9.0.15 -t

Envoi d'une requête 'Ping' 129.9.0.15 avec 32 octets de données :
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.15 : octets=32 temps<1ms TTL=128
```

Figure IV.24 : Résultat du test de fonctionnement de l'équipement à Bouira.



```
C:\Windows\system32\CMD.exe - ping 129.9.0.16 -t

C:\Users\TL>ping 129.9.0.16 -t

Envoi d'une requête 'Ping' 129.9.0.16 avec 32 octets de données :
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
Réponse de 129.9.0.16 : octets=32 temps<1ms TTL=128
```

Figure IV.25 : Résultat de test de fonctionnement de l'équipement à Bechloul.

IV.7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons réussi à configurer des équipements pour implémenter un réseau SDH, à partir du cahier de charge et la topologie imposée par Algérie Télécom. La configuration débutera par la création des liaisons entre les différents équipements, afin d'établir la connexion entre les sites.

Une fois la configuration est terminée, nous passons au test de bon fonctionnement de ces liaisons par la commande réseau PING.

Conclusion Générale

Conclusion générale

L'évolution phénoménale des besoins en bande passante, due principalement à l'apparition de nouveaux services Internet, a entraîné une utilisation de plus en plus massive des réseaux de transport. Exploitant une infrastructure optique, ces réseaux ont connu plusieurs évolutions technologiques majeures pour leur permettre de transporter des volumes de trafic en perpétuelle croissance. La technologie SDH est la solution de transport la plus déployée jusqu'à aujourd'hui dans de nombreux réseaux d'opérateurs à très grande capacité. Le coût de ces réseaux est très important, notamment le coût des équipements (cartes de transmission, cartes de brassage, transpondeurs, fibres optiques,...) qui dépendent de la manière de router le trafic et d'allouer les ressources.

La fibre optique est aujourd'hui une technique essentielle dans les télécommunications. Elle offre beaucoup d'avantages à savoir, sa très grande bande passante qui permet de multiplexer plusieurs signaux dans un seul canal, sa taille et son poids qui facilitent sa mise en œuvre. Dans notre travail, nous avons vu les différents types de fibre optique (multimode, monomode) et quelques caractéristiques telles que l'atténuation et la dispersion chromatique.

Nous avons vu aussi que la fibre est un support optique permettant de transmettre plusieurs signaux dans un même canal avec multiplexage de ces signaux en répartition de temps (TDM), en répartition de code (CDM) et en longueurs d'ondes (WDM).

L'objectif de ce travail est de configurer des équipements Huawei OSN3500 utilisés au niveau du centre d'amplification à : Bouira, Bechloul et M'chdallah, ainsi que d'élaborer une simulation d'une chaîne de transmission par fibre optique avec un multiplexage temporelle (TDM) des différents débits pour évaluer la qualité de transmission de ce type de multiplexage.

La réalisation de la chaîne de transmission par fibre optique avec un multiplexage TDM sous logiciel OptiSystem nous a permis d'évaluer la qualité de transmission en

mesurant le facteur de qualité et le taux d'erreur binaire à partir du diagramme de l'œil. Nous avons constaté que la qualité devient médiocre suite à l'influence de :

- Débit de transmission.
- La longueur de la fibre optique.
- La dispersion chromatique.

Nous avons vu aussi que les modulateurs à électro-absorption (EAM) permettent de réaliser la fonction de démultiplexage temporel pour extraire les données multiplexées. Le signal électrique de commande d'EAM et la valeur de retard introduite permettent d'extraire et de choisir le signal d'utilisateur à démultiplexer.

Annexe I

La norme UIT

I.1. Définition de la norme UIT : (The International Télécommunication Union):

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

I.2. Spécification de recommandation utilisée :

I.2.1. Série G-systèmes et support de transmission, systèmes réseaux numérique :

UTT-Rec.653 (10/00) caractéristiques des câbles à optiques monomodes.

UTT-Rec.G.653 (10/00) caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes à dispersion décalée.

