

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد حليب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Master

Filière Électronique

Spécialité Réseau et Télécommunications

présenté par

Bennai Romaiassa

Thème

Augmentation de la capacité du réseau de transport optique en utilisant la nouvelle génération WDM (NG-WDM)

Proposé par : Mr BENSEBTI

Année Universitaire 2020-2021

Dédicaces

*C'est grâce à Dieu le tout puissant, qui m'a donné la force et la volonté
que j'ai pu achever ce modeste travail.*

Je dédie ce modeste travail :

*A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation,
A mon cher père & A ma chère mère, à qui je souhaite une longue vie.*

Qui m'a appris le sens de la vie à mon symbole de foi et de

Courage

A mes chers frères et sœurs

À toute ma famille sans exception.

A qui je pense toujours et prier pour

moi.

À tous mes chers amis

A toute personne m'ayant aidé de près ou de loin.

Romaissa

Remerciement

Louange à notre créateur qui m'a incité à acquérir le savoir. C'est à lui que j'adresse toute ma gratitude en premier lieu.

Mes vifs remerciements vont à :

*Mon encadreur Monsieur **BENSEBTI MESSAOUD***

Vous avez bien voulu me confier ce travail riche d'intérêt et me guider à chaque étape de sa réalisation.

Vous m'avez toujours réservé le meilleur accueil, malgré vos

Obligations professionnelles.

Mes vifs remerciements aussi vont à :

*Monsieur **Y.GHOZAILI**, Directeur chez MOBILIS et à*

toute son équipe pour toute l'aide fournie ;

*Ainsi que Monsieur **M. ZIDANE**, Ingénieur chez Algérie Telecom pour son aide, ses orientations et ses riches conseils.*

Que toutes ces personnes, veuillent trouver ici l'expression de ma respectueuse considération et ma profonde admiration.

Un grand merci

Aussi que toute l'équipe d'**Algérie Telecom de Chlef**

Je tiens également à remercier tous les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail.

Résumé

Le monde assiste à un développement rapide et compétitif des réseaux de fibre optique où les différentes sociétés tentent de créer un système intelligent pour connecter les réseaux. La technologie NGWDM vient pour faire face à l'augmentation de la demande et à préparer une solution fiable et durable. Ce travail explique en un premier lieu la communication optique et les différents équipements utilisés. A la fin nous proposons et les différentes étapes de création du réseau NG-WDM proposé en Algérie Télécom.

Mots clés: NG-WDM , WDM , OTN , U2000

Abstract

The world is witnessing a rapid and competitive development of fiber optic networks where different companies are trying to create a smart system to connect networks. NGWDM technology comes to cope with the increase in demand and to prepare a reliable and sustainable solution. This work will explain in a first place the optical communication and the different equipment used. In the end, we will propose and the different stages of creation of the NG-WDM network proposed in Algeria Telecom.

Key word: NG-WDM , WDM , OTN , U2000

ملخص

يشهد العالم تطورا سريعا وتنافسا في مجال الألياف البصرية, حيث تحاول شركات مختلفة إنشاء نظام ذكي لربط الشبكات. الهدف من التكنولوجيا الحديثة في مجال الألياف البصرية هو تلبية الطلب المتزايد و تقديم حلول فعالة و مستدامة أوضح العمل في البدء الاتصالات البصرية, ثم تركز على خصائص التكنولوجيا الحديثة في مجال الألياف البصرية و مختلف المعدات المستخدمة, في النهاية نطلع الحل المقترح ومختلف مراحل إنشاء شبكة الربط بالألياف البصرية في شركة اتصالات الجزائر

الكلمات المفتاحية: NG-WDM, WDM , OTN , U2000

Introduction général 1

CHAPITRE I : Réseaux de Transport Optique WDM

I.1 Introduction..... 2

I.2 Historique 2

I.3 Architecture d'un réseau optique de transport..... 3

 I.3.1 Présentation 3

 I.3.2 Composants constituant une liaison WDM..... 3

 I.3.2.1 Bloc d'émission 3

 I.3.2.2 Bloc de réception 6

I.4 Système multiplexage en longueur d'onde WDM..... 7

 I.4.1 Présentation 7

 I.4.2 Principe de la WDM 8

 I.4.3 Application 9

 I.4.4 Structure du système 9

I.5 Modes de transmission de WDM..... 10

 I.5.1 Transmission unidirectionnel 10

 I.5.2 Transmission bidirectionnel 11

I.6 Types de WDM 11

 I.6.1 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) 12

 I.6.2 U-DWDM (Ultra-Dense Wavelength Division Multiplexing) 13

 I.6.3 CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) 13

I.7 CWDM et DWDM 13

I.8 Avantage de WDM..... 14

I.9 Conclusion 15

CHAPITRE II : Réseaux Optiques WDM de Nouvelle Génération (NG WDM)

II.1 Introduction..... 16

II.2 Système de NG-WDM	16
II.3 Description de l'équipement utilise	17
II.3. 1 Type de service	18
II.4 Description des cartes	18
II.4.1 Carte interface fibre FIU (FIBER INTERFACE UNIT).....	18
II.4.2 Carte trybytery TQX.....	19
II.4.3 Demeltublexour D40/D40 V.....	20
II.4.4 Meltupluxeur M40/M40V	21
II.4.5 Carte de ligne NQ2.....	21
II.4.6 Carte superviseSC2 (BIDIRECTIONAL OPTICAL SUPERVISORY CHANNEL)	21
II.4.7 Carte tributaire TOG	22
II.4.8 Carte amplificateur OAU 101 (OPTICAL AMPLIFIER UNIT).....	22
II.4.9 Carte amplificateur OBU 103 (OPTICAL BOOSTER UNIT).....	23
II.5 OTN (OPEN TRANSPORT NETWORK)	24
II.5.1 C'est quoi l'OTN	24
II.5.2 Avantage d'OTN.....	25
II.5.3 Système OTN.....	25
II.5.4 Agrégation de services.....	26
II.5.5 Interface OTN.....	26
II.5.6 Structure en couche de l'architecture OTN.....	27
II.5.7 Hiérarchie OTN	27
II.5.8 Structure de multiplexage OTN	28
II.6 Cross-connexion électrique (ELECTRICAL GROOMING).....	29
II.7 Conclusion.....	30
CHAPITRE III : Simulation d'un Réseau NG-DWD	
III.1 Introduction	31
III.2 Algérie télécom (AT)	31
III.3 Description de l'U2000.....	31

