

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE A.MIRA-BEJAIA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT GENIE ELECTRIQUE



MEMOIRE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER

Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Télécommunications
Spécialité : Système des Télécommunications

Présenté par

LAOUCHE Fatah
OUDJEDI Yacine

Thème

Système de transmission SONET/SDH

Soutenu le 10 juillet 2019

Devant le Jury

Président	M. ALLICHE.A
Examinatrice	M^{me}. BOUNCER.S
Encadrant	M^{me}. ACHOUR.L
	M. BERRAH.S

Année Universitaire : 2018/2019

Remerciement

Remerciement

C'est avec le plus grand honneur que nous réservons cette page en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui nous ont aidés durant cette formation.

Avant tout, on tient à remercier le bon dieu de nous avoir grâcies pour vivre, apprendre davantage et découvrir.

Au premier lieu, on adresse nos sentiments de reconnaissance et de respect à Monsieur SAHIRI Idir, pour avoir accepté de parrainer ce projet et surtout pour ses qualités humaines et scientifiques

On tient à remercier vivement notre promotrice Madame ACHOUR, pour avoir accepté d'encadrer ce travail et qui n'a pas épargné aucun effort pour nous aider et pour nous assurer les meilleures conditions de travail, pour ses précieux conseils et pour la disponibilité qu'elle a toujours manifestée à notre égard.

Nous exprimons notre profonde gratitude particulièrement à notre Co encadreur Monsieur BERRAH, pour son amabilité, son assistance, son soutien moral, technique et logistique, sa contributions et ses conseils fructueux qu'il nous a prodigué le long de ce projet, pour son bon déroulement, malgré leur occupation.

Nous remercions les membres du jury, Monsieur ALLICHE professeur à l'université de Bejaïa qui a bien accepté de présider, le jury, Madame BOUNCER maitres de conférences à l'université de Bejaia pour l'honneur qu'ils nous font d'avoir bien voulu accepter de participer à ce jury.

Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Je dédie ce modeste travail :

Aux deux personnes qui me sont les plus chères au monde, mon cher père et ma chère mère, auxquels je tiens à exprimer ma profonde gratitude de leur soutien incessant, de leur patience incommensurable, de leurs sacrifices inestimables, et surtout leur tendresse.

A mes très chères frères et sœurs.

A ma chère grande mère.

A mon cher oncle.

A ma chère tante.

A tout ma famille « LAOUCHE »

A mon binôme « OUDJEDI Yacine » et toute sa famille.

A tous mes amis et amies.

A toute la promotion Télécom.

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de

Ce travail.

LAOUCHE FATAH



Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Je dédie ce modeste travail :

Aux deux personnes qui me sont les plus chères au monde, mon cher père et ma chère mère, auxquels je tiens à exprimer ma profonde gratitude de leur soutien incessant, de leur patience incommensurable, de leurs sacrifices inestimables, et surtout leur tendresse.

A ma très chère sœur

A ma chère grande mère

A tout ma famille « OUDJEDI »

A mon binôme « LAUCHE Fatah » et toute sa famille.

A tous mes amis et amies latinos

A toute la promotion Télécom

A toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de

Ce travail.

OUDJEDI YACINE

Table des matières

Table des matières

Liste des Acronymes

Liste de Figures

Liste des Tableaux

Introduction Générale.....1

Chapitre I : système de transmission optique

I.1 Introduction3

I.2 Evolution de la technologie des systèmes à fibre optique.....3

I.3 Intérêt de la technologie optique.....4

I.4 Description d'une liaison optique.....5

I.4.1 Emetteur.....5

I.4.2 Ligne de transmission.....6

I.4.3 Récepteur.....7

I.4.4 Principe de fonctionnement d'une fibre optique.....7

I.4.5 Caractéristique d'une fibre optique.....8

I.4.5.1 Atténuation.....8

I.4.5.2 Dispersion.....9

I.5 Différentes techniques de multiplexage.....11

I.5.1 Multiplexage optique fréquentiel OFDM.....11

I.5.2 Multiplexage optique temporel OTDM.....12

I.6 Evolution des réseaux de transport12

I.6.1 Hiérarchie Numérique Plésiochrone PDH.....13

I.6.1.1 Multiplexage en PDH.....14

I.6.1.2 Verrouillage de trame.....14

I.6.1.3 Signalisation15

I.6.1.4 Inconvénients de PDH.....17

Table des matières

I.6.2 Passage de PDH vers SONET/SDH.....	17
I.7 Conclusion.....	18

Chapitre II : le réseau de transport optique SONET/SDH

II .1 Introduction.....	19
II .2 Technologie SDH/SONET.....	19
II .2.1 Description d'un réseau SONET/ SDH.....	19
II.3 Equipements du réseau SONET/SDH.....	20
II.3.1 Multiplexeur terminal simplifié (MTS).....	21
II .3.2 Multiplexeur insertion /extraction (MIE).....	21
II.3.3 Brasseur(DXC).....	21
II.4 Topologies et protection du réseau SONET/SDH.....	22
II.4.1 Topologies	22
II.4.2 Protection	23
II.5 Eléments de la trame SDH/SONET.....	25
II.5.1 Conteneur (C-n).....	25
II.5.2 Conteneur virtuel (VC).....	25
II.5.3 TRIBUTARY UNIT (TU-n).....	26
II.5.4 Groupe d'unité d'affluent (TUG-n).....	27
II.5.5 Unité administrative (AU).....	27
II.5.6 Groupe d'unité administrative (AUG-n).....	27
II.6 Trame SDH/SONET.....	28
II.6.1 Description des trames.....	29
II.6.2 En-têtes.....	31.
II.6.2.1 POH (Path Overhead).....	31
II.6.2.2 SOH (section overhead)	32

Table des matières

II.7 Principe de multiplexage	32
II.8 Multiplexage SDH/SONET.....	33
II.9 Compatibilité SONET/SDH.....	34
II.10 Conclusion.....	35
Chapitre III : Configuration d'un réseau SDH/SONET (cas Bejaia-Akbou)	
III.1 Introduction	36
III.2 Entreprise d'accueil.....	36
III.3 Planification du réseau	36
III.4 Présentation de la simulation.....	38
III.5 Description de l' U 2000.....	38
III.6 Description de l'équipement OSN 3500.....	41
III.7 Description des cartes.....	42
III.8 Architecture du réseau simulé.....	45
III.8.1 Configuration et paramètre du réseau.....	45
III.8.1.1 Création des NEs.....	45
III.8.1.2 Paramètre des NEs.....	47
III.8.1.3 créations des services.....	48
III.8.2 protection.....	49
III.9 Simulation de la liaison sous Comsis.....	51
III.9.Chaine de transmission.....	52
III.9.2 Résultats de simulation.....	54
III.10 Conclusion.....	55
Conclusion Générale.....	56

Bibliographie

Liste des acronymes

Liste des acronymes

ADM :	Add Drop Multiplexer.
AMT :	Alignement Multi-trames.
APD :	Avalanche Photo Diode.
AT :	Alignement de Trame.
ATM :	Asynchronous Transfert Mode.
AU :	Administrative Unit
AUG :	Group Administrative Unit.
CA :	Centre d'Amplification
C.C.I.T.T :	Comité Consultatif International téléphonique et télégraphique.
COMSIS :	Communication Système Interactive Softward.
C-n :	Container –niveau.
DCC :	Data Communication Channel.
DDN :	Digital Data Network.
DSLAM :	Digital Subscriber Line Access Multiplexer.
DXC :	Digital Cross Connect.
EDFA :	Erbium Doped Fiber Amplificator.
EM :	Electromagnétique.
FDDI :	Fiber Cross Data Interface.
FO :	Fibre Optique.
HO :	High Order.
HPOH ;	High Path Overhead.

Liste des acronymes

IP :	Internet Protocole.
IT :	Intervalle de Temps.
LED :	Light Electroluminescent Diode.
LO :	Low Order.
LOH :	Line Overhead.
LPOH :	Low Path Overhead.
LCT :	Local Craft Terminal.
MSAN :	MultiService Acces Node.
MIC :	Modulation par Impulsion Codée.
MIE :	Multiplexer à Insertion /Extraction.
MSOH :	Multiplex Section Overhead.
MTS :	Multiplexer Terminal Simplifié.
NE :	Network Equipement
NMS :	Network Manager Security
OC-n :	Optical Carrier –niveau.
OFDM :	Optical Frequency Division Multiplexing.
OTDM :	Optical Time Division Multiplexing.
PDH :	Plesiochronous Digital Heirarchy.
PIN :	Positive Intrinsic Negative Photodiode.
POH :	Path Overhead.
PTR:	Pointeur.
RSOH :	Regenerator Section Overhead .
RZ :	Retourne to Zéro.
SDH :	Synchronous Digital Heirarchy
SNR :	Signal-to-Noise Rat

Liste des acronymes

SOH :	Section Overhead.
SONET :	Synchronous Optical Network.
STM-n :	Synchronous Transport Modul-niveau.
STS-n :	Synchronous Transport Signal-niveau.
TDM :	Time Division Multiplexing.
TU-n :	Tributary Unit –niveau.
TUG-n :	Group Tributary Unit.
VC :	Virtual Container.
WDM :	Wavelength Division Multiplexing.

Liste des figures

Liste des figures

Figure I.1: Schéma synoptique d'une liaison optique.....	5
Figure I.2 : Structure d'un émetteur optique.....	6
Figure I.3 : Structure d'une fibre optique.....	7
Figure I.4 : Structure d'un récepteur optique	7
Figure I.5 : Principe de fonctionnement de FO	8
Figure I.6 : Effet de l'atténuation.....	9
Figure I.7 : Illustration des effets de la dispersion modale.....	10
Figure I.8 : Principe de multiplexage et démultiplexage.....	11
Figure I.9 : Couches réseau (couche actuel).....	13
Figure I.10 : Principe de multiplexage PDH.....	14
Figure I.11 : Verrouillage de trame.....	15
Figure I.12 : Structure des trames des MIC primaire.....	16
Figure II.1 : Equipements mis en œuvre dans un réseau SONET/SDH.....	22
Figure II.2 : Infrastructure du réseau SONET/SDH.....	23
Figure II.3 : Circuit de protection 1+1.....	24
Figure II.4 : Circuit de protection 1 : n.....	24
Figure II.5 : Eléments du réseau SONET/SDH.....	28
Figure II.6 : Trame SDH.....	30
Figure II.7: Trame SONET.....	30
Figure II.8 : En-têtes.....	31
Figure II.9 : LPOH (Low Path Overhead).....	31
Figure II.10 : HPOH (High Path Overhead).....	32

Liste des figures

Figure II.11 : Niveaux de multiplexage SDH/SONET.....	33
Figure II.12 : Structure de multiplexage SDH.....	34
Figure II.13 : Correspondance des TUs de SDH et SONET.....	35
Figure III.1 : Liaison Bejaia-Akbou.....	38
Figure III.2 : Interface du l'U2000.....	39
Figure III.3 : Interface des fonctions du LCT.....	40
Figure III.4 : Structure de l'équipement HUAWEI OSN 3500.....	42
Figure III.5 : Différents slots de l'OSN 3500.....	43
Figure III.6 : Face avant du PQ1.....	43
Figure III.7 : Liaison simulée.....	45
Figure III.8 : Accès à l'U2000 LCT server.....	46
Figure III.9 : Interface Optix de la création des NEs.....	46
Figure III.10 : Création des cross connexion.....	48
Figure III.11 : Paramétrage du cross connexion.....	49
Figure III.12 : Schéma illustrant la protection de la liaison simulé.....	50
Figure III.13 : Création de la protection SNCP.....	50
Figure III.14 : Affectation des chemins du SNCP.....	51
Figure III.15 : Chaine de transmission	52
Figure III.16 : Signal émis de CA Bejaia	53
Figure III.17 : Signal de la sortie du laser.....	53
Figure III.18 : Signal à la sortie de fibre.....	53
Figure III.19 : Signal à la sortie réception.....	54
Figure III.20: Diagramme de l'œil de la liaison.....	54

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Taux de code PDH	14
Tableau II.1 : Correspondance entre SONET et SDH.	20
Tableau II.2 : Différents débits versus le conteneur.....	25
Tableau II.3 : Capacités de différent VC.....	26
Tableau II.4 : Création des blocs SDH.....	28
Tableau III.1 : Bilan de la liaison.....	37
Tableau III.2 : Paramètres des NEs.....	47
Tableau III.3 : Paramètres du réseau simulé.....	47

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Durant les deux dernières décennies, la fibre optique est la technologie préférée pour l'interconnexion des nœuds de télécommunications. Elle a connu un développement considérable, dont l'une de ses motivations principales est d'atteindre les hauts débits pour répondre aux exigences des entreprises, aussi que les utilisateurs. La technologie optique reste indispensable pour le réseau de transport de données sur de longues distances. Actuellement, il n'existe plus d'autre technologie concurrente. [1]

Auparavant, le réseau de transmission des opérateurs, était basé sur une hiérarchie plésiochrone (PDH), qui véhicule les voies téléphoniques numérisées. Mais cette hiérarchie n'est plus adéquate pour l'accès en haut débit, ce qui provoque un passage vers d'autres technologies.

Le réseau optique synchrone (SONET) et la hiérarchie numérique (SDH) viennent ensuite pour remplacer cette dernière. Ils ont beaucoup contribué au succès de la technologie des réseaux optiques et se sont fait une solide réputation comme technologie de référence pour les réseaux résistant aux défaillances.

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), où une seule porteuse (longueur d'onde) est découpée dans le temps en un ensemble de slots permettant le transport des signaux clients. Le débit maximal dans une fibre SDH ne peut pas dépasser 40 Gb/s, ainsi que sa correspondante SONET qui est utilisée en Amérique, mais possède une structure de trame différente.

L'objectif de notre présent travail de fin d'étude est d'avoir un accès aux hauts débits. Cela nécessite des processus que l'on prend en considération tels que : le débit, le trafic, les équipements adéquats, pour une bonne exploitation du réseau.

Nous avons organisé notre mémoire en trois chapitres :

Le premier chapitre décrit la fibre optique et ses caractéristiques, description de la liaison optique, ainsi que l'évolution des réseaux de transport.

Introduction générale

Dans le deuxième chapitre, on va décrire la technologie SDH/SONET, ses équipements, leur topologie et les éléments constituant de la trame, ainsi que le principe de multiplexage.

Le troisième chapitre est une simulation à base d'un logiciel de gestion réseau U 2000 de l'équipement HUAWEI Technologie, d'un réseau SDH régional qui relie Bejaia-Akbou exploité par Algérie Telecom.

Nous terminons par une conclusion et quelques perspectives.

CHAPITRE I

SYSTÈME DE TRANSMISSION OPTIQUE

I .1 Introduction

L'apparition de la fibre optique a totalement révolutionné le monde des télécommunications. La conception de systèmes de transmission à très grande capacité est désormais possible. De plus, les échanges à travers ces systèmes vont être de plus en plus nombreux et la demande de services devient plus élevée. Il en résulte un bouleversement des réseaux de télécommunications précédents et un besoin de mettre en place de nouvelles structures.

I .2 Evolution de la technologie des systèmes à fibre optique. [1]

Au début des années 50, l'idée de transmettre des signaux à haut débit en utilisant des porteuses dans les régions optiques était déjà établie. Malheureusement, à cette époque-là, n'étaient disponibles ni source de lumière, ni milieu de transmission appropriés. En 1960, suite à, l'invention de la diode laser, l'attention des chercheurs s'est focalisée sur le développement d'un milieu de transmission adéquate.

A la fin des années 60, le concept de confinement de la lumière, ainsi que la possibilité d'utiliser des fibres optiques, comme milieu de transmission étaient largement diffusés. Le seul problème qui restait à résoudre, était le haut niveau de perte de propagation qui, à l'époque atteignait 1000 dB/km.

Au début des années 70, deux événements ont beaucoup favorisé le développement de la transmission par fibres optiques avec des atténuations de l'ordre de 20 dB/km, pour des longueurs d'ondes proche du micro, ont été développées.

La 1^{er} génération commerciale de système de communication à fibre optique est disponible dès 1980, (par fibre multimode en silice à $\lambda=0.8 \mu\text{m}$ et un répéteur tous les 10 km), atteignant ainsi un débit de 45 Mb/s. En même temps un 2^{ème} génération voit le jour, mais cette fois-ci avec des fibres optiques à $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$. Au début de leurs introductions, l'avantage le plus important, était une plus faible atténuation des fibres à $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ ($\sim 1 \text{ dB/km}$), et donc une augmentation de la distance entre répéteurs, avec un débit de 100 Mb/s (cette limite est due à la dispersion intermodale des fibres multimodes).

A la fin des années 80, grâce aux fibres monomodes, étaient disponibles sur le marché, des systèmes avec des débits de transmission de 1.7 Gb/s, et des séparations entre récepteurs de 50 Km avec des fibres monomodes de silice, présentant une atténuation d'environ 0.6 dB/km à $\lambda=1.3 \mu\text{m}$, d'autres part, le niveau d'atténuation le plus faible, lui se trouve à $\lambda=1.5 \mu\text{m}$ (fenêtre de transmission). Ceci a motivé le développement d'une 3^{ème} génération de système de transmission optique.

En 1989, les systèmes utilisent la longueur d'onde à $1.55\mu\text{m}$ avec un débit de 10Gb/s. Cependant pour atteindre ce débit de transmission sur de longue distance, il aura été nécessaire d'utiliser des diodes lasers monomodes et des fibres à dispersion décalée. Pour les systèmes de 3eme génération, les distances de régénération atteignent 60 à 70 km. En 1990, les amplificateurs optiques dopés à l'erbium(EDFA) apparaissent, ils introduisent un gain de 40 dB, séparés de 60 ~100 km, ils permettent ainsi des liens de transmissions sur plusieurs milliers de kilomètres.

Nous voilà maintenant entrés dans la 4^{ème} génération , avec les techniques de multiplexage temporel (TDM) et multiplexage en longueur d'onde (WDM), couplé aux amplificateurs optiques, sources lasers accordables en longueur d'onde ,Cela permet actuellement d'obtenir des débits de transmission de l'ordre de 40Gb/s(débuts du très haut débit) sur des dizaines de milliers de Km avec des répéteurs tous mes 100~150 Km.