UTT-Rec.653 (10/00) caractéristiques des câbles à fibres optiques à dispersion décalée non nulle.

UTT-Rec.G.702 (11/88) débits binaires de la hiérarchie numérique.

UTT-Rec.704. (10/98) structures de trame synchrone utilisées aux niveaux hiérarchiques de 1544, 6312, 2048, 8448 et 44736 Kbit/s.

UTT-Rec.G.708 (10/00) interface de nœud de réseaux intra STM-0 pour la hiérarchie numérique synchrone (SDH), définition des débits.

UTT-Rec.G.708 (06/99) interface de nœud de de réseaux intra STM-0 pour la hiérarchie numérique synchrone (SDH), structuré de la trame SDH.

UTT-Rec.G709 (10/00) format interface de nœud de réseaux pour la hiérarchie numérique synchrone (SDH), format et structure de multiplexage.

UTT-Rec.G.782 (10/00) caractéristique des bloc fonctionnelle des équipements de multiplexage (SDH).

UTT-Rec.G.783 (10/00) caractéristique générales des équipements de multiplexage (SDH).

UTT-Rec.G.784 (06/99) gestion de la hiérarchie numérique synchrone (SDH)

UTT-Rec.G.957 (06/99) interface optiques pour optique pour les équipements et le système relatif à la hiérarchie numérique synchrone (SDH)

UTT-Rec.G.958 (11/95) système de lignes numérique fondées sur la hiérarchie numérique synchrone, pour sur câbles à fibres optiques.

I.3.Recommandation UIT-T G.652 :

I.3.1.Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes :

- **Domaine d'application**

La présente Recommandation traite des câbles à fibres optiques monomodes dont la longueur d'onde de dispersion nulle se trouve au voisinage de 1310 nm, qui sont optimisés pour la région des 1310 nm et qui peuvent également être utilisés au voisinage de 1550 nm (longueur d'onde pour laquelle ces fibres ne sont pas optimisées). Ces fibres peuvent être utilisées pour la transmission analogique et pour la transmission numérique.

Les paramètres géométriques, optiques, mécaniques et de transmission sont répartis ci-après selon trois catégories d'attributs:

- les attributs de fibre qui sont ceux conservés tout le long du câblage et de l'installation;
 - les attributs de câble qui sont recommandés pour les câbles tels qu'ils sont livrés;
 - les attributs de liaison qui sont caractéristiques des câbles concaténés, décrivant une
-

méthode d'estimation des paramètres d'interface du système qui s'appuie sur des mesures, sur une modélisation ou sur d'autres considérations. L'Appendice I fournit des informations pour les attributs de liaison et la conception de systèmes.

La présente recommandation et les différentes catégories de performance énoncées dans les Tableaux du son destinées à la prise en charge des systèmes correspondants définis dans les Recommandations suivantes:

- Rec. UIT-T G.957
- Rec. UIT-T G.691
- Rec. UIT-T G.692
- Rec. UIT-T G.693
- Rec. UIT-T G.959.1
- Rec. UIT-T G.695

NOTE – En fonction de la longueur des liaisons, une accommodation de la dispersion peut être nécessaire pour certains codes d'application indiqués dans les Recommandations UIT-T G.691, G.692 ou G.959.1. Le sens des termes utilisés dans la présente Recommandation et les lignes directrices qu'il convient de suivre pour les mesures ayant pour but de vérifier les diverses caractéristiques font l'objet des Rec. UIT-T G.650.1 et G.650.2. Les caractéristiques de cette fibre, y compris la définition des paramètres qui s'appliquent, leurs méthodes de test et leurs valeurs appropriées, seront précisées à mesure que les études et l'expérience progressent.