III.4 Présentation de l'architecture du réseau à simuler.....	33
III.5. Configuration et paramétrage du réseau.....	34
III.5.1 III.5.7 Création des NEs	34
III.5.2 Paramétrage des NEs	35
III.5.3 Attribution et configurations des cartes.....	36
III.5.4 Synchronisation des NE'S.....	37
III.5.5 Activation des performances	39
III.5.6 Création de cross-connection entre les NEs.....	39
III.5.7 Protection SNCP	41
III.6 Conclusion.....	43
Conclusion générale.....	44

Liste des Figures et Tableau

Références Bibliographie

Liste des acronymes

Annexes	A
Annexes	B

A

ASON: Automatic Switched Optical Network

AU: Administrative Unit

ATM: Asynchronous Transfer Mode

APD : Avalanche Photo Diode

B

BER : Bit Erreur Ratio

C

CRS: Cyclic Redundancy Check

CWDM: Coarse Wavelength Division Multiplexing

D

DCC: Data Communication Channel

DXC: Digital Cross Connect

DW: Digital Wrapper

DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing

DCM: Dispersion Compensation Module

F

FIU: Fiber Interface Unit

FOADM: Fixed optical add/drop multiplexer

FEC : Forward Error Correction.

I

ID: Identifier

IEEE : Institute of Electrical and Electronic Engineers

ITU : International Telecommunication Union

L

LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

N

NE: Network Element

NG-WDM: New Generation Wavelength
Division Multiplexing

NQ2

- **N :** Line unit (carte de ligne).
- **Q :** 4 ports WDM.
- **2 :** OTU2

O

OA: Optical Amplifier.

OADM: Optical Add Drop Multiplexer

OAU: Optical Amplifier Unit

OBU : Optical Booster Unit

OTN: Open Transport Network

OXC: Optical Cross-Connect

SOT: Optical Transmission Section

OMS : Optical Multiplex Section

Och : Optical Channel

OTUk : Optical Transport Unit

ODUk : Optical Data Unit

OPUk : Optical Payload Unit

OSNR : Optical Signal To Noise Ratio

P

PDH : Plesiochronous Digital Hierarchy

PMD : Polarisation Mode Dispersion

PIN : Positive Intrinsic Negative

R

ROADM: Reconfigurable Optical Add/Drop
Multiplexing unit

S

SDH: Synchronous Digital Hierarchy

SNCP: Sub-Network Protection

SCC: System Control & Communication

SONET: Synchronous Optical Network

STM-n : Synchronous Transport Module
niveau n

SC2: Bidirectional Optical Supervisory
channel

SC1: Unidirectional Optical Supervisory
channel unit

W

WDM: Wavelength Division Multiplexing

T

TDM : Time Division Multiplexing

TQX

- **T :** Tributary unit.
- **Q :** 4 ports client.
- **X :** 10 G.

TOG

- **T :** Tributary Unit.
 - **O :** 8 ports clients.
 - **G :** Service GE
-

U

U WDM: Ultra Wavelength Division
Multiplexing

Liste des Figures et Tableaux

Figure I.1: Architecture d'un réseau optique de transport.	3
Figure I.2: Schéma de principe de la modulation directe.....	4
Figure I.3 : Schéma de principe de la modulation externe.....	4
Figure I.4: Principe de WDM.....	8
Figure I.5 : Schéma de principe de la modulation externe.....	9
Figure I.6: Transmission unidirectionnel.	10
Figure I.7: Transmission bidirectionnel.....	11
Figure I.8: Combinaison CWDM /DWDM	14
Figure II. 1 : Architecture de NG-WDM	16
Figure II. 2 : Structure d'équipement HUAWEI OSN 8800 et le 6800.....	17
Figure II. 3: Principe de fonctionnement de la carte FIU	19
Figure II. 4 : Carte FIU.....	19
Figure II. 5 : Carte TQX (vue de face)	19
Figure II. 6 : Principe de démultiplexage de la carte D40V	20
Figure II. 7: Carte D40v	20
Figure II. 8 : Carte M40V	21
Figure II. 9 : Carte NQ2 (Vue de face).....	21
Figure II. 10 : Carte SC2 (Vue de face).....	21
Figure II. 11: Carte TOG (vue de face)	22
Figure II. 12 : Le principe de fonctionnement de l'OAU	22
Figure II. 13 : Carte OAU101	23
Figure II. 14: Le principe de fonctionnement de l'OBU1	23
Figure II. 15 : Carte OBU	23
Figure II. 16 : Diagramme de l'OTN.....	24
Figure II. 17 : Recommandation UIT-T du système OTN.....	25
Figure II. 18 : Agréation des services dans l'OTN.....	26
Figure II. 19 : Format de la trame OTN.....	26
Figure II. 20 : Entités de transport de la hiérarchie OTH	27
Figure II. 21 : Multiplexage OTN	28
Figure II. 22 : Niveaux de la cross-connexion électrique	29

Figure III. 1 : Interface du l’U2000.....	33
Figure III. 2 : Anneau du réseau NG-DWDM	33
Figure III. 3 : Création des NEs	34
Figure III. 4 : Paramétrage par OSN 8800.....	35
Figure III. 5 : Connexions entre les cartes OTU (couche électrique).....	36
Figure III. 6 : Configuration des cartes de chaque NE	36
Figure III. 7 : La synchronisation des NE’s.....	37
Figure III. 8 : Casier des cartes d’équipement OSN 8800 de CHLEF	38
Figure III. 9 : Casier des cartes d’interconnexion entre Elkhemis et Ain defla OSN 6800	38
Figure III. 10 : L’activation des performances	39
Figure III. 11 : Paramètres de la communication	40
Figure III. 12 : Configuration de création une cross-connection pour l’émission.....	40
Figure III. 13 : Configuration de création une cross-connection pour réception	41
Figure III. 14 : Principe de la protection SNCP	41
Figure III. 15 : Protection SNCP.....	42
Figure III. 16 : Configuration SNCP	42
Tableau I-1: Généralités des systèmes optiques.....	2
Tableau I-2: Différentes caractéristiques des modes WDM.[9].....	12
Tableau I-3: Comparaison entre le CWDM et DWDM.....	14
Tableau II. 1 : Débits de chaque niveau [6].....	18
Tableau II.2 : Les différents types de service.	28
Tableau III- 1: Attribution des numéros aux liaisons et aux cartes.....	34