Une 5^{ème} génération est en train de se dessiner, par l'utilisation de nouvelle technique, comme la réduction de l'écart spectrale entre chaque longueur d'onde, l'augmentation du nombre de longueurs, etc. Une fois ces techniques maîtrisées le débit passerait au Tb/s, ce qui laisse entrevoir l'énorme potentiel des communications optiques à très haut débit.

I.3 Intérêt de la technologie optique

La fibre optique présente un certain nombre d'avantages par rapport aux autres supports de transmissions : [2]

- Faibles pertes de transmission,
- Bandes passante importante,
- Isolation électromagnétique.

- Immunité aux interférences.
- Sécurité du signal.
- Petite dimensions et faibles poids.
- Flexibilité.
- Systèmes fiables et faciles à entretenir.
- Matière première disponible et faible cout (silice).

I.4 Description d'une liaison optique [3]

Dans cette liaison le signal optique est émis, transporté, régénéré et détecté aux moyens de composants optique ou optoélectronique.

Un système de transmission optique est composé des éléments suivants :

- Une source optique (LED ou LASER).
- Une ligne de transmission contient une fibre optique et un amplificateur.
- Un récepteur (PIN ou APD).

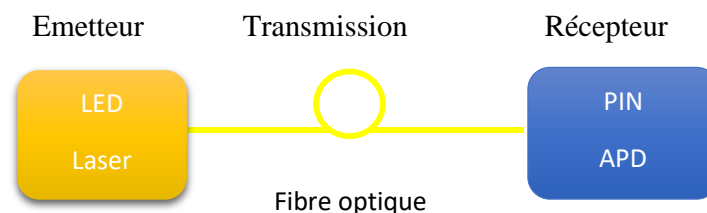


Figure I.1: Schéma synoptique d'une liaison optique.

I.4.1. Emetteur

L'émetteur optique assure un bon couplage avec la fibre. Pour être exploitable, avec une certaine qualité, son rôle est de convertir le signal électrique en signal optique avec un rendement satisfaisant. La structure d'un émetteur optique est illustrée dans la figure [1.2].

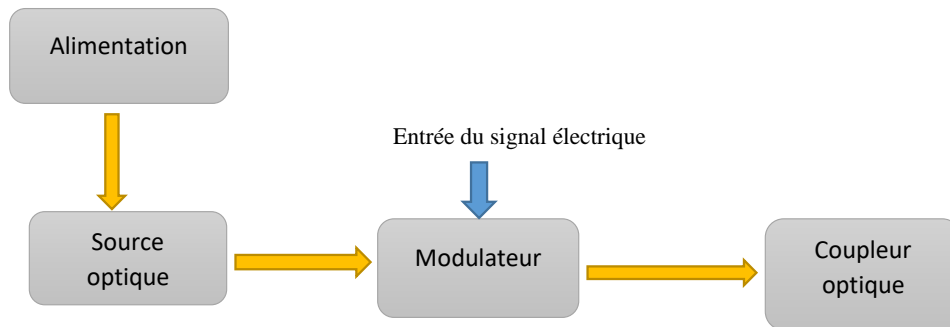


Figure I.2 : Structure d'un émetteur optique.

I.4.2. Ligne de transmission (fibre optique)

La fibre optique représente un support de transmission diélectrique et circulaire avec de nombreux avantages, elle consiste en une partie centrale, le cœur d'indice de réfraction $n_{\text{cœur}}$ entourée par une seconde partie, la gaine d'indice de réfraction n_{gaine} plus faible, ces deux régions essentielles pour le guidage de la lumière, elles sont recouvertes d'un revêtement protecteur qui ne joue aucun rôle dans le guidage de la lumière. La figure suivante démontre la structure d'une fibre. [Figure I.3]

Le cœur constitue l'une des parties où se trouve la lumière, et c'est cette partie qui a le diamètre le plus petit. Ce dernier est souvent fabriqué à base de verre ou de plastique mais très souvent constitué d'une silice très pure qui comporte un minimum d'ions hydroxydes (OH⁻).

La gaine constitue une fine couche qui entoure le cœur de la fibre optique, elle joue un rôle tout aussi important que le cœur pour la propagation des ondes lumineuses. Elle est généralement en silice comme le cœur.

Le revêtement est une couche en plastique qui offre une protection supplémentaire à la fibre contre les perturbations extérieures qui pourraient être engendrées.

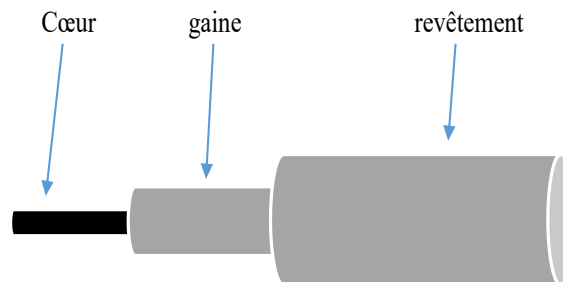


Figure I.3 : Structure d'une fibre optique.

I.4.3. Récepteur

La fonction d'un récepteur dans un système de transmission optique est de recevoir le signal optique provenant de la fibre et le convertir en signal électrique pour en extraire les données transmises, après détection le signal électrique alimente une bascule de décision qui génère un signal binaire « 1 » si le signal détecté est supérieur à une certaine valeur appelée seuil de décision, et « 0 » s'il y est inférieur. La structure d'un récepteur optique est illustrée dans la [figure I.4].

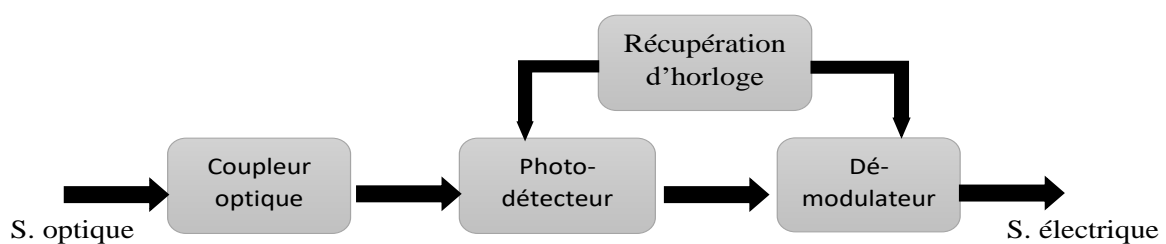


Figure I.4 : Structure d'un récepteur optique.

I.4.4. Principe de fonctionnement d'une fibre optique

La fibre optique est basée sur trois principes fondamentaux : la réfraction de la lumière, l'indice de réfraction et la loi de Snell-Descarte. [3]

La lumière peut se déplacer plus lentement dans un milieu. En traversant la frontière entre les deux milieux, sa vitesse varie et sa trajectoire est déviée « phénomène de réfraction ». Si l'angle atteint une valeur particulière, le rayon lumineux réfléchira.

L'indice de réfraction s'obtient en divisant la vitesse de la lumière dans le vide ($C=3 \cdot 10^8$ m/s) par celle traversant un matériau.

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

Nous pouvons relier l'indice de réfraction, l'angle d'incidence (θ_1) et de réfraction (θ_2) et la vitesse des milieux par une loi optique « Snell-Descarte ».

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (2)$$

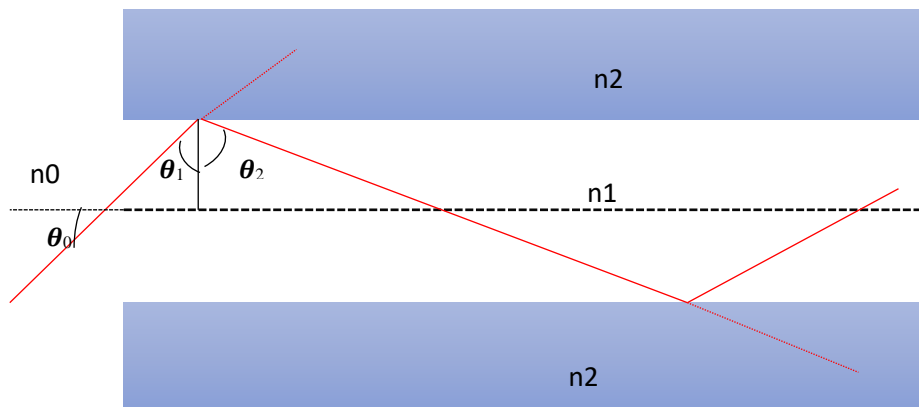


Figure I.5 : Principe de fonctionnement de FO.

I.4.5. Caractéristique d'une fibre optique

Les principales caractéristiques des fibres optiques sont l'atténuation, la dispersion chromatique et la dispersion modale.

I.4.5.1 Atténuation

Il s'agit de l'affaiblissement du signal au cours de la propagation, c'est le rapport entre la puissance de l'entrée et la puissance de sortie.

$$\alpha \text{ (dB)} = 10 \log (P_{in}/P_{out}). \quad (3)$$

P_{in} : est la puissance qui a été couplée à l'entrée de la fibre.

P_{out} : la puissance à la sortie de la fibre.

α : est le coefficient d'atténuation.

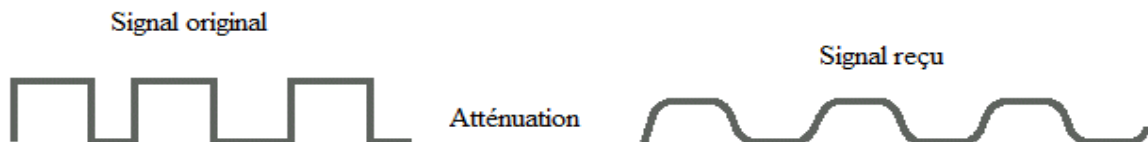


Figure I.6 : Effet de l'atténuation.

L'atténuation dans la fibre est due aux :

- Pertes par absorption moléculaire : causé par l'absorption des rayons optique par la silice et les impuretés contenus dans celle-ci.
- Pertes par micro-courbures : dues principalement aux techniques de fabrications .elles se traduisent par l'irrégularité de l'interface cœur-gaine.
- Pertes par courbures : lorsqu'on courbe une fibre, l'angle d'incidence diminue ce qui résulte soit une conversion de mode ou bien un rayonnement dans la gaine.
- Pertes dues au couplage (raccordements).

I.4.5.2 Dispersion [3]

Le phénomène de dispersion se traduit par un élargissement des impulsions lors de la propagation. Cet élargissement limite la bande passante du canal optique. Cela peut engendrer des interférences inter-symboles .pour éviter ce fait, la bande passante totale doit satisfaire la condition suivante :

$$B_{tot} \leq \frac{1}{2\sigma} \quad (4)$$

σ : représente l'étalement de l'impulsion.

On distingue deux types de dispersion :

- **Dispersion modal**

C'est un phénomène qui existe seulement dans la fibre multimodes lors de la propagation, la lumière prend plusieurs chemins, la distance parcourue par certains modes est différente de celle parcourue par d'autres ce qui produit un décalage temporel à la réception. Figure [I.7]

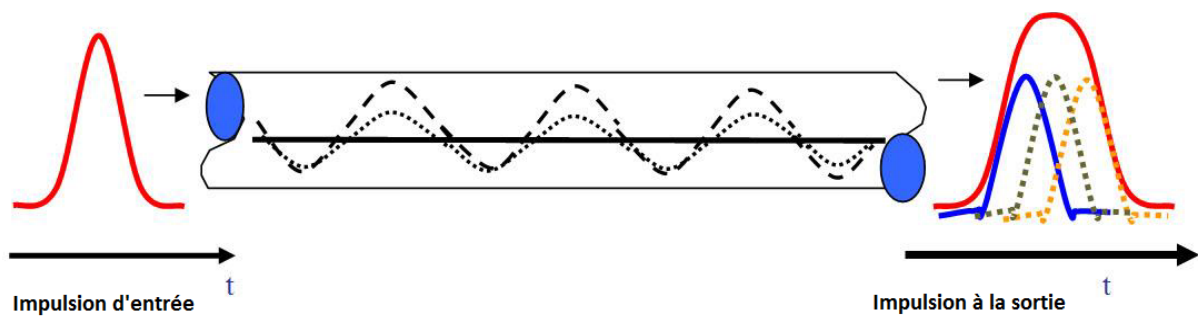


Figure I.7 : Illustration des effets de la dispersion modale.

- **Dispersion chromatique**

La dispersion chromatique est l'ensemble de terme matériau pur (dispersion matériau) est appelée aussi dispersion de l'indice de réfraction. Cette dispersion est provoquée par la réponse électronique du milieu à une excitation EM, cependant le rayonnement laser crée au sein de l'amplificateur engendre une dépendance supplémentaire de l'indice de réfraction en fonction de la longueur d'onde et de la puissance.

D'autre terme dû au guidage de l'onde (dispersion de guidage), et aux caractéristiques géométriques du guide d'onde. Elle résulte de la variation de la constante de propagation β avec la fréquence normalisée v qui dépend de la longueur d'onde λ .

La dispersion guide D_g est donnée par :

$$D_g \approx -\frac{n_g - n_c}{c\lambda} \left[V \frac{\partial^2}{\partial V^2} bV \right]$$

Ces deux types de dispersion, se compensent ainsi exactement à la longueur d'onde de 1310nm donnant ainsi une dispersion chromatique nulle, ce qui est le principal avantage à travailler dans la seconde fenêtre de transmission.

I.5 Différentes techniques de multiplexage

Le multiplexage consiste à partager un support de transmission en plusieurs liaisons virtuelles. En effet, il est nécessaire de définir le principe de partage du canal de transmission. L'opération consiste à permettre à plusieurs signaux d'entrées d'accéder à un canal de transmission simultanément.

La bande passante existante dans la fibre optique permet théoriquement d'établir des systèmes de transmissions à haut débit, par contre le traitement des données à l'émission et à la réception impose des limitations de débit. Vu que le nombre d'utilisateurs est en croissance, cela a poussé au développement et à avoir des solutions pour l'amélioration de la capacité du réseau.

Des techniques de multiplexage ont été aussi développées, chacune permettant de transmettre N signaux de débit D sur le même canal, ce qui est équivalent à transmettre un signal global de débit $N \cdot D$.

Ces techniques de multiplexage doivent respecter les conditions nécessaires d'une façon à éviter les interférences entre divers utilisateurs. [4]

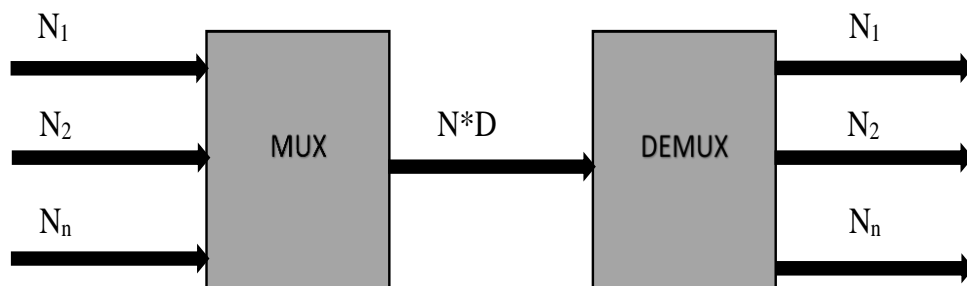


Figure I.8 : Principe de multiplexage et démultiplexage.

I.5.1 Multiplexage optique fréquentiel OFDM

C'est une technique de multiplexage par répartition de fréquence, elle consiste à partager la bande passante disponible de la FO en un certain nombre de sous-bandes plus étroites, chacune de ces sous bandes est affecté à un utilisateur. [5]

La solution OFDM est très souvent proposée lorsque le canal de transmission a subit des multi-trajets du signal reçu, provoqués par des réflexions de l'onde émise sur différents obstacles.

I.5.2 Multiplexage optique temporel OTDM

L'émetteur est constitué de N sources optiques en parallèle modulées au débit « Db ». Cette technique nécessite que les signaux optiques soient par la suite codés de type RZ pour que les impulsions codées aient désormais une durée inférieure à T_b/N et que le multiplexage optique puisse se faire sans recouvrement. [6]

Ce multiplexage n'est pas seulement utile pour accroître les débits transmis mais il fournit aussi une technique d'accès utilisable dans les réseaux locaux.

Ce temps est partagé par IT, chaque utilisateur occupe cet intervalle pour émettre les différents signaux, qui sont assemblés pour être transmis sur une même porteuse optique.

I.6 Evolution des réseaux de transport

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 l'internet. L'évolution des capacités de transport des fibres optiques permet de reconsidérer complètement les infrastructures physiques actuellement à 2.5 Gb/s ATM et à 40 Gb/s SONET/SDH, les réseaux optiques basés sur l'émergence d'une couche de transport optique fournissent une plus grande capacité et réduisent les coûts pour la mise en œuvre des nouvelles applications. [7]

Les réseaux de télécommunications numériques ont évolué à travers trois grandes étapes : réseaux asynchrone, réseaux synchrones et réseaux optiques.

Un réseau peut être modélisé de la manière suivante :

- Une couche service qui fournit les fonctions nécessaires aux communications de l'utilisateur final.
- Une couche infrastructure : ATM, IP... .
- Une couche transport qui fournit la connectivité entre les équipements (ATM, IP...) sur un média physique ; fibre optique, radio, hertzien, cuivre.