I.3.2.Références normatives :

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des

Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

Rec. UIT-T G.652 (06/2005)

- Recommandation UIT-T G.650.1 (2004), *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs linéaires déterministes des fibres et câbles optiques monomodes.*
- Recommandation UIT-T G.650.2 (2005), *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs se rapportant aux caractéristiques statistiques et non linéaires des fibres et câbles optiques monomodes.*
- CEI 60793-2-50 (2004), *Fibres optiques – Partie 2-50: Spécifications de produits Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B.*

I.3.3.Références informatives

- Recommandation UIT-T G.663 (2000), *Aspects relatifs aux applications des sous-systèmes et dispositifs amplificateurs optiques.*
 - Recommandation UIT-T G.691 (2003), *Interfaces optiques pour les systèmes STM-64 et autres systèmes SDH monocanaux à amplificateurs optiques.*
 - Recommandation UIT-T G.692 (1998), *Interfaces optiques pour systèmes multicanaux avec amplificateurs optiques.*
 - Recommandation UIT-T G.693 (2005), *Interfaces optiques pour les connexions locales.*
 - Recommandation UIT-T G.695 (2005), *Interfaces optiques pour les applications de multiplexage par répartition espacée en longueurs d'onde.*
 - Recommandation UIT-T G.957 (1999), *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone.*
 - Recommandation UIT-T G.959.1 (2003), *Interfaces de couche Physique du réseau optique de transport.*
-

I.4. Tableaux des valeurs recommandées :

Les tableaux suivants récapitulent les valeurs recommandées pour un certain nombre de catégories de fibres qui satisfont aux objectifs de la présente Recommandation. Ces catégories sont établies essentiellement en fonction des valeurs PMD requises et de la valeur d'atténuation requise à 1383 nm. Voir l'Appendice I pour plus de précisions sur les distances et les débits binaires de transmission par rapport aux valeurs PMD requises.

Le Tableau 1, Attributs de G.652.A, contient les attributs et valeurs recommandés qui sont nécessaires à la prise en charge d'applications telles que celles qui sont indiquées dans les Recommandations UIT-T G.957 et G.691, jusqu'au module STM-16 ainsi que de 10 Gbit/s à 40 km (Ethernet) et pour le module STM-256/Rec. UIT-T G.693.

Le Tableau 2, Attributs de G.652.B, contient les attributs et valeurs recommandés qui sont Nécessaires à la prise en charge d'applications à débit binaire supérieur, jusqu'au module STM-64, telles que certaines applications indiquées dans les Recommandations UIT-T G.691 et G.692 et jusqu'au module STM-256 pour certaines applications indiquées dans les Recommandations UIT-T G.693 et G.959.1. En fonction de l'application, une accommodation de la dispersion chromatique peut être nécessaire.

Le Tableau 3, Attributs de G.652.C, est identique au Tableau G.652.A, à ceci près qu'il permet les transmissions dans des portions de la plage de longueurs d'onde étendue comprise entre 1360 nm et 1530 nm..

Le Tableau 4, Attributs de G.652.D, est identique au Tableau G.652.B, à ceci près qu'il permet les transmissions dans des portions de la plage de longueurs d'onde étendue comprise entre 1360 nm.

Tableau 1/G.652 – Attributs G.652.A

Attributs des fibres		
Attribut	Détail	Valeur
Diamètre du champ de mode	Longueur d'onde	1310 nm
	Plage des valeurs nominales	8,6 µm à 9,5 µm
	Tolérance	±0,6 µm
Diamètre de gaine	Nominal	125,0 µm
	Tolérance	±1 µm
Erreur de concentricité du cœur	Maximum	0,6 µm
Non-circularité de gaine	Maximum	1,0%
Longueur d'onde de coupure du câble	Maximum	1260
Perte par macrocourbure	Rayon	30 mm
	Nombre de tours	100
	Maximum à 1550 nm	0,1 dB
Tension limite d'allongement	Minimum	0,69 GPa
Coefficient de dispersion chromatique	λ_{0min}	1300 nm
	λ_{0max}	1324 nm
	S_{0max}	0,092 ps/nm ² × km
Attributs des câbles		
Attribut	Détail	Valeur
Coefficient d'atténuation	Maximum à 1310 nm	0,5 dB/km
	Maximum à 1550 nm	0,4 dB/km
Coefficient de dispersion modale de polarisation	M	20 câbles
	Q	0,01%
	Maximum PMD _Q	0,5 ps/√km
NOTE – Conformément au § 6.2, une valeur PMD _Q maximale sur fibre non câblée est spécifiée afin de prendre en charge la prescription primaire sur PMD _Q du câble.		