Introduction générale

ALGERIE TELECOM (AT) déploie un réseau optique backbone NG-WDM. Ce backbone, qui couvre tout le pays dont les wilayas de CHLEF et AIN DEFLA s'appuie sur la plateforme OTN, WDM (Wavelength Division Multiplexing) de Huawei qui permet à AT de migrer des services classiques voix vers des services de nouvelle génération de type données destinés à ses clients.

L'amplitude de la transmission peut être augmentée de 1 TBits/s par chaîne à 2 TBits/s par chaîne. Ainsi, AT pourra fournir à ses clients des services rapides et de nouvelle génération telles que : la 4G mobile, la TV sur IP ou la TV Haute Définition.

Ce projet de fin d'études s'inscrit dans le cadre de l'augmentation de la capacité du système NG-WDM. En effet, AT lance un projet d'extension de ce système vers des zones enclavées. Ce qui permettra d'offrir un débit plus important avec une qualité de service meilleure. L'une des zones concernées par cette extension est El KHEMIS et ses environs.

Dans ce mémoire, nous proposons une architecture pour assurer un débit suffisant pour desservir la ville d'El-KHEMIS et ses environs. Puis, nous étudions la faisabilité de cette extension, par des travaux de simulations dont les procédures de l'installation des équipements NG-WDM seront présentés dans le chapitre III.

Notre mémoire est organisé en trois chapitres répartis comme suit:

Dans le premier chapitre, nous étudions un réseau WDM en général et ses principaux constituants ainsi le principe et les différents types de la technique WDM.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude du système de transport optique NG-WDM déployé par AT : équipements, et cartes.

Dans le dernier chapitre, nous présentons l'architecture que nous proposons pour le projet d'AT, et la procédure d'extension.

I.1 Introduction

Le système optique est un système dans lequel les informations sont codées numériquement et modulées optiquement. Cette information est transmise à travers une fibre optique, la propagation de la lumière est régie par des lois linéaires. Dans le récepteur, le signal optique transmis par la fibre optique est converti en un signal électrique et restitué au monde numérique (réception) reproduisant ainsi les informations initiales. Ce système est l'un des systèmes de communication capables de fournir une large bande, la réalisation de la transmission à grande vitesse, et de transmettre de gros volumes d'informations de haute qualité.

I.2 Historique

Les systèmes de fibre optique (F.O) ont connu plusieurs générations d'évolutions. Le tableau I.1 présente les caractéristiques de chaque génération:

	1^{ère} génération (1975-1978)	2^{ème} génération (1978-1983)	3^{ème} génération (1983-1989)	4^{ème} génération (1989-2005)
Composants	-F.O multimode -Laser à 0,9 μ m	-F.O monomode - Laser à 1,3 μ m -Amplificateur de ligne électronique	-F.O à dispersion décalée -Laser à 1,5 μ m	-F.O à dispersion décalée -Laser à 1,5 μ m -Amplificateur optique -WDM
Débit	quelques Gbit/s	100Gb/s	500 Gbit/s	100 Tbit/s
Portée	Courtes distances ou en réseau local.	Longues distances (liaison de transport)	très longues (sous-marines)	très longues
Coût de la liaison	peu coûteuses	coûteuses	Très coûteuses	Très très coûteuses
Limitations	dispersion modale	Dispersion chromatique	-Polarization mode dispersion (PMD) -Distorsions	-Polarization mode dispersion(PMD) -Distorsions

Tableau I-1:Génération des systèmes optiques

I.3 Architecture d'un réseau optique de transport

I.3.1 Présentation

Un réseau de transport optique WDM (voir figure I.1) est composé essentiellement de trois blocs fondamentaux (liaison unidirectionnelle) : un bloc d'émission, un bloc de fibre optique et un bloc de réception.

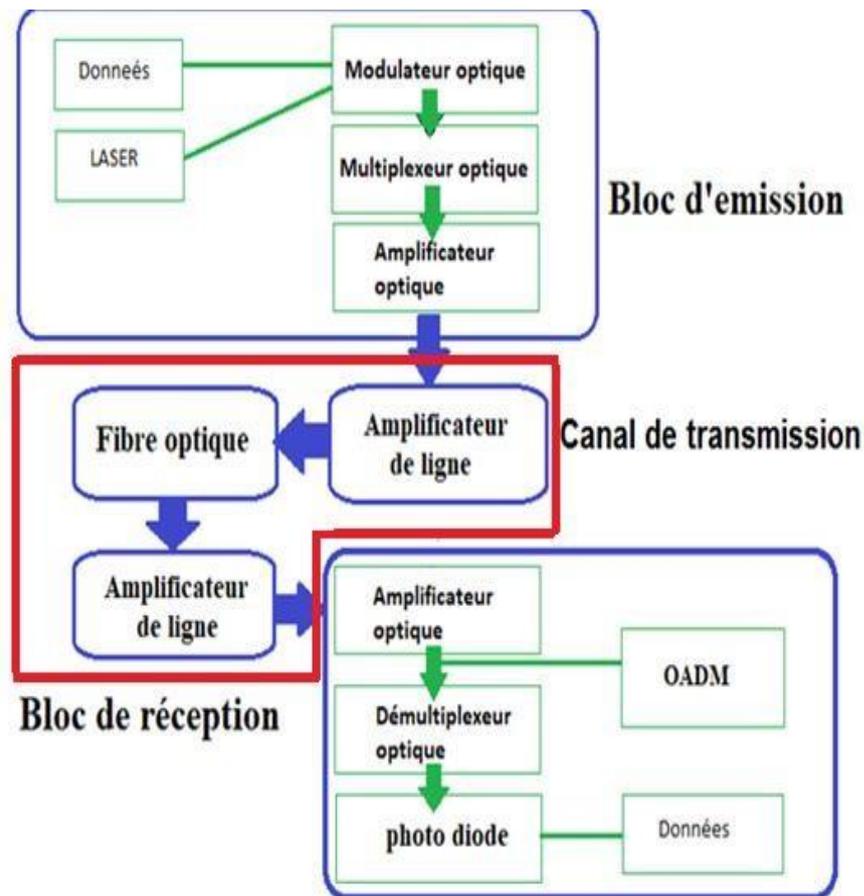


Figure I. 1: Architecture d'un réseau optique de transport.