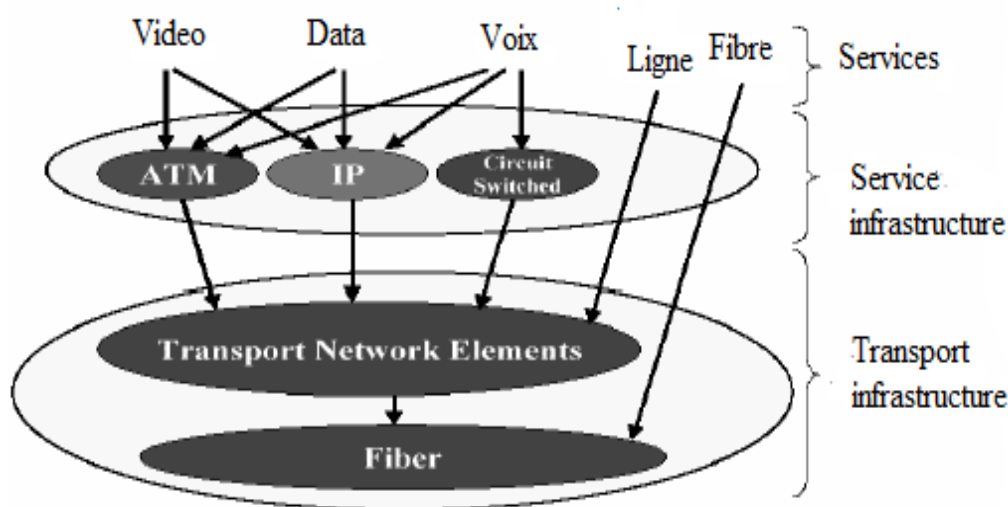


Figure I.9 : Couches réseau (couche actuel) [7].

I.6.1 Hiérarchie Numérique Plésiochrone PDH [8]

La hiérarchie numérique plésiochrone ou PDH, ce terme se décompose en deux sens du latin : plésio qui signifie proche et chronos le temps.

C'est une technologie utilisée dans des réseaux de télécommunications afin de véhiculer les voies téléphoniques numérisées. Le transfert de données est basé sur un flux (MIC) à 2048 Kbits/s. ce flux est divisé en canaux de 64 kb/s pour la transmission de voie (30 en Europe, 24 en Amérique du nord et japon) et 2 canaux, utilisés pour la signalisation et la synchronisation.

On peut également utiliser l'intégralité du flux pour la transmission de données dont le protocole s'occupera du contrôle.

Pays/région	Groupe primaire	Groupe secondaire	Groupe tertiaire	Groupe quaternaire
Europe/chine	2.048 Mb/s 30 canaux	8 Mb/s 120 canaux (30*4)	34 Mb/s 480 canaux (120*4)	140 Mb/s 1920 canaux (480*4)
Amérique du nord	1.544 Mb/s 24 canaux	6.312 Mb/s 96 canaux (24*4)	44.736 Mb/s 672 canaux (96*7)	274.176 Mb/s 4032 canaux (672*6)
Japon	1.544 Mb/s 24 canaux	6.312 Mb/s 96 canaux (24*4)	32.064 Mb/s 480 canaux (96*5)	97.728 Mb/s 1440 canaux (480*3)

Tableau I.1 : Taux de code PDH

Les débits cités en haut (8 Mb/s, 34 Mb/s, 140 Mb/s) sont normalisés par C.C.I.T.T.

1.6.1.1 Multiplexage en PDH

Le principe de multiplexage en PDH est de construire un débit supérieur à partir des débits inférieurs, ainsi les interfaces et les multiplex normalisés à 8, 34 et 140 Mbits/s n'imposent pas des contraintes sur le contenu binaire, comme le montre la figure suivante. [8]

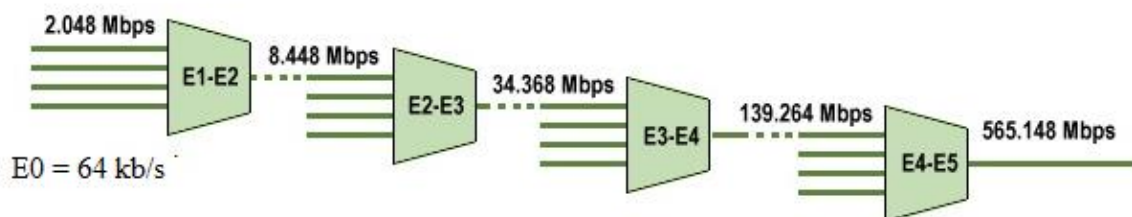


Figure I.10 : Principe de multiplexage PDH [8].

I.6.1.2 Verrouillage de trame

Lors de la transmission d'une trame par une machine A vers B, deux principes importants doivent être respectés pour une réception correcte, le verrouillage et la synchronisation.

Pour que le récepteur puisse identifier les ITs, il doit savoir le début de la trame, sans cela il n'y a aucun moyen de repérer le début d'une IT et la fin d'une autre, il ne peut pas non plus savoir à quelle communication correspond une IT pour cela il faut que l'émetteur puisse indiquer au récepteur le début de la trame (A-B) et qu'il puisse aussi l'avertir sur une éventuelle perte de verrouillage sur la trame (B-A).

Pour cette raison la voie IT0 a été réservée pour transporter un mot de verrouillage appelé AT : alignement de trame.

Une seule IT pour transporter les deux messages ci-dessous. On procède comme suit : pour indiquer le début de la trame, l'émetteur met $AT=x0011011$ dans IT0 de la trame paire ; sur les trames impaires, AT est égale à $x1Axxxxx$. Le bit A est utilisé comme alarme de perte de verrouillage en fonction normale, il est toujours placé à 1. En cas de perte de verrouillage sur la liaison entrante, l'émetteur le positionne à 1 (sur les trames sortantes) pour indiquer qu'il y a perte de verrouillage à l'autre extrémité. Par sécurité le verrouillage n'est pas considéré comme perdu qu'après 3 alarmes successives. [8]

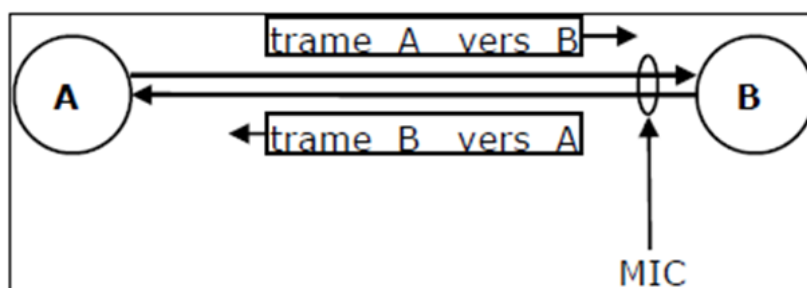


Figure I.11 : Verrouillage de trame [8].

I.6.1.3 Signalisation

Dans ce mode de signalisation voie par voie, chaque ligne transporte sa propre signalisation. L'IT16 est réservée pour cette signalisation, mais il est insuffisant pour la signalisation de l'état des 30 voies car une IT contient seulement 8 bits.

Il a été défini arbitrairement 4 bits pour transmettre l'état d'une seule voie, par conséquent l'IT16 (8bits) ne peut transmettre que la signalisation de 2 voies en même temps, la nécessité d'utiliser plusieurs IT16 successives dans plusieurs trames successives est indispensables.

Alors il faudra attendre que 15 trames soient transmises pour la signalisation des états de ces 30 voies, mais la difficulté de savoir à quelle paire de voie téléphonique correspond la signalisation transportée par une IT16 donnée. On a décidé alors d'organiser les trames en multi-trames de 16 trames chacune, la première trame de la multi-trame sera repérée par un mot de verrouillage de multi-trames AMT placé à IT16. [8]

On peut aussi numéroter ces trames et repérer la signalisation de chaque voie sans problème. La figure ci-dessous montre la structure de 16 trames constituant une multi-trame.

- L'IT0 de toutes les trames porte le mot alignement de trame AT.
- Les ITs 1 à 15 et 17 à 31 portent les voies téléphoniques VT1 à VT15 et VT16 à VT30.
- L'IT16 de la trame 0 porte le mot alignement de multi-trames AMT.
- L'IT16 de la trame n porte les signalisations de la VTn et de la VTn+15.
- Chaque multi-trame contient 16 trames.
- La durée d'une multi-trame est de 2ms (125µs pour chaque trame).
- La multi-trame transporte à peine 4 bits de signalisations qui correspondent à une voie téléphonique.

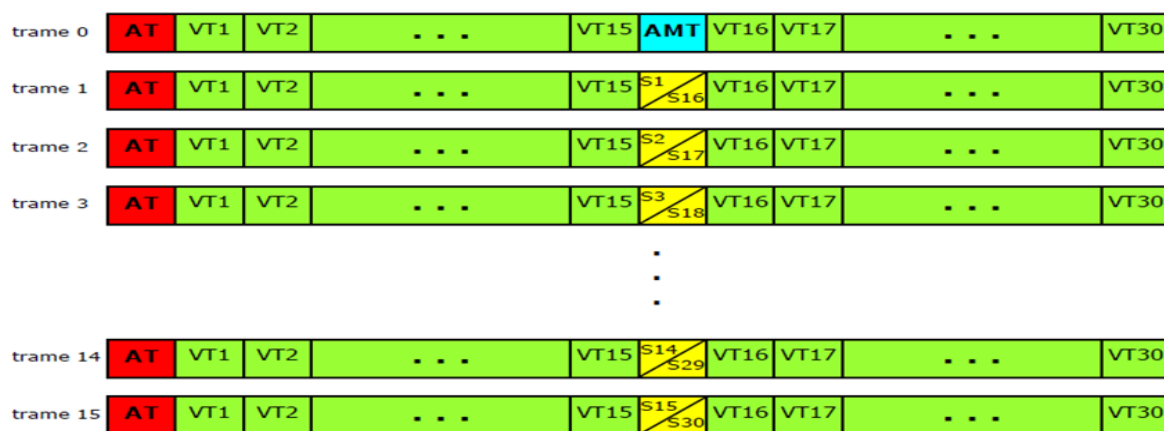


Figure I.12 : Structure des trames des MIC primaire [8].

I.6.1.4 Inconvénients de PDH

Avant, les opérateurs étaient basés sur cette hiérarchie, mais pour les raisons du multiplexage bit à bit ce que permet pas l'accès aux données transmises sans démultiplexage, et l'absence de la normalisation au niveau du C.C.I.T.T, l'interconnexion entre deux équipements ou différentes hiérarchies provenant de divers pays sans le passage par un équipement intermédiaire.

I.6.2. Passage de PDH vers SONET/SDH

Le SDH/SONET offre des avantages significatifs sur le PDH. Le SDH/SONET repose sur une trame numérique de niveau élevé qui apporte, en plus du haut débit (plus élevé qu'en PDH) :

- Une facilité d'exploitation-maintenance (des débits importants sont réservés à ces fonctions).
- Une possibilité d'évolution vers des hauts débits (les trames synchrones hauts débits sont construites par multiplexage synchrone de l'entité de base. Cette entité de base définit implicitement toutes les trames hauts débits, la limitation n'est plus que technologique).
- Une souplesse accrue quant à la possibilité d'extraire ou d'insérer directement un signal constituant du multiplex.
- Une interconnexion de systèmes à haut débit facilitée par la normalisation de la trame de ligne et des interfaces optiques correspondantes.
- Des architectures de réseaux assurant la sécurisation contre les défauts de ligne ou d'équipements.
- La modularité des équipements SDH est plus adaptée aux progrès de la technologie que les équipements plésiochrones.

I.7 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre le principe de fonctionnement des dispositifs qui font partie d'une liaison optique et ses caractéristiques. Ensuite, l'ensemble des techniques de multiplexages utilisés dans les transmissions optiques.

A la fin on s'est intéressé à l'évolution des techniques de transmissions sur le réseau de transport qui se repose sur la hiérarchie PDH et le passage vers une nouvelle hiérarchie SDH/SONET plus avantageuse.

CHAPITRE II

LE RÉSEAU DE TRANSPORT OPTIQUE

SONET/SDH

II.1 Introduction

Le réseau optique synchrone est un protocole de communication numérique normalisé, utilisée pour transmettre un volume important de données propre à l'opérateur (IP, ATM, Ethernet, xDSL) sur des distances relativement grande à l'aide d'un support en FO.

L'intérêt de ce réseau, 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 cette technologie été déployée par la plupart des opérateurs, dans les réseaux cœurs et aussi dans les réseaux interurbain et d'accès.

II.2 Technologie SDH/SONET

A la fin des années 80, une nouvelle hiérarchie de transmission appelée la hiérarchie numérique synchrone (SDH) est apparue. Cette technologie est fondée sur les concepts de l'optique synchrone Network (SONET), elle présente un standard international pour les télécommunications haut débit dans les réseaux optique.

Cette hiérarchie est basée sur la technique de multiplexage TDM, elle est conçue pour générer les communications en mode circuit de bout en bout, comme elle est utilisée pour transporter des flux IP, ATM, DSL et PDH.....etc.

II.2.1 Description d'un réseau SONET/ SDH [9]

SONET est une proposition initiale par l'organisme de normalisation américaine « BELLCORE », définissant la couche de transport physique d'une architecture à haut débit.

La technologie SDH offre la possibilité de transmettre dans une même trame des services de types et débits différents, tels que les conversations téléphoniques, les données informatiques, notamment Internet, et la vidéo numérique.

La technologie SDH peut être déployée dans les différents niveaux de réseaux de transport : les réseaux d'accès, les réseaux métropolitains et les réseaux de cœur. La plupart de ces réseaux de transport se basent principalement sur une infrastructure à fibre optique, qui permet des capacités de transmission importantes de l'ordre de dizaines de Gb/s.

La hiérarchie synchrone se distingue essentiellement de la PDH par la distribution d'horloge à tous les niveaux du réseau réduisant les écarts d'horloge. Les signaux sont encapsulés dans un container, chacun est associé à un sur-débit destiné à l'exploitation.

Pour garantir la connectivité des différentes hiérarchies, des niveaux identiques ont été définis. Le premier niveau de la hiérarchie SONET : synchrones transport signal-niveau 1 (STS-1) ou Optical carrier-1 (OC-1) est défini à 51.84 Mbit/s. La hiérarchie SDH fixe un premier niveau : synchrone transport module-niveau 1 (STM-1) à 155.52 Mbit/s. Le tableau ci-dessus donne la correspondance entre les deux hiérarchies.

SONET	SDH	Débit en Mb/s	Accès ATM
OC1	-	51.84	-
OC3	STM1	155.52	Oui
OC9	-	466.56	-
OC12	STM4	622.08	Oui
OC18	-	933.12	-
OC24	-	1244.16	-
OC36	-	1866.24	-
OC48	STM16	2488.32	Oui

Tableau II.1 : Correspondance entre SONET et SDH.

II.3 Equipements du réseau SONET/SDH [9]

La hiérarchie synchrone met en œuvre trois types d'équipements qui assurent les différentes tâches attribuées à un réseau SDH comme extraction /insertion, brassage et régénération. [Fig II.1]

II.3.1 Multiplexeur terminal simplifié (MTS)

La fonction de base assurée par le multiplexeur consiste à charger (à l'entrée) et à extraire (à la sortie) les affluents des différents clients qui ont été assemblées dans les trames STM-n véhiculée par le réseau. Le mécanisme des pointeurs permet d'extraire ou d'injecter aisément un affluent dans un multiplex. Cette fonction est assurée par un élément appelé multiplexeur SDH à insertion/extraction MIE ou ADM (Add Drop Mux).

Les multiplexeurs dits MUX terminaux ou accès, permettent la projection et le multiplexage des affluents PDH, des affluents produits par d'autres standards (ATM, FDDI, ...) et des affluents SDH pour constituer des trames STM-n. Ils assurent évidemment l'opération inverse. Une application courante est la collecte et la restitution par un réseau SDH des flux de données des clients. Les multiplexeurs dits 'HUB MUX' permettent d'interconnecter du trafic transporté sur des fibres ou sur des anneaux. Ils sont utilisés dans une structure en étoile. Des liaisons intermédiaires entre hub permettent également de restaurer le trafic via des routes alternatives.

II.3.2 Multiplexeur insertion /extraction (MIE)

Ce multiplexeur permet d'extraire ou d'insérer des flux déjà multiplexé il comporte un circuit de démultiplexage pour extraire les affluents entrant : des entrées, sorties d'affluents et un multiplexeur pour reconstituer un multiplex principale de même débit. Les multiplexeurs insertion /extraction (add/drop) sont utilisés pour réaliser les fonctions de transmission suivantes :

- Transfert du signal numérique synchrone de ligne entre ses accès « ouest » et « est ».
- Dérivation : insertion/extraction des signaux numérique plésiochrone et/ou synchrones dans le signal numérique synchrone présent à ses accès « ouest » et/ou « est ».

II.3.3 Brasseur(DXC)

Le brassage permet de réarranger les affluents dans des trames STM-n, et Commuter des conteneurs virtuels (VC) dans des multiplex d'entrée avec des VC dans des multiplex de sortie. Chaque nœud de type ADM ou DXC possède une capacité de brassage sous forme de ports de terminaison de VC-n, appelés aussi ports de brassage VC-n.

Il existe deux niveaux de ressources de brassage:

- Les ressources de brassage d'ordre supérieur HO (High Order) représentant les ports de brassage VC-4. Les ports VC-4 peuvent aussi être mappés en VC-3 et utilisés pour brasser des circuits d'ordre inférieur VC-3.
- Les ressources de brassage d'ordre inférieur LO (Low Order) représentant les ports de brassage VC-3 et VC-12. Les ports VC-3 peuvent même être mappés en VC-12 et utilisés pour brasser Des circuits VC-12.

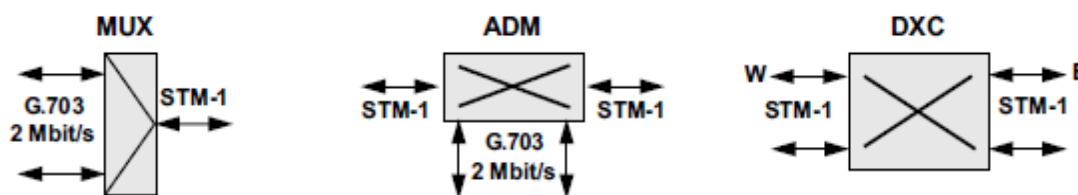


Figure II.1 : Equipements mis en œuvre dans un réseau SONET/SDH. [9]

II.4 Topologies et protection du réseau SONET/SDH

II.4.1 Topologies

L'architecture d'un réseau SDH/SONET est déterminée à partir d'un certain nombre de considérations fondamentales telles que :

- Respect du débit et du synchronisme.
- Assurer le transport dans un temps minimal.
- Capacité du réseau à ses défaillances au moins partiellement pour assurer le transport des données vitales.