Tableau 2/G.652 – Attributs G.652.B

Attributs des fibres		
Attribut	Détail	Valeur
Diamètre du champ de mode	Longueur d'onde	1310 nm
	Plage des valeurs nominales	8,6 µm à 9,5 µm
	Tolérance	±0,6 µm
Diamètre de gaine	Nominal	125,0 µm
	Tolérance	±1 µm
Erreur de concentricité du cœur	Maximum	0,6 µm
Non-circularité de gaine	Maximum	1,0%
Longueur d'onde de coupure du câble	Maximum	1260 nm
Perte par macrocourbure	Rayon	30 mm
	Nombre de tours	100
	Maximum à 1625 nm	0,1 dB
Tension limite d'allongement	Minimum	0,69 GPa
Coefficient de dispersion chromatique	λ_{0min}	1300 nm
	λ_{0max}	1324 nm
	S_{0max}	0,092 ps/nm ² × km
Attributs des câbles		
Attribut	Détail	Valeur
Coefficient d'atténuation	Maximum à 1310 nm	0,4 dB/km
	Maximum à 1550 nm	0,35 dB/km
	Maximum à 1625 nm	0,4 dB/km
Coefficient de dispersion modale de polarisation	M	20 câbles
	Q	0,01%
	Maximum PMD _Q	0,20 ps/√km
NOTE – Conformément au § 6.2, une valeur PMD _Q maximale sur fibre non câblée est spécifiée afin de prendre en charge la prescription primaire sur PMD _Q du câble.		

Tableau 3/G.652 – Attributs G.652.C

Attributs des fibres		
Attribut	Détail	Valeur
Diamètre du champ de mode	Longueur d'onde	1310 nm
	Plage des valeurs nominales	8,6 μm à 9,5 μm
	Tolérance	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diamètre de gaine	Nominal	125,0 μm
	Tolérance	$\pm 1 \mu\text{m}$
Erreur de concentricité du cœur	Maximum	0,6 μm
Non-circularité de gaine	Maximum	1,0%
Longueur d'onde de coupure du câble	Maximum	1260 nm
Perte par macrocourbure	Rayon	30 mm
	Nombre de tours	100
	Maximum à 1625 nm	0,1 dB
Tension limite d'allongement	Minimum	0,69 GPa
Coefficient de dispersion chromatique	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	0,092 ps/nm ² × km
Attributs des câbles		
Attribut	Détail	Value
Coefficient d'atténuation	Maximum de 1310 nm à 1625 nm (Note 2)	0,4 dB/km
	Maximum à 1383 nm ± 3 nm	(Note 3)
	Maximum à 1550 nm	0,3 dB/km
Coefficient de dispersion modale de polarisation	M	20 câbles
	Q	0,01%
	Maximum PMD _Q	0,5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
NOTE 1 – Conformément au § 6.2, une valeur PMD_Q maximale sur fibre non câblée est spécifiée afin de prendre en charge la prescription primaire sur PMD_Q. NOTE 2 – Cette région de longueur d'onde peut être étendue à 1260 nm moyennant l'adjonction d'une perte de diffusion de Rayleigh induite de 0,07 dB/km à la valeur d'atténuation à 1310 nm. Dans ce cas, la longueur d'onde de coupure du câble ne doit pas dépasser 1250 nm. NOTE 3 – La moyenne d'atténuation échantillonnée à cette longueur d'onde doit être inférieure ou égale à la valeur maximale spécifiée pour la plage de 1310 nm à 1625 nm après vieillissement à l'hydrogène conformément à la CEI 60793-2-50 relative à la catégorie de fibre B1.3.		