I.3.2 Composants constituant une liaison WDM

I.3.2.1 Bloc d'émission

- Modulateur optique

Le modulateur optique permet de moduler le signal électrique en lumière. On distingue deux types de modulateurs

a. Modulateur directe (interne)

Le modulateur direct est au fait un LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Ce composant consiste à moduler directement l'intensité du signal électrique en optique voire figure I.2.

La modulation directe est connue par sa simplicité et son faible coût de sa mise en œuvre, en revanche elle est utilisée que pour des débits inférieur ou égal à 10 Gbit/s, en raison de la bande passante limitée du LASER.

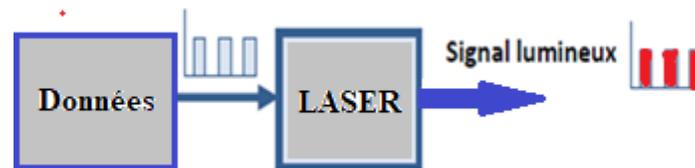


Figure I. 2:Schéma de principe de la modulation directe

b. Modulation indirecte (externe)

Un modulateur externe est un composant qui consiste à moduler l'intensité ou la phase de la source lumineuse (le LASER) depuis l'extérieur voir la figure I.3, Le LASER reste allumé tandis que le modulateur externe régulé par les informations transmises. L'inconvénient est qu'il coute plus cher [9].

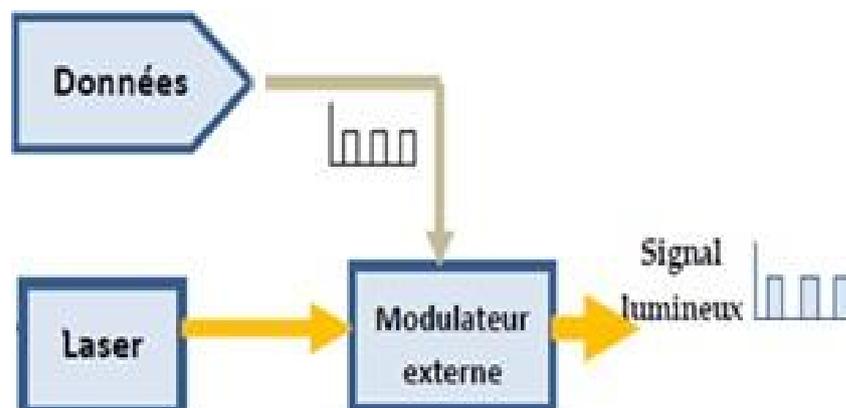


Figure I. 3.Schéma de principe de la modulation externe.

- Multiplexeur optique

Un multiplexeur optique groupe les voies de longueurs d'onde différentes, il s'agit de multiplexeur de longueur d'onde WDM. Nous étudions le principe de cette technologie dans la section suivante.

- Amplificateur optique

Le signal lumineux atténué est amplifié par un amplificateur optique. Ce qui a permis d'allonger la distance de transmission et d'atteindre 500 Km.

Les amplificateurs optiques peuvent être classés dans les catégories suivant :

- ✓ Leurs matériaux de construction comprennent des amplificateurs à semi-conducteurs dopées à la fibre.
- ✓ Leur positionnement dans le réseau (émission, ligne, réception) : Booster, amplificateur de ligne, ou préamplificateur.

Actuellement, le développement et l'utilisation des amplificateurs RAMAN (semi-conducteur) a permis d'accroître les liaisons de transmission à des longueurs de 3000 Km

- Fibre optique

La fibre optique est un guide d'onde cylindrique qui conduit la lumière entre deux points distants. Il existe deux types de fibre optique :

. Fibre monomode :

Le diamètre du cœur est si fins, d'environ 10 μ m, que les rayons lumineux suivent un seul chemin, et se propagent en ligne droite pratiquement. Seul inconvénients, le petit diamètre du cœur exige une puissance d'émission élevée, comme des diodes au laser qui sont relativement chères. Pour cette raison les fibres monomodes sont aujourd'hui essentiellement utilisées pour les sites à grande distance.

. Fibres multimodes

Les fibres multimodes ont un cœur de diamètre important, variant de 50 à 200 μ m, Ceci empêche la bonne direction du rayon lumineux dans la fibre optique et entraîne plusieurs problèmes. Les fibres multimodes furent les premières fabriquées et elles ne sont actuellement utilisées que pour de courtes distances (une centaine de mètres).

Monomode et la multimode. Il faut rappeler que la fibre monomode est utilisée car le système de transport WDM ne fonctionne qu'avec elle.

La fibre monomode véhicule seulement le mode fondamental d'où l'intérêt de diminuer la dispersion modale propre à la fibre multimodale, et par conséquent, augmenter la distance de transmission. En effet, au fur et à mesure que la longueur du signal augmente, ce phénomène provoque un décalage du spectre du signal. L'avantage de la fibre optique monomodale est qu'elle possède une large bande passante

La fibre optique monomodale est avantageusement connue par son importante bande passante et son faible affaiblissement avec maximum de 0,2 dB/Km ou 0,15 dB/Km [1]. Cependant, il existe un certain nombre d'autres phénomènes qui leur sont propres qui affectent la qualité de la transmission tel que :

- Effets linéaires

- Dispersion chromatique : Elle est définie comme la dérivée du temps de propagation d'un signal quasi-monochromatique sur une unité de longueur en fonction de la longueur d'onde
- PMD (Polarisation Mode Dispersion) : les imperfections de fabrication. Par conséquent, le cœur central peut alors présenter une légère ovalisation qui va entraîner des contraintes radiales différentielles engendrant ce qu'on appelle une biréfringence.
- L'atténuation : le phénomène de diffusion qui provoque un changement dans la direction de l'onde

I.3.2.2 Bloc de réception

- Démultiplexeur optique

Il est utilisé pour séparer les voies de longueurs d'onde différentes groupées par le multiplexeur WDM.