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

Pratiques. L'architecture en anneau est celle qui répond le mieux à ces considérations, cependant, on constate dans la pratique qu'un mélange de topologies, anneau, arborescent et maillé est parfois utilisé.

Un réseau en anneau est une chaîne, repliée sur elle-même et refermée, constituée uniquement de nœuds MIE ou ADM et ne possédant pas de nœud terminal. Ce type de réseau

joue un rôle clé en SDH/SONET grâce aux mécanismes performants d'auto cicatrisation (délai de rétablissement < 50 ms) du réseau en cas de défaillance (par exemple: câble coupé, panne d'électricité ou incendie dans un nœud du réseau). Les applications des réseaux en anneau sont nombreuses : réseaux d'accès aux réseaux nationaux, en passant par les réseaux locaux et régionaux. [9]

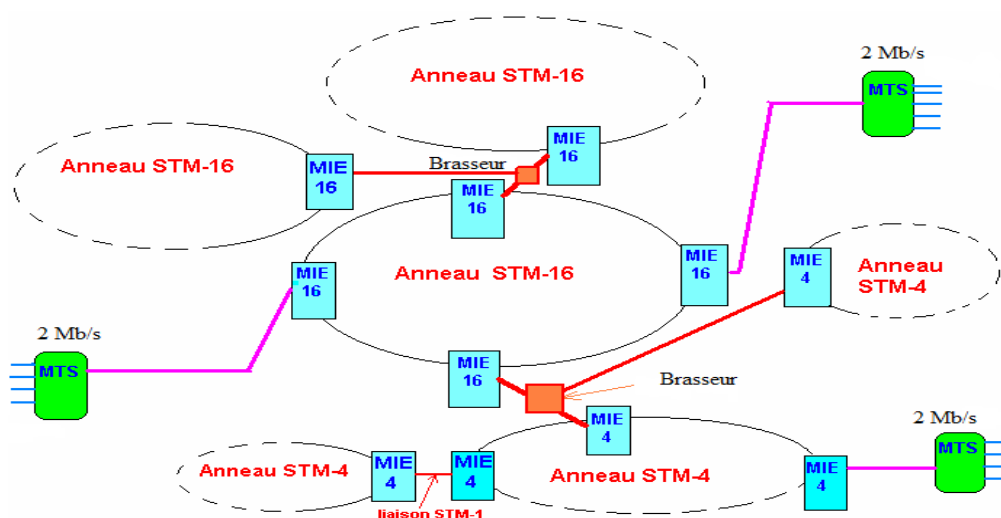


Figure II.2 : Infrastructure du réseau SONET/SDH.

Les réseaux auto cicatrisants sont divisés en deux catégories :

- **Anneau unidirectionnel (deux fibres)**

Les trafics émissions/réceptions circulent dans le même sens sur l'anneau, sur la fibre dit « fibre active ». La paire de fibres de protection peut utiliser soit pour la duplication du trafic, ou pour transporter un STM-n vide ou un trafic non prioritaire.

- **Anneau bidirectionnel (deux fibres)**

Les trafics émissions/réceptions circulent en sens opposé sur l'anneau et utilisent donc les deux fibres de la paire, pour conséquent, la moitié de la bande passante doit être réservée pour la protection, afin de permettre un re-routage du trafic en cas de défaillance.

II.4.2 Protection [10]

Pour faire face aux défaillances techniques (difficultés de transmission comme la rupture d'une fibre ou la défaillance d'un équipement du réseau), SONET/SDH réserve des circuits physiques ou logiques pour résoudre ces problèmes. En cas de défaillances, des délais de

reprise sont génères, ils ont généralement compris entre 50 et 100 ms et peuvent atteindre dans certaines cas critiques des durées allant jusqu'à 10s.

Dans le cas de la coupure d'une ligne, le signal est automatiquement réacheminé vers un réseau « secours ». plusieurs configurations possible telles que :

- **Protection 1+1**

Ce type de protection offre un deuxième support pour la raison du secours, qui prend le relais en cas de défaillances dans le circuit employé. Ce circuit de secours dépend de l'architecture, il peut être constitué d'une seule fibre (réseau unidirectionnel) ou d'une paire de fibre (réseau bidirectionnel).

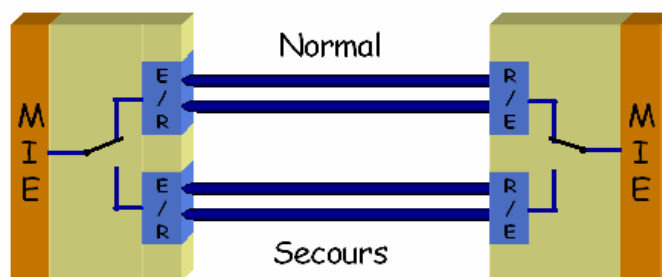


Figure II.3: Circuit de protection 1+1. [10]

- **Protection 1 : n**

Cette protection utilise 2 fibres à demi-charge simultanément .si l'un des dispositifs est défaillant le deuxième est utilisé à pleine charge. Dans le cas de l'utilisation normale, il est admis d'utiliser les deux autres demi-charge de réserve pour transporter des flux supplémentaires.

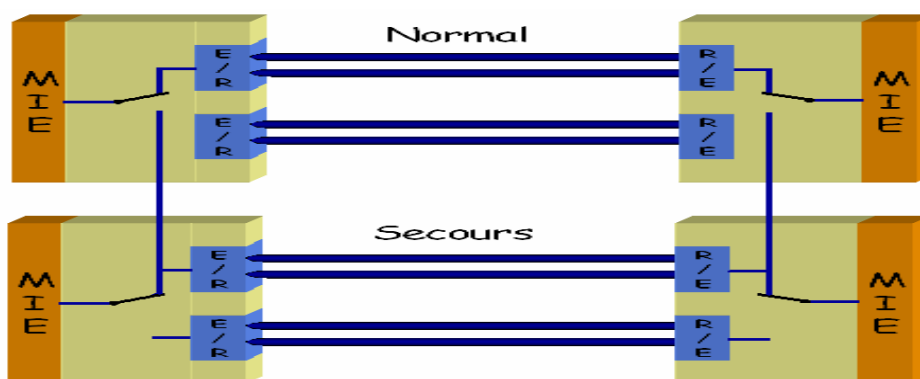


Figure II.4 : Circuit de protection 1 : n. [10]

II.5 Eléments de la trame SDH/SONET [11]

La constitution de la trame du réseau SDH/SONET se forme à partir des données encapsulées dans ces divers éléments :

II.5.1 Conteneur (C-n)

Le conteneur est une entité dont la capacité est conçue pour transporter un débit défini par le CCITT. Les signaux à transporter proviennent de liaisons qui peuvent être synchrones ou asynchrones. Pour faciliter leur transport, on les segmente en petit blocs appelés « conteneurs ». Un conteneur contient un paquet de données utiles (payload) arrivés au rythme du débit de l'affluent pendant $125\mu\text{s}$ plus un certain nombre d'octets de bourrage dont le rôle est d'adapter le débit incident à la structure de la trame. L'indice « n » du conteneur C-n dépend du débit entrant, ils sont donnés comme suite :

Conteneur	Débit en Mb/s
C11	1.544
C12	2.048
C2	6.312
C3	34.368 ou 44.736
C4	140

Tableau II.2 : Différents débits versus le conteneur.

II.5.2 Conteneur virtuel (VC)

Le conteneur virtuel joue le rôle du gestionnaire du conteneur, il sera transporté à travers le réseau SDH en suivant le chemin (path) entre le point d'entrée et le point de sortie. Des bits de gestions appelés POH (Path Overhead) sont ajoutés au conteneur C-n, cet ensemble constitue, appelé un conteneur virtuel Cv (Virtual container).

Les VCs sont les éléments de base transportés par le réseau SDH, ils seront multiplexés ensuite pour l'obtention de grands blocs et ainsi de proche en proche jusqu'à avoir une trame de base STM-1 constituée de 2430 octets.

Il existe deux types de VC :

- D'ordre inférieur (VC-11, VC-12, VC-2, VC-3) qui sont transportés dans des VCs d'ordre supérieur.
- D'ordre supérieur (VC-3, VC-4) qui sont multiplexés pour former le signal résultant.

Conteneur Virtuel	Capacité (Mb/s)
VC-11	1.7
VC-12	2.3
VC-2	6.8
VC-3	50
VC-4	150

Tableau II.3 : Capacités de différents VC.

II.5.3 Unité d'affluent (TU-n)

Pour pouvoir localiser un VC dans une trame SDH/SONET sans placer le conteneur à un endroit précis dans la trame, ce qui nécessiterait des mémoires-tampons pour synchroniser. On utilise un pointeur pour indiquer l'adresse relative au VC par rapport au début de la trame. Le début d'une TU ne coïncide pas forcément avec celui d'un VC. Le fait qu'un VC puisse se trouver à n'importe quelle position de la TU, on dit que celui-ci flotte à l'intérieur de la TU et il est plus souvent en chevauchement sur deux trames consécutives, La valeur de ce pointeur indique l'emplacement du VC-n dans la trame de transport.

Ce pointeur est associé au processus de justification du VC dans la trame de transport, c'est à dire que la position du VC dans la trame peut changer s'il y a justification.

Le pointeur a donc deux fonctions importantes : Rattraper le déphasage des trames synchrones (justification) et assurer la synchronisation des trames asynchrones.

La justification est l'opération permettant d'adapter un signal de débit variable dans une trame de débit fixe.

II.5.4 Groupe d'unité d'affluent (TUG-n)

Un groupe d'unité d'affluent (TUG) représente une structure virtuelle de la trame, on réalisant le multiplexage de TU-n. Le TUG est un multiplex temporel d'unités d'affluents TU 1, 2 ou 3 multiplexés entre eux. Cela permet de regrouper des TUs pour les assembler en une seule entité (bloc) de dimension supérieure. Le multiplexage se fait toujours octet par octet.

On peut ainsi avoir :

- TUG2 regroupent 3TU12 ou 1 TU2 ou 4 TU11.
- TUG3 regroupent 7 TUG2 ou 1 TU3.

II.5.5 Unité administrative (AU)

Le couple pointeur –VC, appelé AU (Administrative Unit), permet donc de transporter des signaux aussi bien synchrones qu'asynchrone. La valeur de ce pointeur indique l'emplacement du début de conteneur dans la trame STM-n utilisée. Exemple l'unité administrative AU4 est composée du VC4 et de pointeur associé. En fonction du débit, on obtient deux niveaux possibles des unités administratives : AU3 et AU4.

II.5.6 Groupe d'unité administrative (AUG-n)

Le groupe d'unité administrative n'est pas une nouvelle entité physique mais représente une structure virtuelle de la trame. L'AUG correspond à la place que doit occuper l'AU dans la trame de transport ou à la place de trois unités d'ordre 3 multiplexées.

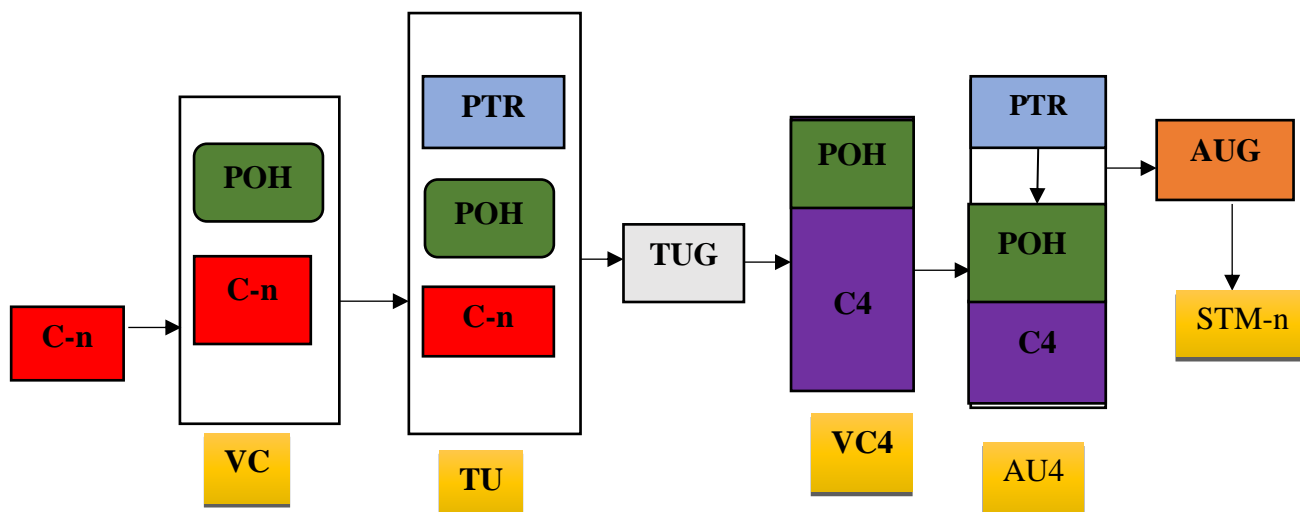


Figure II.5 : Eléments de la trame SONET/SDH.

Le tableau ci-dessous représente la relation et le passage entre les unités de la trame SDH/SONET

Path (chemin)	SDH Overhead
C-n au VC-n	$C-n + VC-n POH = VC-n$ (n=11, 12, 2, 3 ou 4)
VC-n au TU-n	$VC-n + TU-n \text{ pointeurs} = TU-n$ (n=11, 12, 2 ou 3)
C-n au AU-n	$VC-n + AU-n \text{ pointeurs} = AU-n$ (n=3 ou 4)
AUG-n au STM-n	$AUG-n + RSOH + MSOH = STM-n$

Tableau II. 4 : Création des blocs SDH.

II.6 Trame SDH/SONET

Même si l'existence de la correspondance entre ces deux architecture, une différence minimale qui réside au niveau de la trame de base.

II.6.1 Description des trames [12]

• Trame SDH

Les trames de transport STM-n sont obtenus en multiplexant $n \cdot \text{AUG}$ de la même manière qu'un sur-débit POH est utilisé pour les gestions des conduits, On ajoute à la trame de transport STM-n un sur-débit de section SOH (section overhead) qui est réservé à l'exploitation. Le sur-débit SOH est partagé entre 2 sur-débits :

- Le MSOH est dédié à la gestion des sections de multiplexage.
- Le RSOH est dédié à la gestion des sections de régénération.

La trame de base, appelée STM-1 (synchronous transport module 1) est structurée en octets et possède les caractéristiques suivantes :

- Taille : 2430 octets (270 colonnes \times 9 lignes), dont Le SOH et les pointeurs occupent les 9 premières colonnes de chaque trame, soit 81 octets il reste donc 150.34 Mbit/s pour la partie utile ($2349 \cdot 8 \text{ bits} / 125 \mu\text{s}$).
- Débits: $(n \cdot 270 \cdot 9 \cdot 8 \text{ bits}) / 125 \mu\text{s} = n \cdot 155.520 \text{ Mbits/s}$.

Il y a 3 zones dévolues aux informations suivantes :

- Sur-débit de section, divisé en sur-débit pour la section de régénération ou RSOH et sur-débit de section de multiplexage ou MSOH,
- Les pointeurs d'AU,
- Les charges utiles VC 4, une pour STM 1, 4 pour STM 4 ou 16 pour STM16.

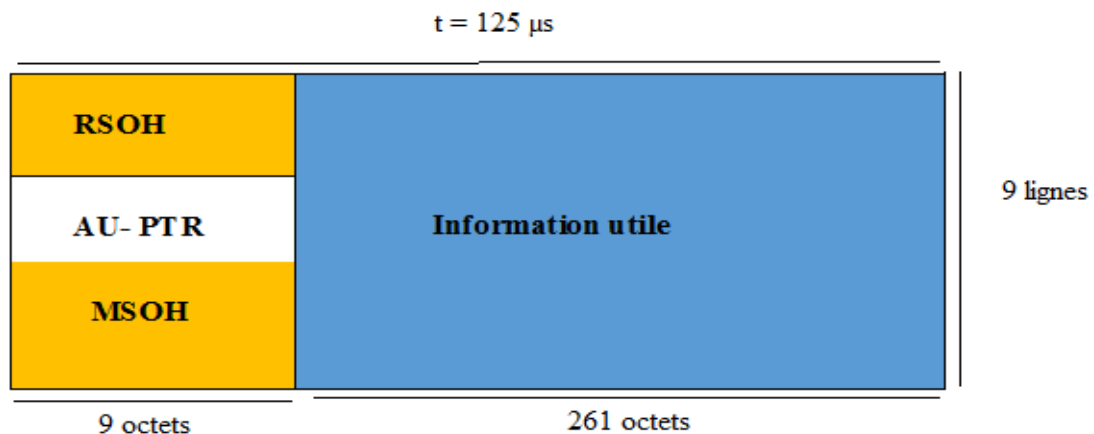


Figure II.6 : Trame SDH.

- **Trame SONET**

Une trame STS-1 standard est de neuf lignes par 90 octets. Les trois premiers octets de chaque rangée contiennent des informations de synchronisation et de supervision.

- Taille : 810 octets (90 colonnes*9 lignes), dont Le SOH et le LOH occupent les 27 octets de la trame, il reste donc 783 octet pour la partie utile.
- Debits: $(90*9*8\text{bits})/125\mu\text{s} = 51.84\text{Mbit/s}$.

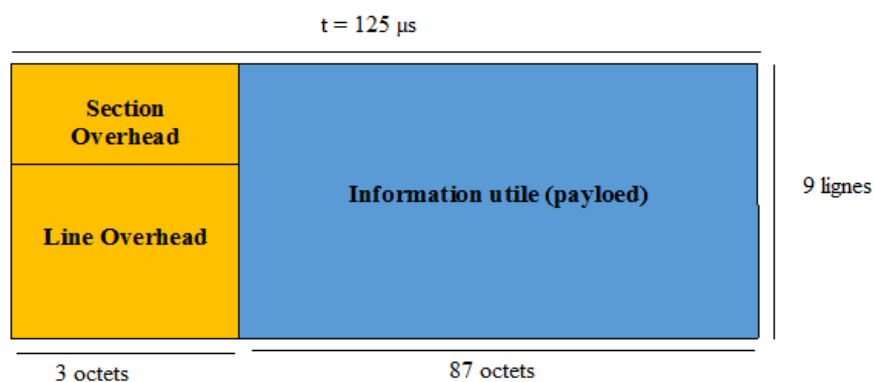


Figure II.7 : Trame SONET.