Tableau 4/G.652 – Attributs G.652.D

Attributs des fibres		
Attribut	Détail	Valeur
Diamètre du champ de mode	Longueur d'onde	1310 nm
	Plage des valeurs nominales	8,6 μm à 9,5 μm
	Tolérance	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diamètre de gaine	Nominal	125,0 μm
	Tolérance	$\pm 1 \mu\text{m}$
Erreur de concentricité du cœur	Maximum	0,6 μm
Non-circularité de gaine	Maximum	1,0%
Longueur d'onde de coupure du câble	Maximum	1260 nm
Perte par macrocourbure	Rayon	30 mm
	Nombre de tours	100
	Maximum à 1625 nm	0,1 dB
Tension limite d'allongement	Minimum	0,69 GPa
Coefficient de dispersion chromatique	λ_{omin}	1300 nm
	λ_{omax}	1324 nm
	S_{omax}	0,092 ps/nm ² × km
Attributs des câbles		
Attribut	Détail	Value
Coefficient d'atténuation	Maximum de 1310 nm à 1625 nm (Note 2)	0,4 dB/km
	Maximum à 1383 nm ± 3 nm	(Note 3)
	Maximum à 1550 nm	0,3 dB/km
Coefficient de dispersion modale de polarisation	M	20 câbles
	Q	0,01%
	Maximum PMD _Q	0,20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
NOTE 1 – Conformément au § 6.2, une valeur PMD_Q maximale sur fibre non câblée est spécifiée afin de prendre en charge la prescription primaire sur PMD_Q du câble. NOTE 2 – Cette région de longueur d'onde peut être étendue à 1260 nm moyennant l'adjonction d'une perte de diffusion de Rayleigh induite de 0,07 dB/km à la valeur d'atténuation à 1310 nm. Dans ce cas, la longueur d'onde de coupure du câble ne doit pas dépasser 1250 nm. NOTE 3 – La moyenne d'atténuation échantillonnée à cette longueur d'onde doit être inférieure ou égale à la valeur maximale spécifiée pour la plage de 1310 nm à 1625 nm après vieillissement à l'hydrogène conformément à la CEI 60793-2-50 relative à la catégorie de fibre B1.3.		

Annexe II

Le modèle OSI

II.1.Introduction :

Les constructeurs informatiques ont proposé des architectures réseaux propres à leurs équipements. Par exemple, IBM a proposé SNA, DEC a proposé DNA... Ces architectures ont toutes le même défaut : du fait de leur caractère propriétaire, il n'est pas facile de les interconnecter, à moins d'un accord entre constructeurs. Aussi, pour éviter la multiplication des solutions d'interconnexion d'architectures hétérogènes, l'ISO (International Standards Organisation), organisme dépendant de l'ONU et composé de 140 organismes nationaux de normalisation, a développé un modèle de référence appelé modèle OSI (Open Systems Interconnection). Ce modèle décrit les concepts utilisés et la démarche suivie pour normaliser l'interconnexion de systèmes ouverts (un réseau est composé de systèmes ouverts lorsque la modification, l'adjonction ou la suppression d'un de ces systèmes ne modifie pas le comportement global du réseau).

Au moment de la conception de ce modèle, la prise en compte de l'hétérogénéité des équipements était fondamentale. En effet, ce modèle devait permettre l'interconnexion avec des systèmes hétérogènes pour des raisons historiques et économiques. Il ne devait en outre pas favoriser un fournisseur particulier. Enfin, il devait permettre de s'adapter à l'évolution des flux d'informations à traiter sans remettre en cause les investissements antérieurs. Cette prise en compte de l'hétérogénéité nécessite donc l'adoption de règles communes de communication et de coopération entre les équipements, c'est à dire que ce modèle devait logiquement mener à une normalisation internationale des protocoles.

Le modèle OSI n'est pas une véritable architecture de réseau, car il ne précise pas réellement les services et les protocoles à utiliser pour chaque couche. Il décrit plutôt ce que doivent faire les couches. Néanmoins, l'ISO a écrit ses propres normes pour chaque couche, et ceci de manière indépendante au modèle, i.e. comme le fait tout constructeur.