- Photodiode

La photodiode est un dispositif qui convertit le signal optique en signal électrique. Il existe deux types de photodiodes : la photodiode PIN et la photodiode avalanche. La photodiode avalanche présente une meilleure sensibilité et est utilisée pour les longues distances à savoir les réseaux de transport [8]

- OADM (Optical Add Drop Multiplexer)

Les multiplexeurs d'insertion et d'extraction sont deux types de multiplexeurs. Les OADM sont des dispositifs optiques qui permettant d'effectuer les opérations d'insertion et d'extraction sur différentes longueurs d'onde en fibre optique entre l'émetteur et le récepteur.

Il existe deux types d'OADM : FOADM et ROADM. Nous intéressons à la FOADM car c'est le protocole WDM le plus largement utilisé.

Le FOADM se retrouve au niveau des petits nœuds, comme dans la boucle (CHLEF, AIN DAFLE, KHEMIS).

FOADM est divisé en deux types : OADM parallèle et OADM série, le premier type « OADM parallèle » est le plus utilisé et d'ailleurs le seul disponible sur le réseau Algérien. Ce mode se distingue par sa flexibilité, comparé à la statique qui, lui, utilise une carte pour réaliser la conversion de longueur d'onde. En effet, il peut ajouter ou supprimer des canaux via le D40 (démultiplexeur), et permet la régénération ou simple passage d'autres. Quand on a besoin de plus de 32 canaux d'ajout/suppression en une seule station, cet OADM est utilisé car il peut s'élever jusqu'à 160 canaux, selon le besoin [9]

I.4 Système multiplexage en longueur d'onde WDM

I.4.1 Présentation

La méthode de multiplexage par division de longueur, Développé dans les années 1980 et commercialisée au milieu des l'année 1990, est la technique la plus récente utilisée dans la transmission d'informations sur fibres optiques.

I.4.2 Principe de la WDM

La technologie WDM (Wavelength Division Multiplexing) met en œuvre un multiplexage de longueurs d'onde. L'idée est d'injecter simultanément dans une fibre optique plusieurs trains de signaux numériques sur des longueurs d'ondes distinctes. Le WDM consiste à diviser le spectre optique en plusieurs sous canaux, chaque sous-canal étant associé à une longueur d'onde [2].

La fibre optique se prête bien à ce type d'usage car sa bande passante est très élevée : de l'ordre de 25 000 GHz. Elle présente donc un fort potentiel au multiplexage de très nombreux canaux sur de longues distances .

L'utilisation du multiplexage WDM nécessite un ensemble de diodes LASER de longueurs d'onde différentes mais à proximité immédiate (environ des 1550 nm) , ainsi qu'un multiplexeur/démultiplexeur optique pour combiner/séparer l'ensemble des signaux optiques

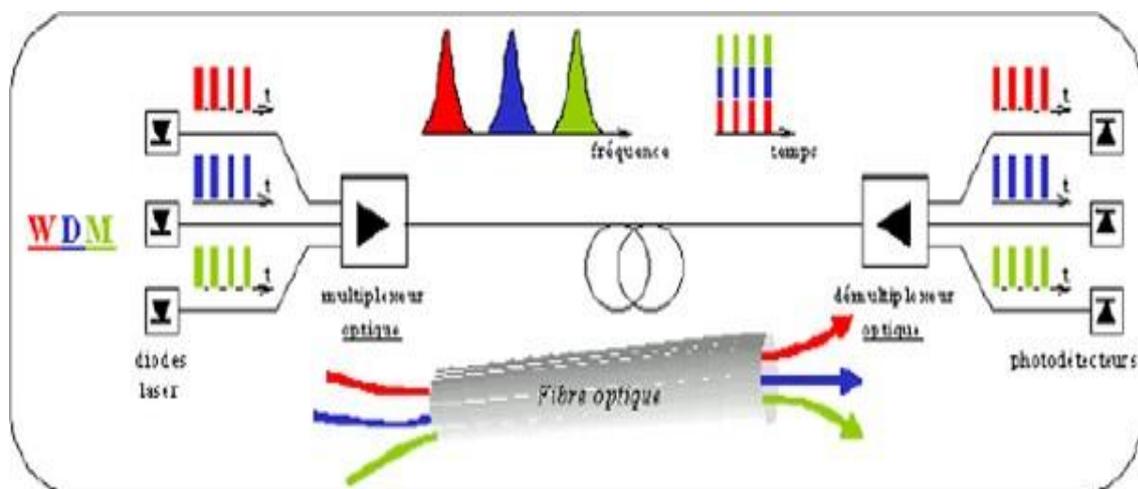


Figure I. 4:Principe de WDM

La WDM est dite DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) quand l'espacement utilisé est égal ou inférieur à 0,8 nm, ou plus de 16 canaux sont utilisés. Un système à 16 canaux 2.5Gbits/s, soit 40Gbit/s, achemine 5.105 conversations téléphoniques. On s'attendra à un accroissement du débit offert sur chaque canal pouvant vite atteindre 10Gbit/s [2]

I.4.3 Application

L'objectif principal du WDM est de permettre la transmission des grandes quantités de données. Une mine d'informations vitales sur une même fibre, destinées à plusieurs personnes. Aujourd'hui, des systèmes à $4 * 10$ Gbits/s, $16 * 10$ Gbits/s sont disponibles dans HUAWEI, des systèmes à 40 Gbits/s par longueur de câble seront montés. Cependant, le véritable début du développement des systèmes de transmission WDM s'est produit lorsqu'il était lié à l'amplification optique.