Tout comme en SDH, on retrouve le principe d'adaptation lié à l'encapsulation des données dans des conteneurs virtuels

II.6.2 En-têtes [13]

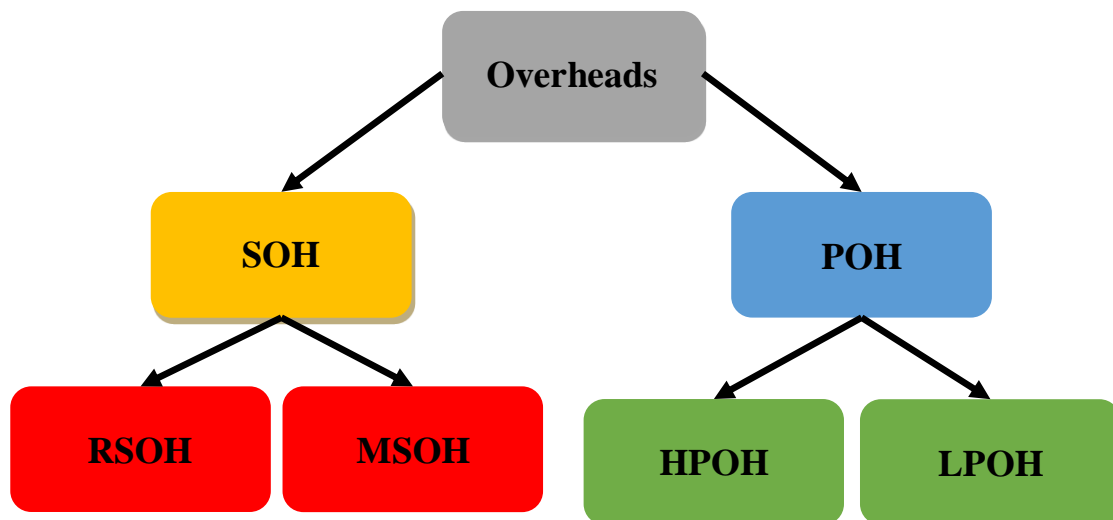


Figure II.8 : En-têtes.

II.6.2.1 POH (Path Overhead)

C'est un sur-débit de conduit qui est généré et ajouté au conteneur dès son entrée dans le réseau SDH pour former le conteneur virtuel. Le POH procure au conteneur les éléments de sa propre gestion indépendamment des autres entités de transport. Son contenu sera extrait et interprété à l'autre extrémité du conduit, en sortie du réseau SDH.

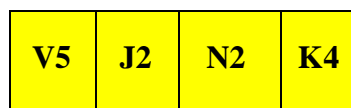


Figure II.9 : LPOH (Low Path Overhead).

On détaille donc les différents blocs :

V5 : vérification d'erreur, et le G1 du VC-12

J2 : indicateur de conduit

N2 : besoins d'opérateurs

K4 : réservé pour les futurs utilisateurs.

J1	Indicateur de conduit (Path trace)
B3	Contrôle de qualité (BIP-8)
C2	Etiquette de conduit (signal label)
G1	Indications de défauts distants (RDI, REI)
F2	Besoins utilisateurs
H4	Indicateur de position
F3	Besoins utilisateurs
K3	Canal utilisé pour la protection automatique de conduit
N1	Besoin opérateurs

Figure II.10 : HPOH (High Path Overhead).

II.6.2.2 SOH (section overhead)

La section désigne une portion physique d'un chemin entre deux nœuds, la norme SDH lui associe un en-tête. Le sur-débit de section SOH (Section Overhead) qui contient des données de contrôle de la transmission d'un nœud à un autre nœud (commutation de protection, supervision des erreurs).

La section est partagée entre la section de régénération et la section de multiplexage, ainsi que le sur-débit SOH est partagé entre 2 sur-débits : RSOH (régénérateur SOH) qui est dédié à la gestion des sections de régénérations et MSOH (multiplex SOH) qui est dédié à la gestion des sections de multiplexage.

II.7 Principe de multiplexage [14, 15]

Le multiplexage se fait en deux étapes .un premier niveau, dit inférieur LO (low order) suivi d'un deuxième niveau, dit niveau supérieur HO (high order) [figure II.11]. Dans le premier niveau les VC-LO sont multiplexés pour former les VC-HO, ensuite, dans le deuxième niveau, les VC-HO sont multiplexés pour former la trame STM.

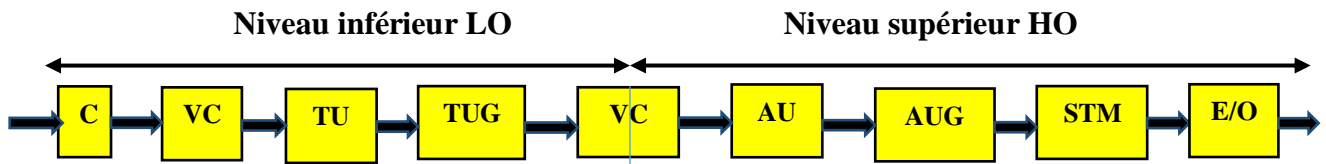


Figure II.11 : Niveaux de multiplexage SDH/SONET

Lors du multiplexage SDH, les données sont encapsulées dans des trames qui seront multiplexées pour donner des blocs de plus en plus gros jusqu'à obtenir une trame STM.

II.8 Multiplexage SDH/SONET [16]

Les signaux à transporter proviennent de liaisons, qui peuvent être synchrones ou asynchrones pour un transport plus aisé, on les accumule dans un conteneur virtuel VC ce conteneur est transporté dans le réseau de transmission SDH entre le point d'entrée et le point de sortie par un chemin appelé aussi un conduit (path), pour cela des bits de gestion appelés POH sont ajoutés au conteneur.

Les VC-n sont multiplexés dans la trame STM-n avec un système de repérage par pointeur, pour pouvoir remplir un VC avec un affluent et le projeter dans la trame SDH, la norme SDH utilise un pointeur. Le principe est donc de ne pas placer le conteneur à un endroit précis dans la trame, mais bien d'indiquer dans une zone mémoire appelée pointeur, l'adresse relative du conteneur par rapport au début de la trame.

Les trames de transport STM-n sont obtenues en multiplexant n AUG et en rajoutant un sur-débit de section SOH. La trame de base STM-1 (155.520 Mbits/s) contient un AUG et son SOH, la trame STM-4 (622.080 Mbits/s) contenant 4 AUG et son SOH, la trame STM-16 (2488.320 Mbits/s) contenant 16 AUG et son SOH.

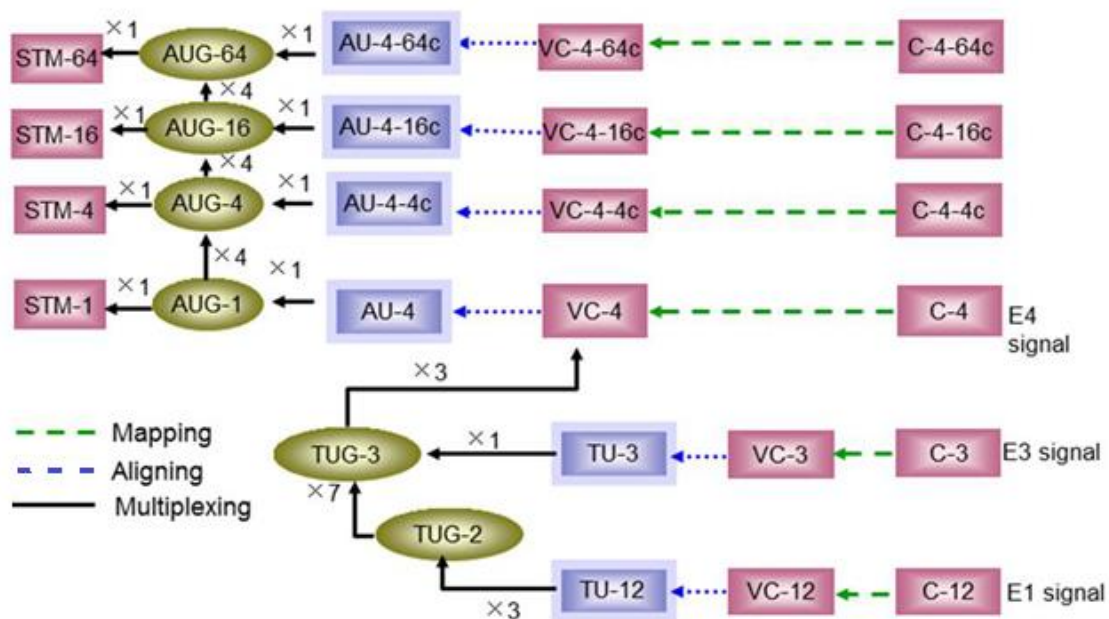


Figure II.12 : Structure de multiplexage SDH. [16]

- **Projection (mapping):** un processus a employé quand les tributaire sont adaptés dans des VCs en ajoutant les bits de justification et l'information de POH.
- **Alignement (aligning) :** ce processus a lieu quand un indicateur est inclus dans une unité tributaire(TU) ou une unité administrative (AU), pour permettre la localisation du 1^{er} bit du VC.
- **Multiplexage (multiplexing) :** ce processus est employé quand les signaux multiples d'ordre réduit du trajet sont adaptés dans un signal d'ordre évolué du trajet, ou quand des signaux d'ordre élevé du trajet sont adaptés dans une section multiplex

II.9 Compatibilité SONET/SDH

L'un des buts du protocole SDH est d'être compatible avec le protocole américain SONET, et c'est pourquoi la philosophie de SDH est fondée sur celle de ce dernier.

Si l'on regarde d'un peu plus près la trame STS-1/OC-1 de SONET, on retrouve la même structure que celle VC-3 à la différence près que la trame de base de SONET utilise tous les octets de contenu contrairement au C3. D'où la différence de débit qui est de 45 Mb/s pour SONET et de 34 Mb/s pour SDH. [10]

Une fois cette correspondance établie, il suffit au protocole SDH d'intégrer 3 STS-1/OC-1 dans un VC4 comme s'ils étaient des TU3, Il est donc possible de retrouver des correspondances entre les deux standards.

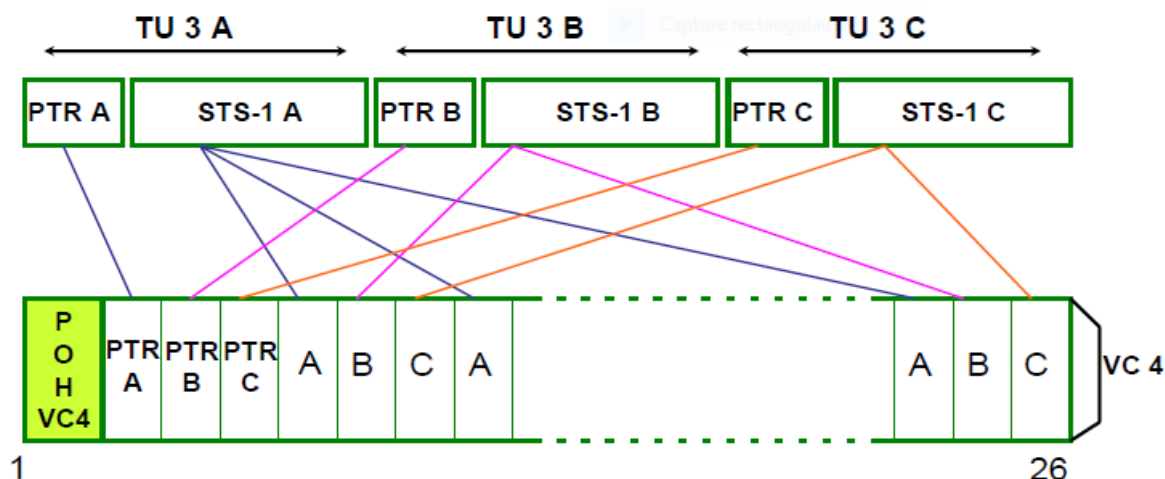


Figure II.13 : Correspondance des TUs de SDH et SONET. [10]

II.10 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre, la description de la hiérarchie SONET et son équivalente SDH, ses topologies ainsi que leurs sécurités et les équipements de ces réseaux.

Ensuite, l'ensemble des éléments de cette hiérarchie tel que les conteneurs, les conteneurs virtuels, unité tributaire et administrative, qui font part de la construction de la trame du transport (STM-n/STS-n) après avoir multiplexée les n-AUG.

Finalement, on a constaté l'existence d'une différence minime en terme de la structure des deux trames SONET et SDH, ce qui a poussé à établir un moyen pour la compatibilité et l'interconnexion entre ces différentes hiérarchies provenant de divers pays sans le passage par un équipement intermédiaire.

CHAPITRE III

CONFIGURATION D'UN RÉSEAU

SDH

III.1 Introduction

Vue que la région d'Akbou possède de grandes zone industriel, ainsi que des secteurs étatiques (banque, poste...), le besoin d'accès aux haut débits devient plus qu'une nécessité, pour cela une étude a été faite par l'entreprise Algérie télécom pour définir les caractéristiques de cette liaison. Commenant par la planification qui est basée sur l'étude du trafic existant dans la région ainsi que son bilan, puis vient l'étape de la mise en œuvre qui est l'implantation des équipements nécessaire. Finalement, une dernière étape qui est l'exploitation du réseau, afin de créer une interface de connexion entre les différents sites.

Notre étude se concentre sur la simulation des différentes configurations du réseau SDH existant au sein d'Algérie télécom qui est la correspondant au réseau SONET, pour la mise en œuvre des équipements de l'OSN 3500 qui est un dispositif principale dans notre réseau.

III.2 Entreprise d'accueil [17]

Algérie télécom est leader sur le marché Algérien des télécommunications qui connait une forte croissance. Offrant une gamme complète de services de voix et de données aux clients résidentiels et professionnels. Cette position s'est construite par une politique d'innovation forte adaptée aux attentes des clients et orientée vers les nouveaux usages.

Algérie télécom est une société par action (SPA) à capitaux publics .opérant sur le marché des réseaux et services des communications électroniques, sa naissance a été approuvée par la loi 2000/03, relative à la restructuration du secteur des postes et télécommunications, qui séparent notamment les activités postales de celles des télécommunications.

Entrer officiellement en activité à partir du 1^{er} janvier 2003, elle s'engage dans le monde des télécommunications et de la communication pour trois objectifs : la rentabilité, l'efficacité et la qualité de service.

III.3 Planification du réseau

L'ingénierie des réseaux de transport se concentre en premier lieu sur la planification du réseau, dont une étude qui prend en considération deux facteurs tels que :

- **Etude de trafic du réseau**

Une étude a été réalisée sur les services nécessaires pour la couverture des besoins des utilisateurs, ce que nécessite d'implanter les services E1, STM1, STM4, Fast Ethernet (FE) et Giga Ethernet (GE).

- **Bilan de liaison**

Après l'étude du trafic, vient l'étape d'étude du bilan de liaison, elle se base sur les capacités de chaque service qu'on doit réaliser. Le tableau ci-dessous montre la capacité totale de cette liaison :

Service	Quantité	Capacité (Mb/s)
E1	90	180
STM1	01	155
STM4	01	622
FE	04	400
GE	01	1000
Capacité totale		2357

Tableau III.1 : Bilan de la liaison.

D'après cette étude, on déduit que le débit de notre liaison est de 2.357 Gbits/s, donc on aura besoin d'un équipement adéquat qui est l'OSN 3500 de débit de 2.5Gbits/s (16 STM1).

Pour le câblage on aura besoin d'une fibre optique monomode G 652, la distance qui séparant les deux sites celui d'Akbou et de Bejaia est de 71 km en prenant en considération le site intermédiaire qui est Sidi aich, les distances sont données comme suit :

- Bejaia vers Sidi aich : 45km.
- Sidi aich vers Akbou : 26 km.

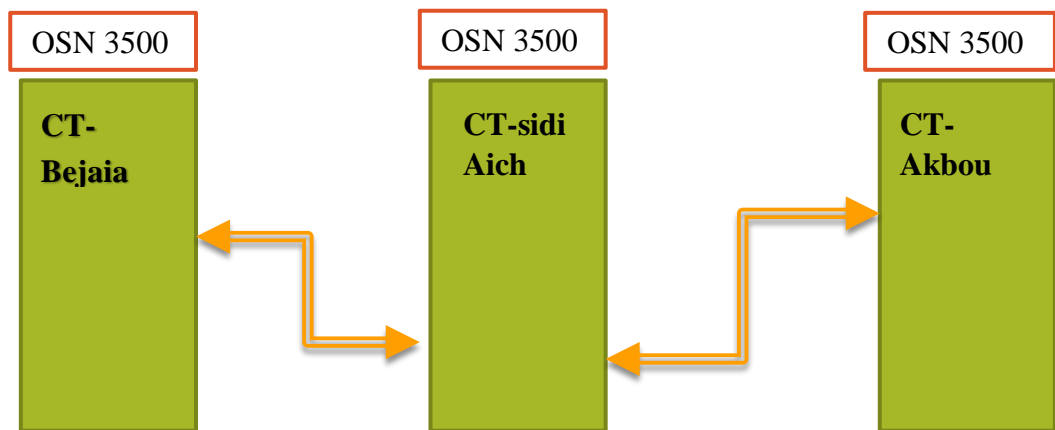


Figure III.1 : Liaison Bejaia-Akbou.

III.4 Présentation de la simulation

L'objectif de notre simulation est de créer un réseau SDH en utilisant le gestionnaire de réseau HUAWEI : U2000-LCT.

Dans cette simulation nous allons procéder comme suit :

- 1- Création des NEs.
- 2- Paramétrages des NEs.
- 3- L'attribution des cartes.
- 4- Configurations des services.
- 5- Création de protection.

III.5 Description de l'U2000 [18]

Huawei propose un système de gestion puissant OptiX IManager U2000, pour la gestion des équipements NE des réseaux de transports optiques, il gère uniformément les équipements de transmission optique (SDH, WDM, RTN (FH), système de câble sous-marin, Ethernet, ATM, ASON), aussi les réseaux de données (commutateur, routeur...etc.) et les réseaux d'accès (MSAN, DSLAM), Huawei OptiX IManager U2000 est un système de haute sécurité.