Les premiers travaux portant sur le modèle OSI datent de 1977. Ils ont été basés sur l'expérience acquise en matière de grands réseaux et de réseaux privés plus petits ; le modèle devait en effet être valable pour tous les types de réseaux. En 1978, l'ISO propose ce modèle

sous la norme ISO IS7498. En 1984, 12 constructeurs européens, rejoints en 1985 par les grands constructeurs américains, adoptent le standard.

II.2. Les différentes couches du modèle :

Le modèle OSI comporte 7 couches :

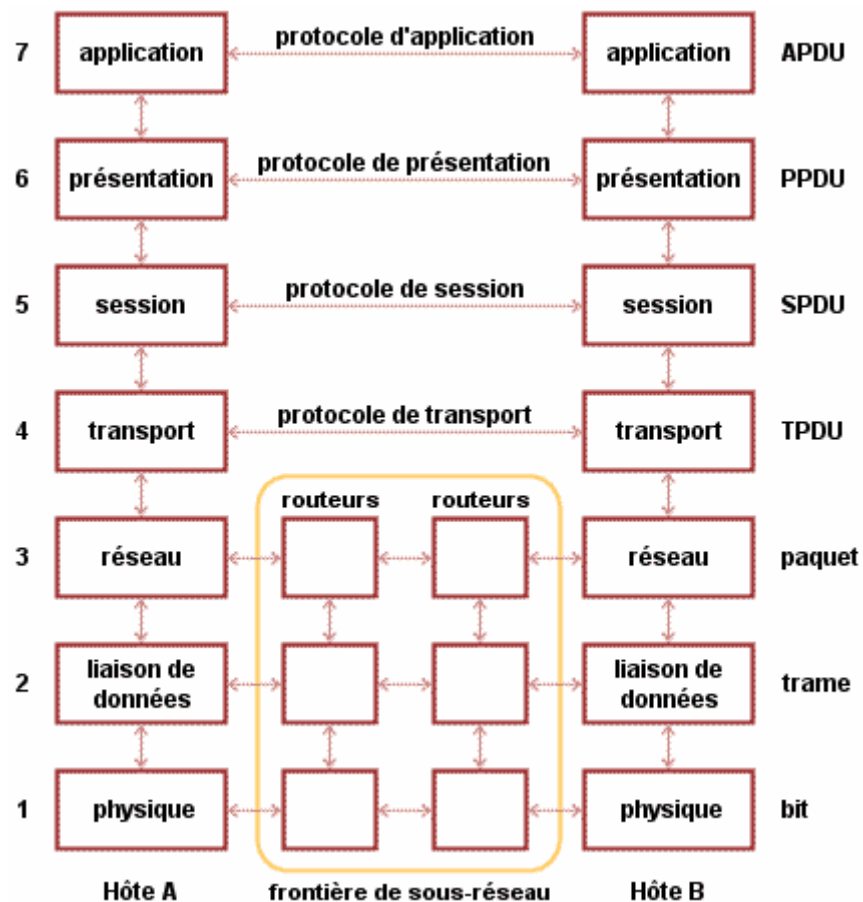


Figure I.1: les différentes couches de modèle OSI.

- une couche doit être créée lorsqu'un nouveau niveau d'abstraction est nécessaire,
- chaque couche a des fonctions bien définies,
- les fonctions de chaque couche doivent être choisies dans l'objectif de la normalisation internationale des protocoles,
- les frontières entre couches doivent être choisies de manière à minimiser le flux

d'information aux interfaces,

- le nombre de couches doit être tel qu'il n'y ait pas cohabitation de fonctions très différentes au sein d'une même couche et que l'architecture ne soit pas trop difficile à maîtriser.