En fait, l'introduction des amplificateurs à fibre dopée à l'Erbium (EDFA) a permis l'amplification simultanée de l'ensemble des N canaux d'un multiplex, l'envoi de N canaux dans une fibre optique plutôt que N fibres entraînerait une distorsion un avantage économique indiscutable. oui, il fut un temps où l'espacement entre les canaux était de l'ordre de 1nm, le terme de DWDM (Dense WDM) est maintenant utilisé. En effet, avec l'introduction de lasers de haute qualité sur la marche, l'espacement entre les longueurs d'onde a été considérablement réduit, et est descendu à 0,8 nm ou 0,4 nm.

Une seconde application du WDM concerne les réseaux locaux. Chaque abonné se voit alors attribuer une longueur d'onde, ou "couleur". Cette méthode présente l'avantage de permettre de modifier le contenu du réseau en ajoutant de nouveaux services ou en supprimant simplement en insérant une nouvelle longueur d'onde.

I.4.4 Structure du système

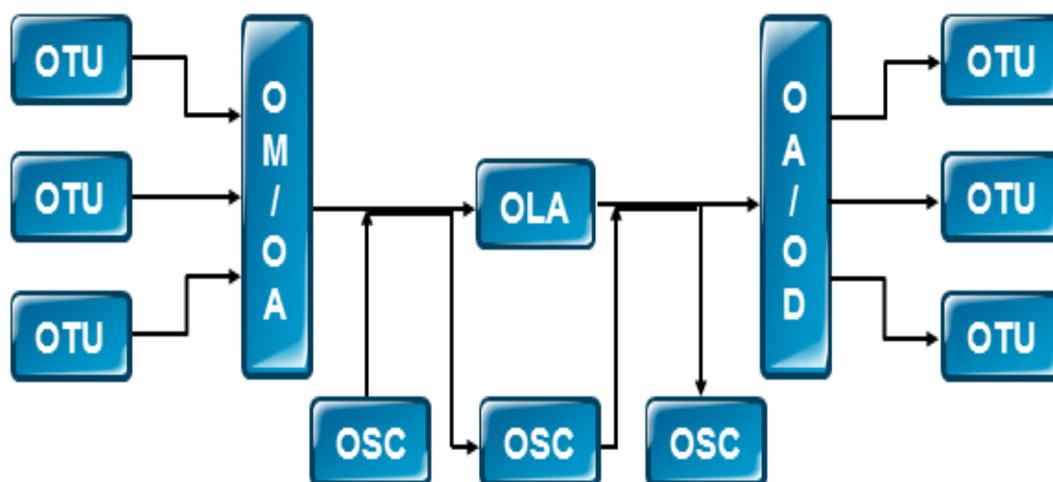


Figure I. 5: Structure du système WDM.

- OTU (Optical Transponder Unit) : La réception des services clients et les convertir en un signal WDM normalisé.
- OM (Optical Multiplexer): multiplexeur des services de différente longueur d'onde.
- ODU (Optical De-multiplexer Unit): Démultiplexeur des services.
- OA (Optical Amplifier): Amplificateur optique.
- OLA: Amplificateur de ligne.
- OSC (opticalSupervisory Channel): Canal de supervision optique.
- ESC (electricalSupervisory Channel): Canal de supervision électrique.

I.5 Modes de transmission de WDM

I.5.1 Transmission unidirectionnel

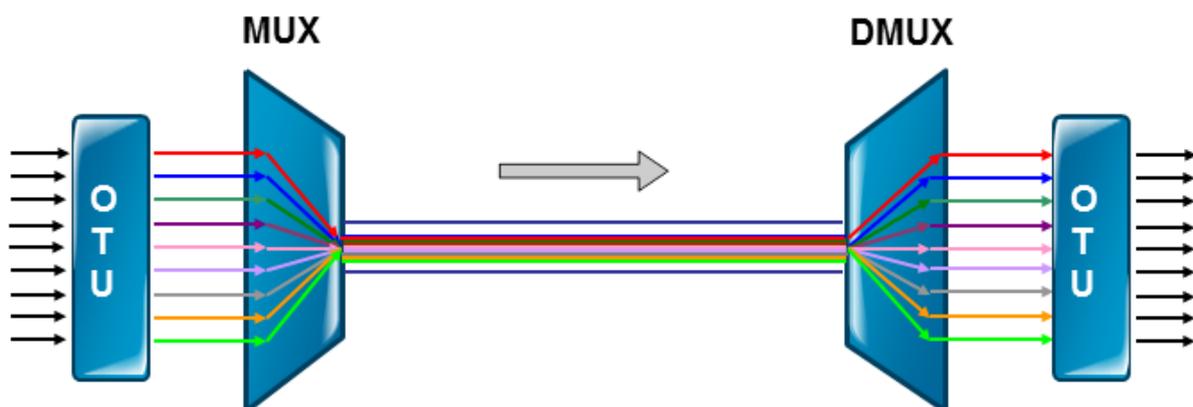


Figure I. 6: Transmission unidirectionnel.

- Le système WDM unidirectionnelle adopte deux fibres optiques.
- Un implémente que la transmission de signaux dans un sens, et l'autre met en œuvre la transmission des signaux dans la direction opposée.
- Largement utilisé dans le monde entier.

I.5.2 Transmission bidirectionnel

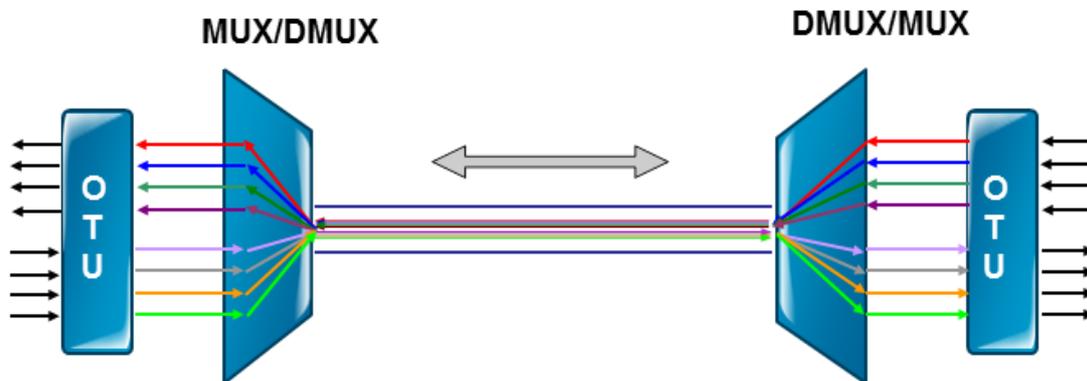


Figure I. 7: Transmission bidirectionnel.