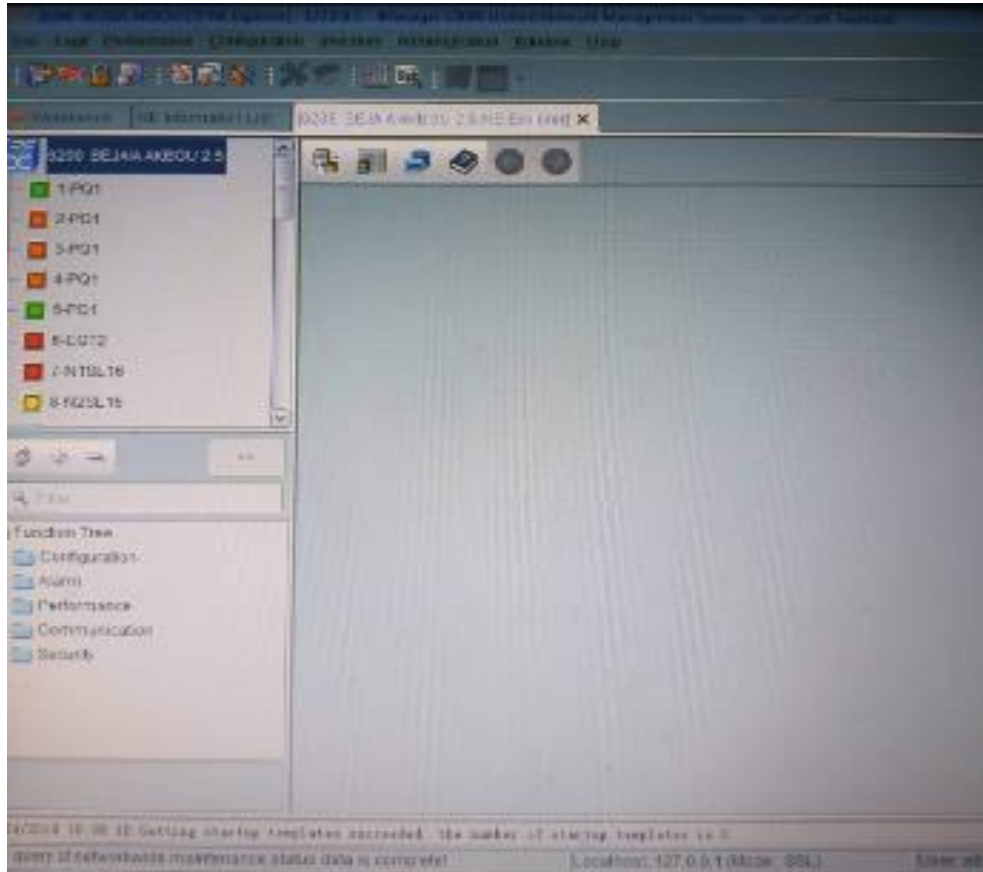


Figure III.2 : Interface du l'U2000.

Les caractéristiques principales de l'U2000 sont :

- Gérer uniformément plusieurs types d'équipements et de services, y compris SDH, WDM, le système câble sous-marin, Ethernet et ATM.
- Déploie les processus de gestion de service NE.
- Il fournit toutes les fonctions de gestion d'éléments et quelque fonction de gestion du réseau.
- Supporte les deux plateformes Windows, Linux et UNIX, dans lesquelles les mêmes opérations sont fournies.
- Fournit l'interface utilisateur graphique basé sur le JAVA, dans une structure « d'arbre à gauche et table à droite ».
- Fournit une fonction puissante de recherche d'équipement, avec laquelle l'utilisateur peut chercher puis créer les NEs et les fibres dans un groupe.
- Fournit toutes les fonctions de gestion d'alarmes, de configuration, de performances et de sécurité.
- Support tous les protocoles de communications.

- Fournit plusieurs outils et méthodes de sauvegarde et restauration des données.
- Fournit plusieurs rapports et schémas.

Le LCT est une interface de connexion du logiciel de gestion U2000, permet de créer une connexion entre le PC et l'équipement OSN 3500 dont laquelle en attribuant les différents paramètres de chaque NE.

A travers le logiciel U2000, on visualise la figure III.3, qui représente les différentes fonctions du LCT :

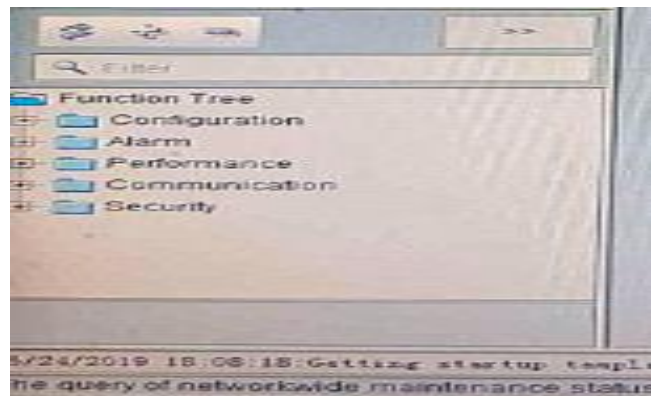


Figure III.3 : Interface des fonctions du LCT.

Le LCT de HUAWEI a des fonctions de gestion abondantes à la couche NE. Telles que :

➤ **Gestion de NE**

- Recherche des NEs.
- Ajout/suppression des NEs.
- Connexion ou déconnexion des NEs.
- Gestion du temps de NEs.

➤ **Gestion d'Alarme**

- Définition des stratégies de surveillance d'alarme.
- Voir des alarmes.
- Suppression des alarmes.

➤ **Gestion des Performances**

- Définition des stratégies de suivi des performances.
- Voir les performances des événements.
- Remise à zéro des registres de performances.

➤ **Gestion de Configuration**

- Configuration des informations de base du NE.
- Configuration des liens Radio.
- Configuration de protection.
- Configuration d'interface.
- Configuration de service.
- Configuration d'horloge.

➤ **Gestion de Communication**

- Gestion de paramètres de Communication.
- Gestion de DCC.
- Gestion de protocole IP.
- Gestion de protocole OSI.

➤ **Gestion de Sécurité**

- Gestion d'utilisateur NE.
- Gestion de groupe d'utilisateur NE.
- Gestion d'utilisateur en ligne.
- Contrôle d'accès LCT.
- Paramètre de sécurité NE.
- Journal de sécurité NE.
- Gestion d'utilisateur NMS.
- Gestion des logs NMS.

III.6 Description de l'équipement OSN 3500 [18]

HUAWEI Technologie est leader mondial dans le domaine des équipements de télécommunication, il fournit des solutions dans différentes technologies telles que : réseau d'accès, DSLAM, MSAN, ENODE B et les réseaux de transport tels que SDH, DWDM, Ethernet.

Le système de transmission optique OptiX OSN 3500 est un système de transmission optique intelligent de nouvelle génération mis au point par Huawei Technologies. Le système fournit une transmission à haute efficacité de divers services, tels que SDH, PDH, Ethernet, ATM, DDN (Digital Data Network) et réseau de stockage SAN (Storage Area Network), au niveau de

la couche principale et de la couche de périphérie (OSI). En utilisant la technologie de commutation de paquets, le système peut fournir une qualité de service au niveau de l'opérateur sur le réseau de transport de paquets.



Figure III.4 : Structure de l'équipement HUAWEI OSN 3500.

III.7 Description des cartes

L'équipement OSN 3500 contient plusieurs cartes placées dans des slots, chacune d'elles à sa propre tâche pour assurer le bon fonctionnement. Ces cartes sont sous le contrôle de logiciel LCT U 2000, et lui implémentent des fonctions spécifiques du NE conformes à l'ITU-T.

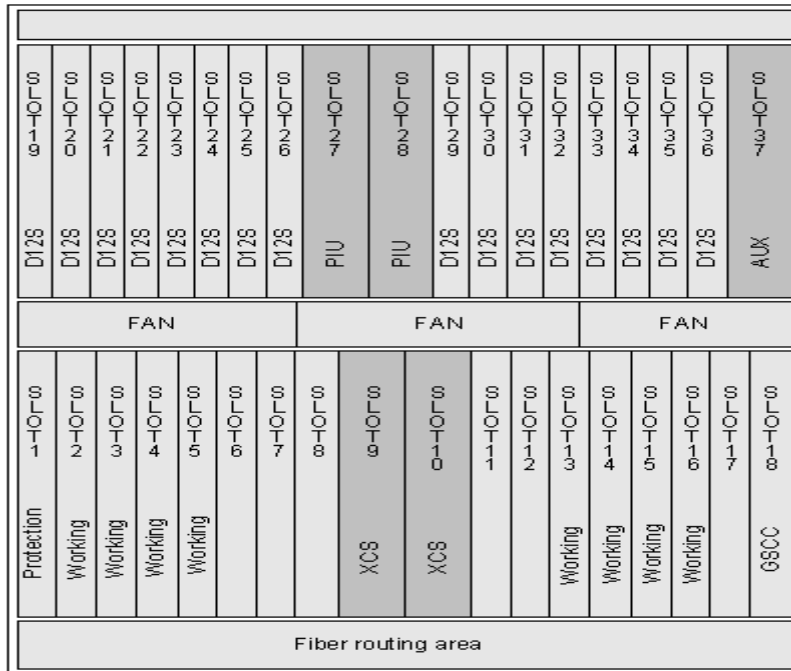


Figure III.5 : Différents slots de l’OSN 3500.

Ces cartes sont définies comme suit :

- **N1SL16**

C’est une carte de ligne de type SDH qui prend en charge les divers types de bouclage, elle assure la transmission transparente et la terminaison des frais généraux du chemin.

- **PQ1**

Le PQ1 est une carte de traitement PDH. Le PQ1 peut être utilisé sur la série d’équipements OptiX OSN pour ajouter et supprimer des signaux PDH. Pour émettre / recevoir et traiter des signaux 63xE1, le PQ1 doit être utilisé avec la carte d’interface.



Figure III.6 : Face avant du PQ1

La face avant de la carte présente les indicateurs suivants:

- Indicateur d'état de la carte (STAT) : deux couleurs (rouge et vert)
- Indicateur d'état d'activation du service (ACT) : une couleur (vert)
- Indicateur d'état du logiciel de la carte (PROG) : deux couleurs (rouge et vert)
- Indicateur d'alarme de service (SRV) : trois couleurs (rouge, vert et jaune)
- **GXCSA**

La carte de cross connexion est gère les différentes interconnexions entre les cartes de service et les cartes de ligne (PQ1 et N1SL16).

- **PIU**

C'est une carte qui sert à recevoir l'alimentation, à assure les fonctions de protection contre les surtensions, alimente les différents cartes avec une tension de -48 V.

- **GSCC**

C'est une carte de contrôle qui joue le rôle du cerveau de tous les dispositifs ainsi que toutes ces cartes, pour but de bonne gestion.

- **EGT2**

Cette carte prend en charge les liaisons GE, possède 2 ports et elle a une capacité à partir du vc4 et plus (STM1, STM4...).

- **N1EFT8A**

C'est une carte de service Ethernet. Qui prend en charge les liaisons fastes Ethernet, possède 8 ports.

- **FAN**

Cette carte de ventilation marque ça présence lors du changement thermique, précisément lors de l'échauffement des dispositifs a pour but l'aération.

- **D12B**

C'est une carte de connexion physique des E1, elle est en contact direct avec la carte PQ1 pour générer un débit.

- **AUX**

C'est une carte de la gestion des alarmes et du réseau management et l'horloge.

III.8 Architecture du réseau simulé

Notre étude consiste à la conception du réseau de transport SDH provenant du centre d'amplification (CA) de Bejaia vers le CA d'Akbou et vis-versa (liaison bidirectionnelle).

La figure suivante illustre l'architecture de la liaison :

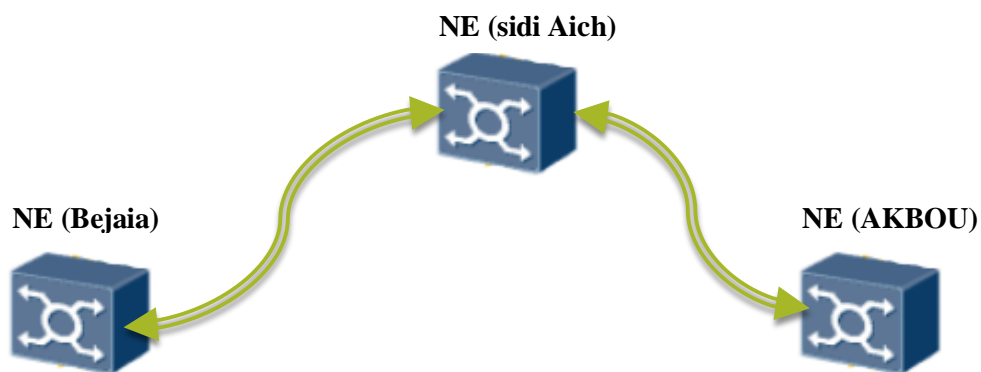


Figure III.7 : Liaison simulée.

III.8.1 Configuration et paramètre du réseau

Après l'installation et la mise en œuvre du réseau, ça nécessite une configuration des équipements pour une exploitation meilleure, pour cela on aura besoin des configurations suivantes :

III.8.1.1 Création des NEs

Pour la création des NEs, il faut créer une interface de connexion entre un PC et l'équipement OSN 3500 à l'aide d'un câble RJ45, pour accéder à la ressource du réseau, puis on va lancer le LCT server U2000 et une interface de configuration sera affichée.

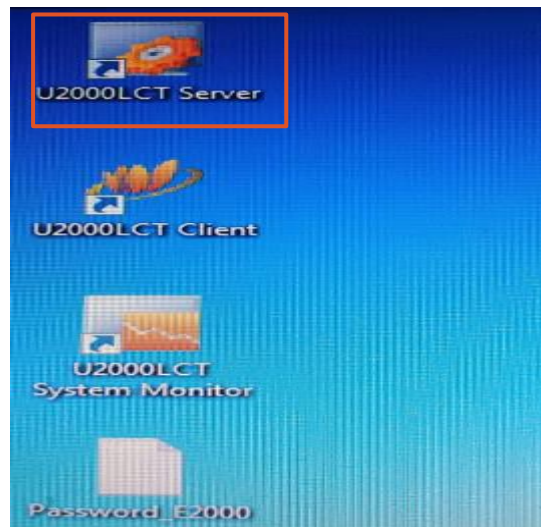


Figure III.8 : Accès à l'U2000 LCT server.

Dès l'exécution de serveur, tous les sites (NEs) du réseau seront affichés sur l'interface U2000, on introduit les différentes configurations, puis un clic sur l'icône 'create', en attendant le chargement automatique des données.

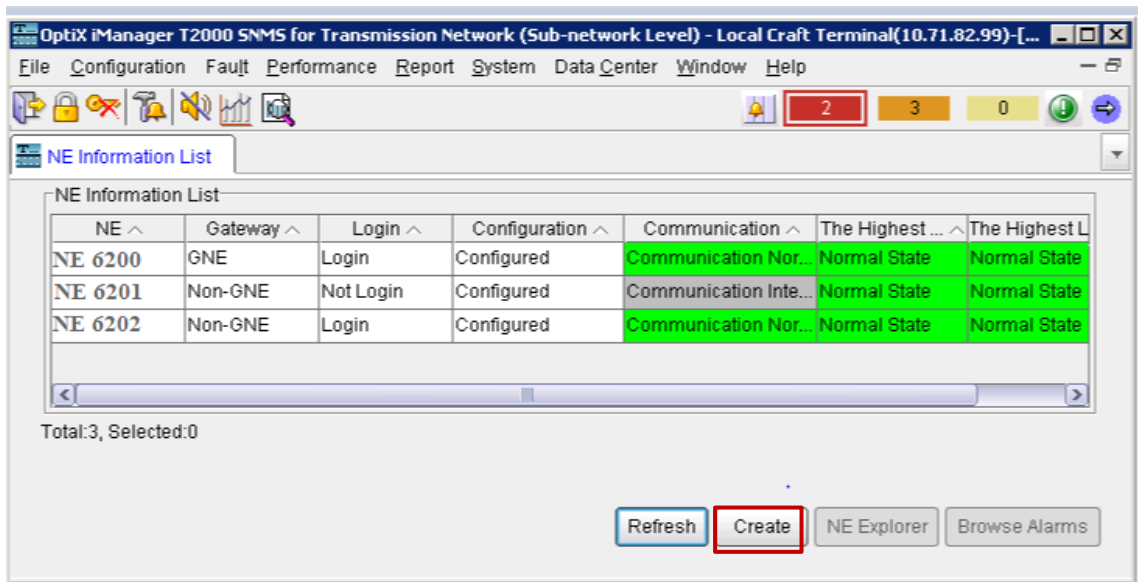


Figure III.9 : Interface Optix de la création des NEs.

III.8.1.2 Paramétrage des NEs

Après l'étape de la création des NEs, le choix du type d'équipement est nécessaire, dans ce cas c'est l'OSN 3500, ensuite c'est l'attribution des paramètres pour chaque NE, le tableau ci-dessous illustre les différents paramètres :

Attribue	Valeur
Type	OptiX OSN 3500
ID	Xxxx
Extension de ID	9
Nom	Nen
N° du site	Site n
Type de passerelle	Non
Classe de passerelle	(A, B, C ou D)
Protocol	IP
Nom d'utilisateur	Admin
Mot de passe	*****

Tableau III.2 : Paramètres des NEs.