Les couches basses (1, 2, 3 et 4) sont nécessaires à l'acheminement des informations entre les extrémités concernées et dépendent du support physique. Les couches hautes (5, 6 et 7) sont responsables du traitement de l'information relative à la gestion des échanges entre systèmes informatiques. Par ailleurs, les couches 1 à 3 interviennent entre machines voisines, et non entre les machines d'extrémité qui peuvent être séparées par plusieurs routeurs. Les couches 4 à 7 sont au contraire des couches qui n'interviennent qu'entre hôtes distants.

II.2.1. La couche physique :

La couche physique s'occupe de la transmission des bits de façon brute sur un canal de communication. Cette couche doit garantir la parfaite transmission des données (un bit 1 envoyé doit bien être reçu comme bit valant 1). Concrètement, cette couche doit normaliser les caractéristiques électriques (un bit 1 doit être représenté par une tension de 5 V, par exemple), les caractéristiques mécaniques (forme des connecteurs, de la topologie...), les caractéristiques fonctionnelles des circuits de données et les procédures d'établissement, de maintien et de libération du circuit de données.

L'unité d'information typique de cette couche est le bit, représenté par une certaine différence de potentiel.

II.2.2. La couche liaison de données :

Son rôle est un rôle de "liant" : elle va transformer la couche physique en une liaison a priori exempte d'erreurs de transmission pour la couche réseau. Elle fractionne les données d'entrée de l'émetteur en trames, transmet ces trames en séquence et gère les trames d'acquiescement renvoyées par le récepteur. Rappelons que pour la couche physique, les données n'ont aucune signification particulière. La couche liaison de données doit donc être capable de reconnaître les frontières des trames. Cela peut poser quelques problèmes, puisque les séquences de bits utilisées pour cette reconnaissance peuvent apparaître dans les données.

La couche liaison de données doit être capable de renvoyer une trame lorsqu'il y a eu un problème sur la ligne de transmission. De manière générale, un rôle important de cette couche est la détection et la correction d'erreurs intervenues sur la couche physique. Cette couche intègre également une fonction de contrôle de flux pour éviter l'engorgement du récepteur.

L'unité d'information de la couche liaison de données est la trame qui est composée de quelques centaines à quelques milliers d'octets maximum.

II.2.3. La couche réseau :

C'est la couche qui permet de gérer le sous-réseau, i.e. le routage des paquets sur ce sous-réseau et l'interconnexion des différents sous-réseaux entre eux. Au moment de sa conception, il faut bien déterminer le mécanisme de routage et de calcul des tables de routage (tables statiques ou dynamiques...).

La couche réseau contrôle également l'engorgement du sous-réseau. On peut également y intégrer des fonctions de comptabilité pour la facturation au volume, mais cela peut être délicat. L'unité d'information de la couche réseau est le paquet.

II.2.4. Couche transport :

Cette couche est responsable du bon acheminement des messages complets au destinataire. Le rôle principal de la couche transport est de prendre les messages de la couche session, de les découper s'il le faut en unités plus petites et de les passer à la couche réseau, tout en s'assurant que les morceaux arrivent correctement de l'autre côté. Cette couche effectue donc aussi le réassemblage du message à la réception des morceaux.

Cette couche est également responsable de l'optimisation des ressources du réseau : en toute rigueur, la couche transport crée une connexion réseau par connexion de transport requise par la couche session, mais cette couche est capable de créer plusieurs connexions réseau par processus de la couche session pour répartir les données, par exemple pour améliorer le débit. A l'inverse, cette couche est capable d'utiliser une seule connexion

réseau pour transporter plusieurs messages à la fois grâce au multiplexage. Dans tous les cas, tout ceci doit être transparent pour la couche session.

Cette couche est également responsable du type de service à fournir à la couche session, et finalement aux utilisateurs du réseau : service en mode connecté ou non, avec ou sans garantie d'ordre de délivrance, diffusion du message à plusieurs destinataires à la fois... Cette couche est donc également responsable de l'établissement et du relâchement des connexions sur le réseau.

Un des tous derniers rôles à évoquer est le contrôle de flux.

C'est l'une des couches les plus importantes, car c'est elle qui fournit le service de base à l'utilisateur, et c'est par ailleurs elle qui gère l'ensemble du processus de connexion, avec toutes les contraintes qui y sont liées.