- Le système WDM bidirectionnel onde utilise une seule fibre optique.
 - La fibre transmet des signaux optiques dans les deux directions
 - simultanément, et les signaux dans les différentes directions devraient être attribués en longueurs d'onde diffère
- ✓ Ce mode est généralement utilisé dans le système CWDM pour réduire le coût...

I.6 Types de WDM

Il existe plusieurs technologies WDM. Ils adoptent tous le même principe mais se différencient uniquement par le nombre de canaux (longueurs d'onde) utilisables dans une fibre telles que :

- DWDM (Dense WDM).
- CWDM (Coarse WDM).
- U WDM (Ultra WDM)

Le tableau I.2 présente une étude comparative entre les différentes Technologies WDM

Type	Fenêtre(nm)	Espacement (nm)	Canaux	Débit par longueur d'onde	Coût
CWDM	1260-1620	1.6 – 0.8	8-16	1.25-2.5Gbit/s	Peu couteuse
DWDM	1500-1600	0.4 – 0.2	80-160	10-40Gbit/s	Couteuse
UWDM	1500-1600	0.08	400	>40 Gbit/s	Très couteuse

Tableau I-2: Différentes caractéristiques des modes WDM [9].

La technologie UWDM est la meilleure en termes de débit et de nombre de canaux, mais elle est très coûteuse.

Algérie Télécom déploie la technologie dans DWDM dans son réseau NG-WDM. En effet, le DWDM est une solution la plus optimale en termes de rapport débit prix

I.6.1 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)

Le DWDM correspond à l'évolution du WDM. Il augmente la densité des signaux optiques transmis en associant jusqu'à 160 longueurs d'onde dans la même fibre. On atteint ainsi des débits de 300 à 400 Gbps. Des systèmes utilisant des pas de 50 GHz (0,4 nm) et de 25 GHz (0,2 nm) permettent d'obtenir respectivement 80 et 160 canaux optiques.

La technologie WDM est dite dense lorsque l'espacement utilise entre deux longueurs d'onde est égal ou inférieur à 100 GHz. La technologie DWDM présente cependant des coûts assez élevés, On l'emploie désormais pour les transmissions longues distance. Dans la pratique, cela signifie que l'on fait passer dans une même fibre beaucoup de signaux portés par des fréquences très rapprochées les unes des autres [7].

I.6.2 U-DWDM (Ultra-Dense Wavelength Division Multiplexing)

Pour de plus faibles espacements, on parlera d'U-DWDM, ou des systèmes à 10 GHz (0,08 nm) permettent d'obtenir 400 canaux optiques [2].

I.6.3 CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)

CWDM utilise des longueurs d'onde de 1270 à 1610 nm, respectivement espacées de 20 nm, 18 canaux au maximum sont utilisables; c'est une technologie moins coûteuse notamment utilisable pour les boucles locales (MAN) [2].

I.7 CWDM et DWDM

Les réseaux WDM peuvent être classés en fonction de l'espacement entre les longueurs d'onde utilisées. Les premiers réseaux WDM, également appelés réseaux WDM à large bande, utilisent deux longueurs d'onde généralement distantes à 1310 nm et 1550 nm. On distingue également le DWDM (Dense WDM) qui est une technologie utilisée dans les réseaux fédérateurs où jusqu'à 40 voire 80 longueurs d'onde sont combinées dans la même fibre. Le troisième type de réseaux WDM, connue sous le nom de CWDM (Coarse WDM), fournit jusqu'à 18 longueurs d'onde au total entre 1270 nm et 1610 nm, soit un espacement de 20 nm entre les canaux. Contrairement aux deux premiers types, le CWDM est conçu pour les réseaux métropolitains.

L'utilisation des longueurs d'onde a été normalisée par l'UIT L'Union Internationale des Télécommunications. La spécification G.692 spécifie l'espacement des canaux pour le système DWDM fonctionnant à 50 GHz ou 100 GHz, sur la base d'une fréquence de référence de 193 THz, correspond à environ 1550 nm.

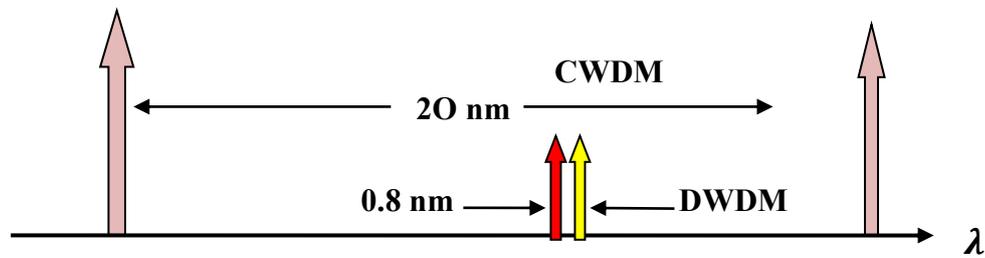


Figure I. 8 : Combinaison CWDM /DWDM

Technologie	Caractéristique	Applications
DWDM (Dense)	Espacement < 0,8 nm 80 λ	Longue distance >100 km
CWDM (Coarse)	Canaux de 20 nm La température du laser n'est pas contrôlée 16 λ	Man < 70 km

Tableau. I. 3 : Comparaison entre le CWDM et DWDM.