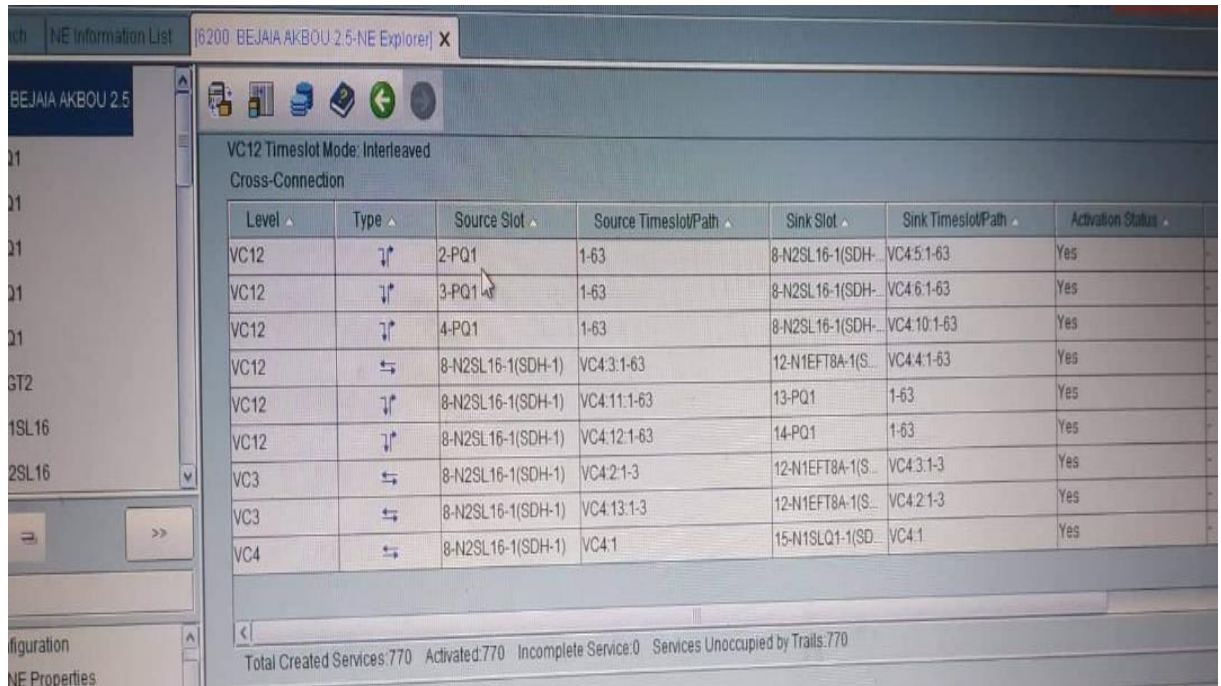
On attribue pour chaque nœud un ID unique afin de différencier entre les divers nœuds du réseau, pour que le gestionnaire network management sécurité (NMS) identifie les différents éléments dans sa base de données. En connaissant l'adresse IP (129.9.X.Y) du réseau on peut déduire le ID de la façon suivante : $ID = X * 256 + Y$.

Site	ID	Protocole	Adresse IP
Bejaia (NE1)	6200	IP	192.9.24.51
Sidi aich (NE)	6201	IP	192.9.24.52
Akbou (NE3)	6202	IP	192.9.24.53

Tableau III.3 : Paramètres du réseau simulé.

III.8.1.3 Créations des services

Dans cette interface, on va créer les services E1, STM1, STM4, Ethernet, la figure ci-dessous montre les différents niveaux et leurs emplacements.



Level	Type	Source Slot	Source Timeslot/Path	Sink Slot	Sink Timeslot/Path	Activation Status
VC12	↑	2-PQ1	1-63	8-N2SL16-1(SDH-...	VC4:5:1-63	Yes
VC12	↑	3-PQ1	1-63	8-N2SL16-1(SDH-...	VC4:6:1-63	Yes
VC12	↑	4-PQ1	1-63	8-N2SL16-1(SDH-...	VC4:10:1-63	Yes
VC12	↔	8-N2SL16-1(SDH-1)	VC4:3:1-63	12-N1EFT8A-1(S...	VC4:4:1-63	Yes
VC12	↑	8-N2SL16-1(SDH-1)	VC4:11:1-63	13-PQ1	1-63	Yes
VC12	↑	8-N2SL16-1(SDH-1)	VC4:12:1-63	14-PQ1	1-63	Yes
VC3	↔	8-N2SL16-1(SDH-1)	VC4:2:1-3	12-N1EFT8A-1(S...	VC4:3:1-3	Yes
VC3	↔	8-N2SL16-1(SDH-1)	VC4:13:1-3	12-N1EFT8A-1(S...	VC4:2:1-3	Yes
VC4	↔	8-N2SL16-1(SDH-1)	VC4:1	15-N1SLQ1-1(SD...	VC4:1	Yes

Total Created Services:770 Activated:770 Incomplete Service:0 Services Unoccupied by Trails:770

Figure III.10 : Création des cross connexion.

Après, il faut créer les cross connexions électrique entre la carte tributaire et la carte de ligne, on attribue les paramètres suivants :

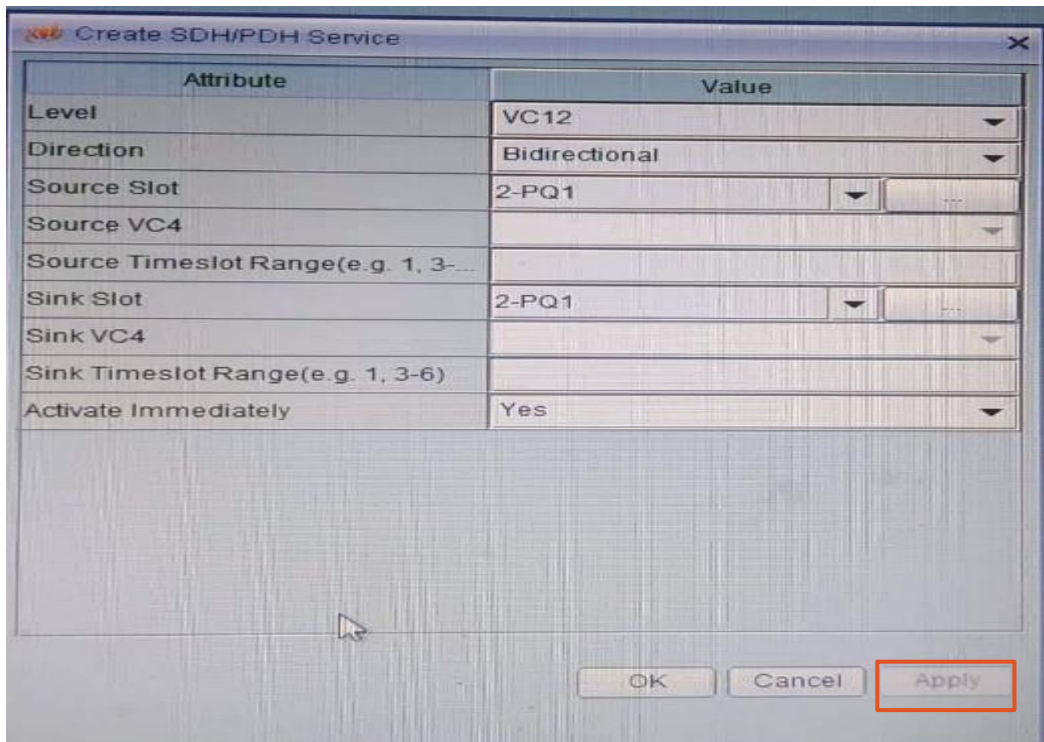


Figure III.11 : Paramétrage du cross connexion.

- Niveau : dépend de services (STM-1, STM-4, OC-3, OC-12, FE, GE...).
- Direction : bidirectionnel ou unidirectionnel.
- Sink slot (l'emplacement de la carte de destination) : PQ1.2 PQ1...
- Activation immédiate : oui.

III.8.2 Protection

Dans cette partie, nous allons créer une protection pour la liaison Bejaia –Akbou, de type Sub-Network connection Protection (SNCP), qui est un mécanisme de protection pour le réseau SDH, on lui fournit une protection de trajet. Le trafic de données sera basculé vers la voie de la protection en raison d'une défaillance de la transmission au niveau du chemin principale. Ce dernier va prendre le chemin de BBA (Bordj Bou Arreridj) vers Bejaia passant par le site intermédiaire (Sétif). La figure suivante illustre le chemin principale et celui de la protection.

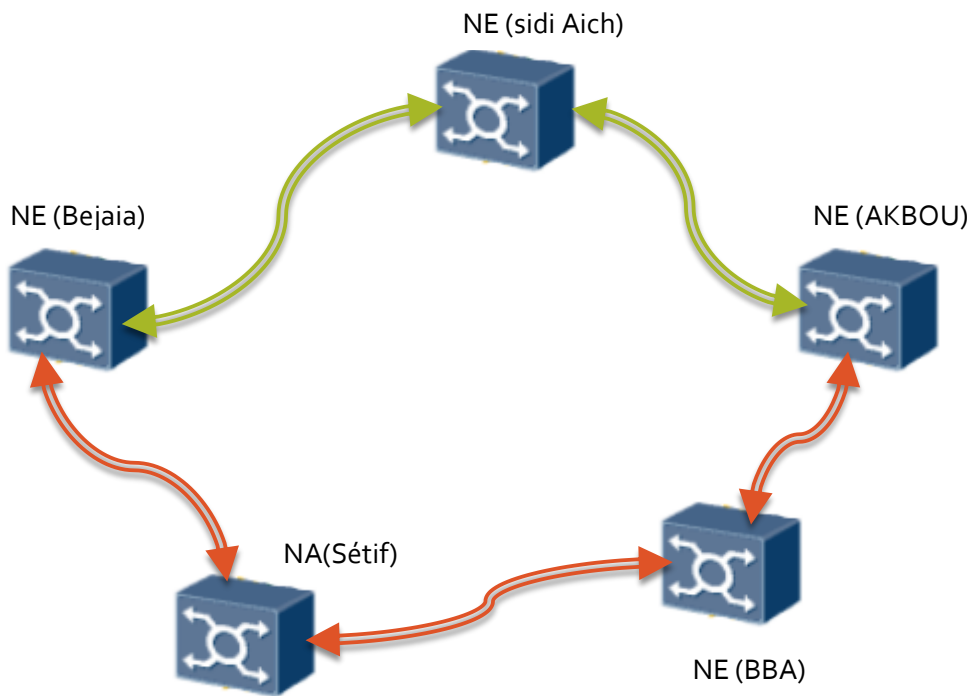


Figure III.12 : Schéma illustrant la protection de la liaison simulé.

Le paramétrage de cette protection se fait à travers le logiciel LCT, comme l'illustre la figure ci-dessous :

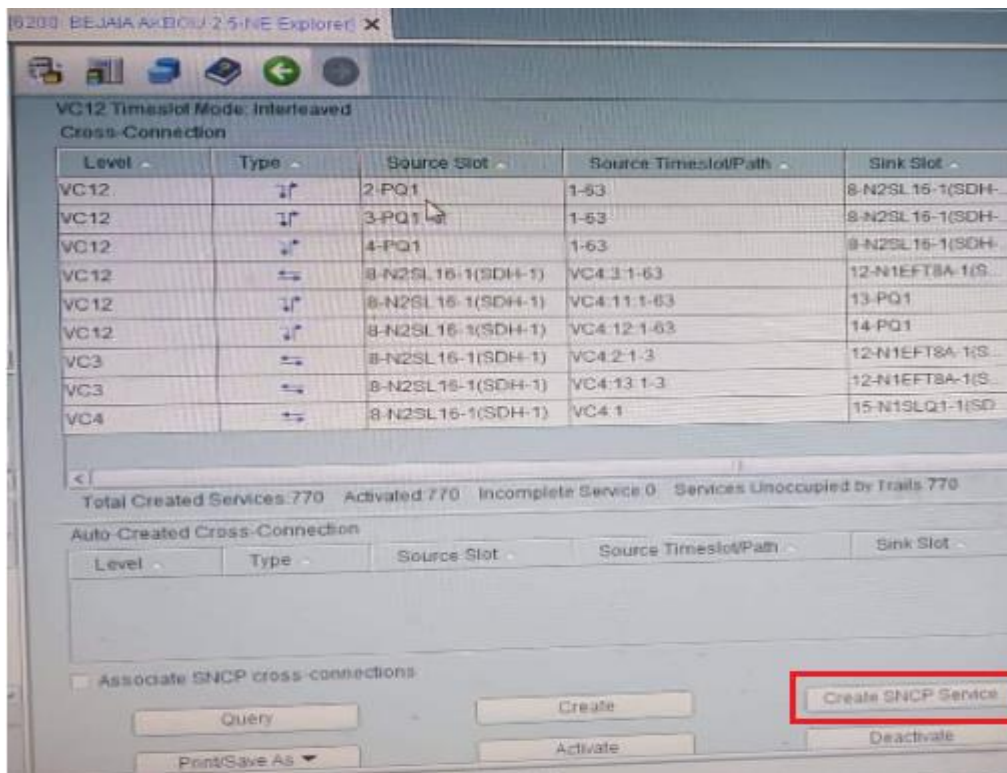


Figure III.13 : Création de la protection SNCP.

Dans cette étape on définit le chemin principal (working source), ainsi que celui de la protection (protection service) pour faciliter le basculement.

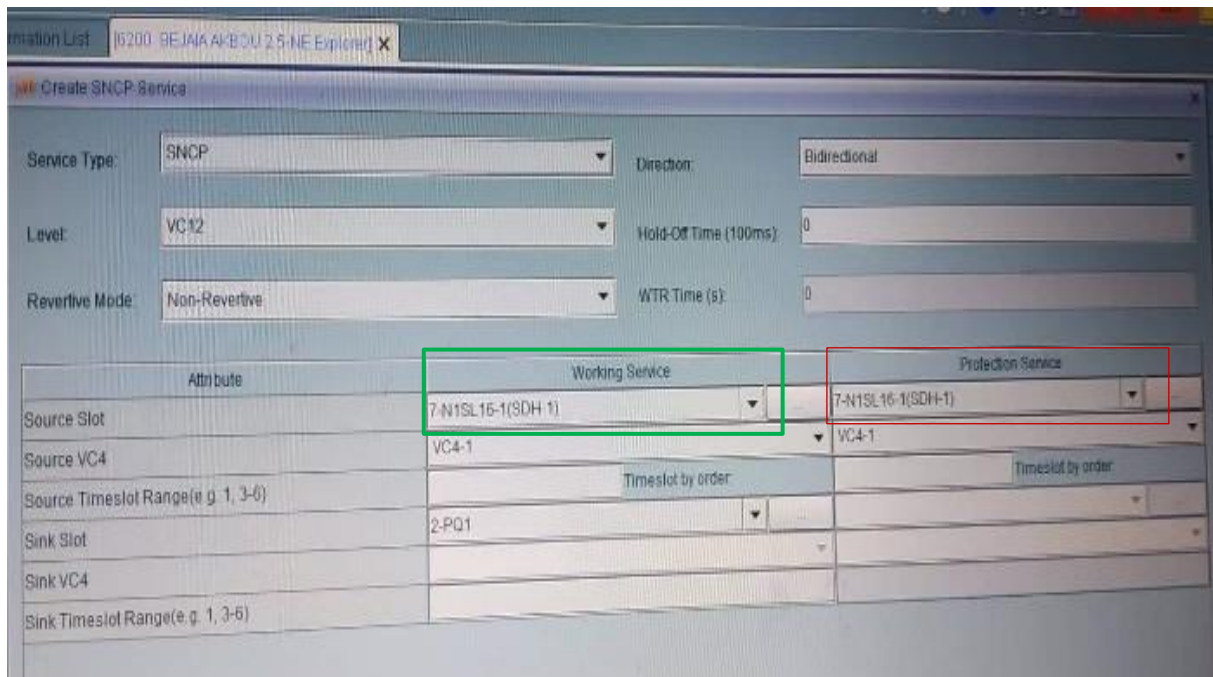


Figure III.14 : Affectation des chemins du SNCP.

On va associer les chemins avec les cartes de ligne (source slot) comme suite :

- Chemin principal : slot 7, carte N1SL16
- Chemin de protection : slot 11, carte NSL16.

III.9 Simulation de la liaison sous Comsis

Dans cette partie, on va tester l'efficacité de la transmission de notre liaison, dans laquelle

On va mesurer le facteur de qualité, rapport signal sur bruit (SNR) et une visualisation du diagramme de l'œil.

- **Rapport signal sur bruit (SNR)**

Le rapport signal sur bruit (Signal-to-Noise Ratio) mesure la quantité de bruit contenue dans le signal. Il s'exprime par le rapport des puissances du signal (P_S) et du bruit (P_N). Il est souvent donné en dB. [4]

$$(S/N) = 10 \log(P_S/P_N)$$

- **Facteur de qualité**

Le signal mesuré à l'entrée du canal de l'oscilloscope contient une contribution due au signal utile ainsi qu'un apport en bruit dû à l'ensemble des éléments de la chaîne de transmission. Dans le diagramme de l'œil qui retrace le signal mesuré, le signal utile est représenté par les niveaux moyens μ_1 et μ_0 . Le bruit représente les déviations des puissances optiques autour de ces niveaux moyens, il est quantifié en combinant les écarts-types μ_1 et μ_0 . [4]

On définit donc le facteur Q à partir de relevé du diagramme de l'œil par :

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\delta_1 - \delta_0}$$

- **Diagramme de l'œil**

La façon la plus « visuelle » de juger la qualité d'un signal est d'observer le diagramme de l'œil, qui représente la superposition synchrone de tous les symboles binaires de la séquence transmise. Plus le facteur de qualité est faible et ainsi plus la détection du signal sans erreur est difficile. Le diagramme de l'œil est donc un excellent moyen visuel de juger de la qualité du signal dans la limite de la réponse de la photodiode et de l'oscilloscope utilisé. [4]

III.9.1 Chaîne de transmission

Cette, simulation consiste à transmettre un signal depuis le CA de Bejaia vers le CA d'Akbou avec un débit de 2.357 Gb/s. à travers une fibre monomode de type G652 de longueur de 71 Km, le signal sera amplifié et filtré pour le restituer finalement.