L'unité d'information de la couche réseau est le message.

II.2.5. La couche session :

Cette couche organise et synchronise les échanges entre tâches distantes. Elle réalise le lien entre les adresses logiques et les adresses physiques des tâches réparties. Elle établit également une liaison entre deux programmes d'application devant coopérer et commande leur dialogue (qui doit parler, qui parle...). Dans ce dernier cas, ce service d'organisation s'appelle la gestion du jeton. La couche session permet aussi d'insérer des points de reprise dans le flot de données de manière à pouvoir reprendre le dialogue après une panne.

II.2.6. La couche présentation :

Cette couche s'intéresse à la syntaxe et à la sémantique des données transmises : c'est elle qui traite l'information de manière à la rendre compatible entre tâches communicantes. Elle va assurer l'indépendance entre l'utilisateur et le transport de l'information.

Typiquement, cette couche peut convertir les données, les reformater, les crypter et les compresser.

II.2.7. La couche application :

Cette couche est le point de contact entre l'utilisateur et le réseau. C'est donc elle qui va apporter à l'utilisateur les services de base offerts par le réseau, comme par exemple le transfert de fichier, la messagerie...

Bibliographie

Bibliographie

- [1] : SERVIN, Claude. « *Réseaux et télécoms-4ème édition* ». Dunod, 2013.
- [2] : DROMARD, Danièle et SERET, Dominique. « *Architecture des réseaux* ». Pearson Education France, 2013.
- [3] : Nicolas baudru « Réseaux transmission des données » Année 2010-20113.
- [4] : [http ://caractéristiques%20de%20supports%20de%20transmission.html](http://caractéristiques%20de%20supports%20de%20transmission.html), consulté le : 20/04/2017.
- [5] : LAURENT, « Communication Optique à très haut débits. Examen Probatoire ». Département STIC. Centre de Paris, 2004.
- [6] : COLOMBIER. F , PUGNOUD. C, « Réseaux et routage optique ». 2005.
- [7] : Govind P. Agrawal. “ Fiber-optic communication systems ”, 3ème édition, WILEY INTERSCIENCE, 2002.
- [8] : J. Zyskind and R. Berry, in “ Optical Networks, A Practical Perspective”. 2nd ed., Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2002.
- [9] : S. Kim, K. Yu, and N. Park, “A new family of space/wavelength/time spread three dimensional optical code for OCDMA networks”, *J. Lightwave Technol.*, vol. 18, 2000.
- [10] : P. R. Prucnal, M. Santoro, and F. Tan, “Spread spectrum fiber optic local area network using optical processing”, *J. Lightwave Technol.*, vol. 4
- [11] : S. Kim, K. Yu, and N. Park, “A new family of space/wavelength/time spread three dimensional optical code for OCDMA networks”, *Journal of Lightwave Technology*, vol. 18, 2005.
- [12] : Y. K. Chen, C. J. Hu, C. C. Lee, K. M. Feng, M. K. Lu, C. H. Chung, Y. K. Tu, and S. L. Tzeng, “Low-crosstalk and compact optical add-drop multiplexer using a multiport circulator and fiber Bragg gratings”, *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 12, 2000.
- [13] : G. Bouyer. « *Les réseaux synchrones étendus PDH et SDH* ». Hermes, 1997.
- [14] : C. Ou, L. H. Sahasrabuddhe, K. Zhu, C. U. Martel, and B. Mukherjee. “Survivable virtual concatenation for data over sonet/sdh in optical transport networks”. *IEEE/ACM Transactions on Networking (TON)*, 2006.
- [15] : <https://www.scribd.com/doc/13803721/SDH-Protection>, consulté le : 16/04/2017.
- [16] : <https://fr.scribd.com/doc/53404600/MSP-SNCP>, consulté le : 25/03/2017.
- [17] : “OptiX OSN 3500/2500/1500 Hardware Description”, HUAWEI, 2007.