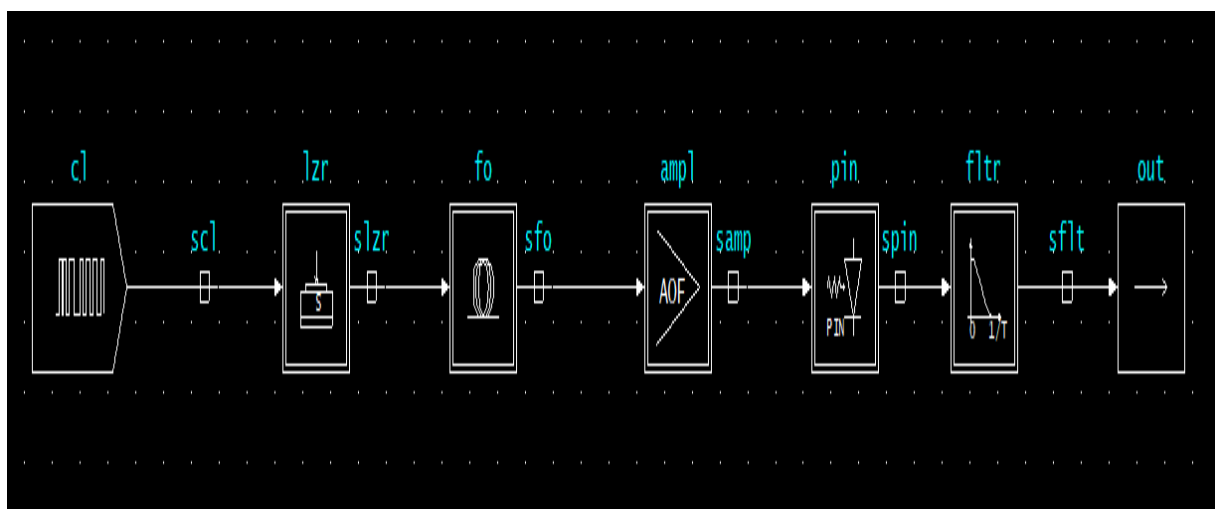


Figure III.15 : Chaîne de transmission.

On visualise le signal d'entrée qui est généré par notre séquence binaire aléatoire de puissance $P(c1) = -16.726$ dBm.

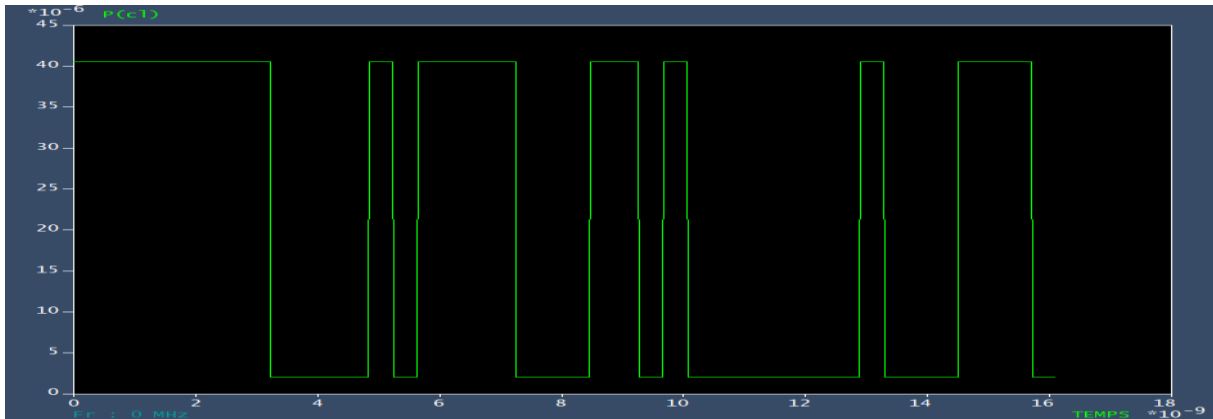


Figure III.16 : Signal émis de CA Bejaia.

Le signal d'entrée va changer de grandeur en un signal lumineux par sa transduction à l'aide de la diode laser, de puissance $P(slzr) = 13.383$ dBm.

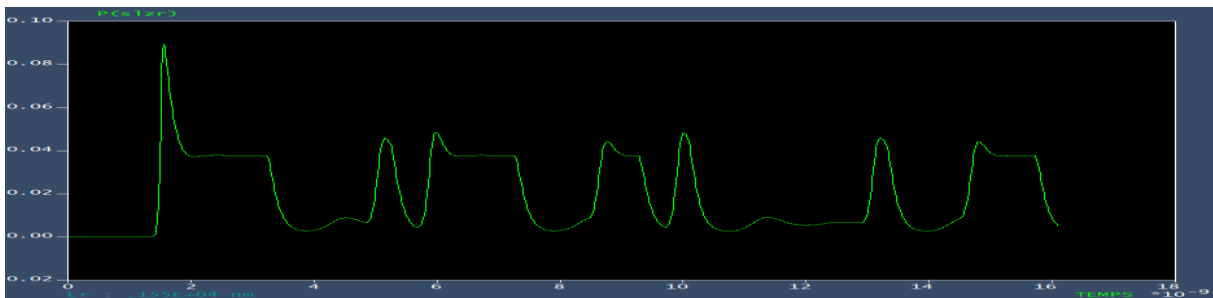


Figure III.17 : Signal de la sortie du laser.

Le signal émis par la diode laser sera transporté par la fibre optique, qui est identique au signal la diode, $P(sfo) = -1.016$ dBm.

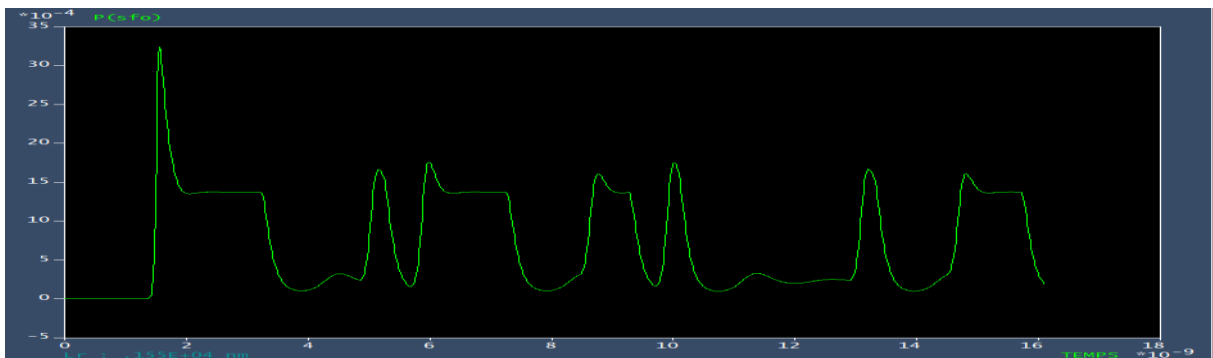


Figure III.18 : Signal à la sortie de fibre.

A la réception en aura un signal amplifié, mais cette fois ci avec une transduction inverse vers un signal électrique, de puissance, de puissance $P(sflt) = -21.709$ dBm.

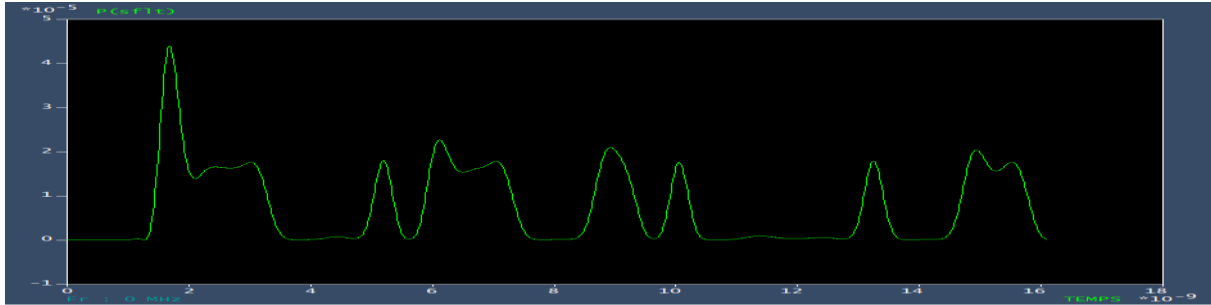


Figure III.19 : Signal à la sortie réception.

On observe une apparence légère atténuation à la sortie de cette chaine, ce qui donne une puissance du signal presque identique à celle de l'entrée, cela est due à l'amplification du signal.

III.9.2 Résultats de simulation

- Diagramme de l'œil

Dans ce système, on observe une bonne ouverture de l'œil, ce que représente la superposition synchrone de tous les symboles binaires de la séquence transmise.

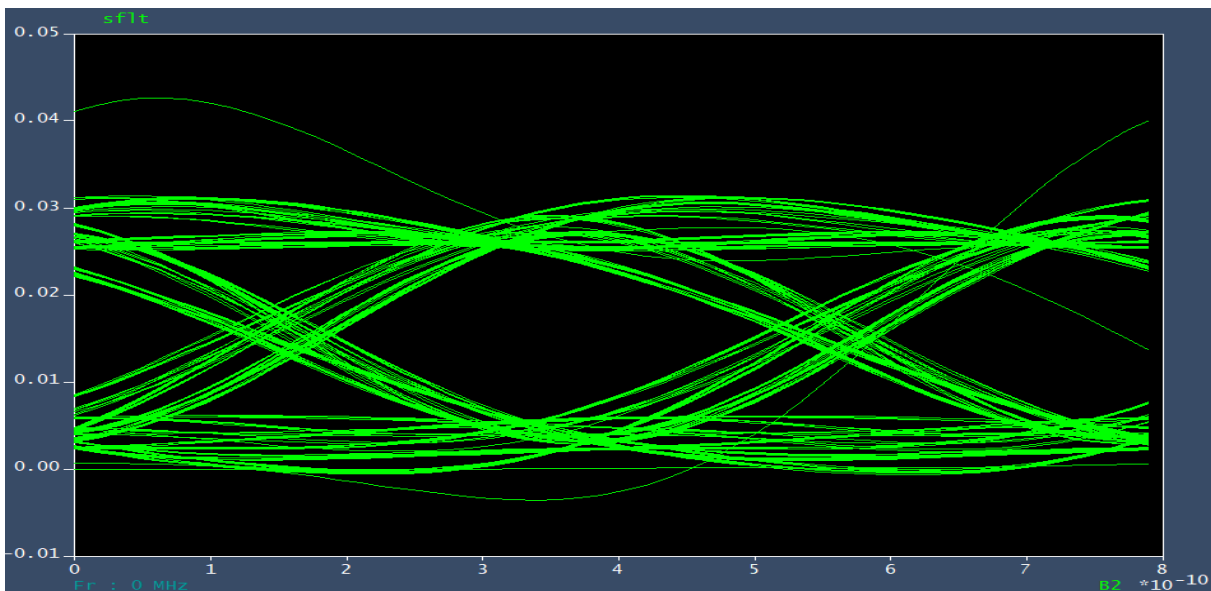


Figure III.20: Diagramme de l'œil de la liaison.

- Rapport SNR = 55.87 dB
- Facteur Q = 5.19

III.10 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons réalisé une simulation pour le réseau de transport optique qui relie Bejaia à Akbou à base de l'équipement HUAWEI OSN 3500. Dans cette simulation nous avons présenté les étapes de la configuration en commençant par l'architecture du réseau simulé, créations des sites NEs, avec les différents cross connexion et le paramétrage des services offerts (SONET, SDH, FE, GE).

Ensuite, nous avons montré les étapes de la configuration d'une protection de type SNCP dans un réseau SDH. À travers cette simulation, nous avons essayé de reproduire un réseau similaire et fonctionnel à celui d'Algérie télécom.

Finalement, on a simulé l'efficacité de la transmission de notre liaison sous le logiciel Comsis, dont on a constaté la similarité entre le signal émis et le signal restitué comme la confirmé le diagramme de l'œil.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Le développement des communications optiques a permis aux réseaux de télécommunication une extrême exploitation de la bande passante, ce qui a ouvert les portes aux apparitions de nouvelles technologies qui cherchent l'amélioration et la conception de nouveaux équipements, pour la transmission et le traitement du signal optique.

L'accès aux hauts débits est de plus en plus demandé au support de transmission et en particulier la fibre optique. Des études sont faites pour le développement de la fibre optique qui permettent d'avoir le minimum de perte.

Son développement nécessite une maîtrise des aspects théoriques d'un côté et des méthodes de configurations d'un autre côté. En revanche, les méthodes de configurations peuvent être affectées aux équipements, après avoir finalisé leurs installations et leurs mises en œuvre pour l'exploitation de ses services. La technologie SDH/SONET est la solution de transport la plus déployée jusqu'à aujourd'hui dans de nombreux réseaux d'opérateurs à grandes capacités.

Dans ce travail, nous avons présenté les composants d'une liaison optique, ensuite la description des technologies de transmission SDH/SONET.

Ceci nous a permis de mieux comprendre l'évolution des nouvelles technologies de transport optique avec ses configurations précises, dont nous avons pu ainsi configurer avec succès ces liaisons, à travers le gestionnaire réseau U 2000 de HUAWEI qui est exploité à Algérie Telecom.

Comme perspective d'avenir, on peut distinguer éventuellement une nouvelle technologie appelé « Wevelength Division Multeptexing (WDM) », une technologie qui repose sur la technique de multiplexage par répartition de longueur d'onde.

Le fait que cette technique exploite pleinement la bande passante, cela augmente la capacité de transmission de la fibre optique, elle offre des débits peut atteindre jusqu'aux 100 Gb/s.

Bibliographie

Bibliographie

Référence

- [1] DUPRET. A, FISCHER, cours de Télécommunications, Dpt Génie Télécom et Réseau-IUT de Villetaneuse université de Paris XIII, Paris.
- [2] BEAUQUIER. B ; 2000 – « Communication dans les réseaux optiques par multiplexage en longueurs d’onde » Es Sc. Informatique. Thèse de doctorat de NICE –SOPHIA ANTIPOLIS.
- [3] LAURENT. J ; 2004 – «Communication optique à très haut débits ». Examen Probatoire. Département STIC. Centre de Paris.
- [4] MERZOUK. K; 2008 - « Etude d’un système bas cout de transmission optique par Multiplexage temporel ». Thèse de doctorat Optique, Optoélectronique et Microondes. Institut Polytechnique de Grenoble.
- [5] BOUZIDI TANI. A ; 2013 – « Effet de l’espacement inter-canal et du débit binaire sur une liaison WDM» Mémoire master de l’université de Tlemcen.
- [6] VERNEUIL. J – L ; 2003 - « Simulation de system par fibre optique à 40Gbit/s », Telecom. Hautes Fréquences et optiques. Thèse de doctorat de l’université de Limoges.
- [8] OUMNAD.A, 'Réseau Téléphonique Commuté', <http://www.oumnad.123.fr/RTCP.pdf>
- [9] SERVIN. C, 'Réseau et Télécom', édition DUNOD, Paris, 2003.
- [13] HELVOORT. H, John Wiley & Sons, 'Next Génération SDH/SONET'.
- [15] BERAKETI.S, 'Ingénierie des Réseaux Optiques SDH et WDM et Etude Multicouche IP/MPLS sur OTN sur DWDM', thèse Doctorat de l’université TOULOUSE, 2015.
- [16] CHRISTMANN.B, 'Synchronous Data Heirarchy AFD technologies'.
- [18] HedEX lite HUAWEI (documentation interne)

Bibliographie

Webographie

- [7] GAUTIER.J-P, 'Les réseaux optique' ; <http://docplayer.fr/3150780-Evolution-de-l'infrastructure-transport.html>.
- [10] KESTELOOT.I, RZETELNY. S, JULLIEN. E, 'Nouvelles Technologies Réseaux : SDH (Synchronous Digital Hierarchy)', <http://igm.univ-mlv.fr/~duris/NTREZO/20022003/SDH.pdf>
- [11] LAUNY.F, 'transport de données : PDH, SDH, WDM', https://www.lias-lab.fr/perso/fredericlaunay/Cours/TR3/Cours%20PDH_SDH.pdf, Poitiers, 2012.
- [12] ADAMUS. O, COPIN. J, PANETTA.E, 'Nouvelles technologies réseaux SONET / WDM', <http://igm.univ-mlv.fr/~duris/NTREZO/20032004/Adamus-Copin-Panetta-Sonet-WDM.pdf>
- [14] <https://www.abcelectronique.com/annuaire/cours/cache/1561/hierarchie-digitale-synchrone-sdh.pdf>, 2003
- [17] <https://www.algeriatelecom.dz/fr/page/presentation-du-groupe-p2>. Consulté 30/06/2019.

Résumé

Les réseaux de transport optiques constituent aujourd'hui l'infrastructure de base des systèmes de communications modernes, la capacité de ces réseaux pour le transport de l'information évolue à un rythme prompt suit à l'accroissement de la demande de nouveaux services exploitant la totalité de la bande passante.

La technologie SONET/SDH a introduit le multiplexage temporel, qui permet d'accroître la capacité des lignes de transmission existante au paravent. Cette technologie permet de transport des signaux numérique transmis avec des débits variables, à partir de STM1 /STS1 on prévoit La construction des trames de niveau et des débits supérieurs (STM-n).

Notre étude se compose de trois parties, dans le premier nous avons étudiés la liaison optique et l'évolution de réseau de transport, le seconde est consacré sur la technologie SONET/SDH tels que multiplexage, leur structure et les éléments de la trame, le dernier est la mise en pratique de réseau SDH avec l'équipement HUAWEI Technologie.

Mots clés : réseau optique, SONET, SDH, STM, STS, multiplexage, fibre optique, POH.

Abstract

Optical transport networks are nowadays the basic infrastructure of modern communications systems, the capacity of these networks for information transport is evolving at a rapid pace following the increasing demand for news services exploiting the all of bandwidth.

SONET / SDH technology has introduced time division multiplexing, which increases the capacity of existing transmission lines to the front. This technology makes it possible to carry digital signals transmitted with variable bit rates, from STM1 / STS1. The construction of level frames and higher flows (STM-n).

Our study consists of three parts, in the first we studied the optical link and the evolution of transport network, the second is dedicated on the SONET / SDH technology such as multiplexing, their structure and the elements of the frame, the last is the implementation of SDH network with HUAWEI Technology equipment.

Key words : optical network, SONET, SDH, STM, STS, multiplexing, optic fiber, POH.