I.8 Les avantages de la technologie WDM

- ✓ Nous pouvons mentionner quelques avantages du multiplexage optique en longueur d'onde :
- ✓ La technologie WDM garantit des débits de transmission élevée et de taux de partage dans le réseau d'accès ;
- ✓ Dans la technologie WDM, la transmission est transparente, permet aussi une indépendance vis-à-vis les protocoles et une indépendance entre canaux (on peut trouver sur une même fibre optique de la voix dans des trames SDH, de la vidéo dans des cellules ATM),
- ✓ Nous pouvons contribuer à plusieurs applications dans cette technologie, à titre d'exemple : le multiplexage en longueurs d'onde pour la commutation et le routage optique ;
- ✓ La limite de débit imposée par la technique TDM peut être dépassée en introduisant le
- ✓ WDM et en affectant une longueur d'onde par utilisateur [8,9]

I.9 Conclusion :

La technologie du WDM est inégale en termes de capacité, car le coût de la fibre et des matériaux continue de baisser avec une portée de plus en plus longue.

La capacité peut être augmentée de deux façons : en augmentant le nombre de canaux dans une fibre ou en augmentant la quantité de données transmises par canal pendant la transmission. L'évolution du WDM nous a permis d'établir de nouveaux records dans le domaine du crédit .les progrès constants de la technologie de transmission ont donné lieu à de nouvelles opportunités de réduction des coûts .L'objectif des systèmes WDM est d'atteindre des capacités encore plus importantes, pour cela, les recherches actuelles portent sur le rapprochement des canaux et l'élargissement de la bande optique utilisée tout en augmentant le débit binaire par canal. Il est sûr de dire que la WDM/DWDM n'a pas encore atteint ses limites.

De nouvelles technologies sont en cours de développement, nous les surveillons donc. Le chapitre suivant sera consacré pour la nouvelle génération des réseaux optiques qui apportent notamment plus d'intelligence au niveau des nœuds et permettent de surmonter les limitations de générations a

II.1 Introduction

La technologie WDM a résolu le défi de transport de données de grandes point à point de grande capacité en mettant en œuvre un multiplexage/démultiplexage en longueur d'onde ? Grâce à son développement, il a pu résoudre le problème d'interconnexion en introduisant des réseaux recuits basés sur OADM (*Optical Add/Drop Multiplexer*). Mais cette technologie est limitée par un manque d'intelligence au niveau du nœud et un manque de flexibilité en termes d'ajout et d'extraction des longueurs d'onde.

Dans ce chapitre, nous présenterons la technologie NG-WDM tout en expliquant le concept OTN (*Open Transport Network*) et en mettant l'accent sur les avantages de ce concept.

II.2 Système de NG-WDM

L'UIT-T (Union internationale des télécommunications) a développé un ensemble de nouvelles normes couvrant les longueurs d'onde et les formats de signaux afin de mieux supporter le multiplexage d'un grand nombre de signaux sur une seule fibre. Le terme réseau de transport optique (OTN) fait référence aux réseaux qui utilisent la Recommandation UIT-T. G.709 standard pour Wavelength Division Multiplexed (WDM). [10]

L'une des raisons du développement d'un nouveau format de signal pour les signaux WDM (plutôt que d'utiliser simplement les signaux SONET / SDH existants) est la possibilité d'ajouter de nouveaux canaux de gestion qui fourniraient la fonctionnalité OAM & P (*Opération, Administration, Maintenance & Provisioning*) au réseau WDM. Une autre raison de la création d'une nouvelle norme était de fournir un moyen de correction aval des erreurs plus puissant FEC (*Forward Error Correction*).

La nouvelle génération du WDM (NG-WDM) est basée sur les technologies suivantes : l'OTN, la cross-connexion optique (FOADM), la cross-connexion électrique

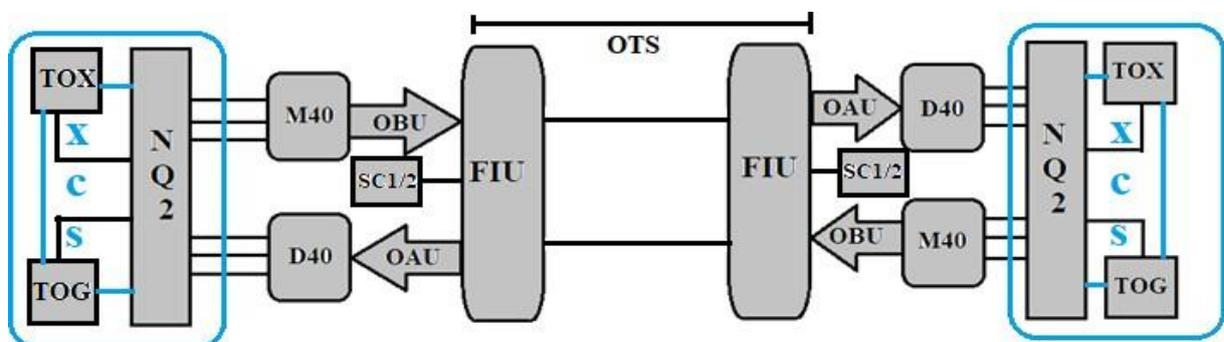


Figure II. 1. Architecture de NG-WDM

II.3 Description de l'équipement utilisé

Huawei fournira à Algérie Télécom sa plateforme OSN 8800,6800 NGWDM. Celle-ci intègre les technologies optiques les plus récentes dont le multiplexage optique reconfigurable à plusieurs degrés (ROADM), les lasers réglables, et des commutateurs OTN (OTN cross-connects, technologie permettant la commutation et l'agrégation des données aux niveaux électriques et optiques). Cette solution réseau supporte les longueurs d'onde à 10/40G et supportera le 100G afin de permettre la fourniture de services haut débit avancés dès aujourd'hui, tout en préparant le futur. [7].

L'OSN 8800,6800 constitue une plateforme de transport WDM administrable et flexible basée sur les architectures OTN (Optical Transport Network, réseau de transport optique) et ASON (Automatically Switched Optical Network, réseau optique à commutation automatique). Ce système utilise des technologies avancées permettant aux opérateurs de construire un réseau de transport flexible supportant IP et Ethernet et permettant des évolutions à moindre coût. Cette solution aide les opérateurs à absorber des trafics réseau en croissance rapide, ainsi qu'à répondre aux défis de l'extension de leurs réseaux, grâce à une plateforme agnostique hautement évolutive. L'OSN 8800,6800 a été déployée avec succès au cœur des réseaux d'opérateurs de premier plan dans la région Asie Pacifique, en Europe, et en Amérique Latine.

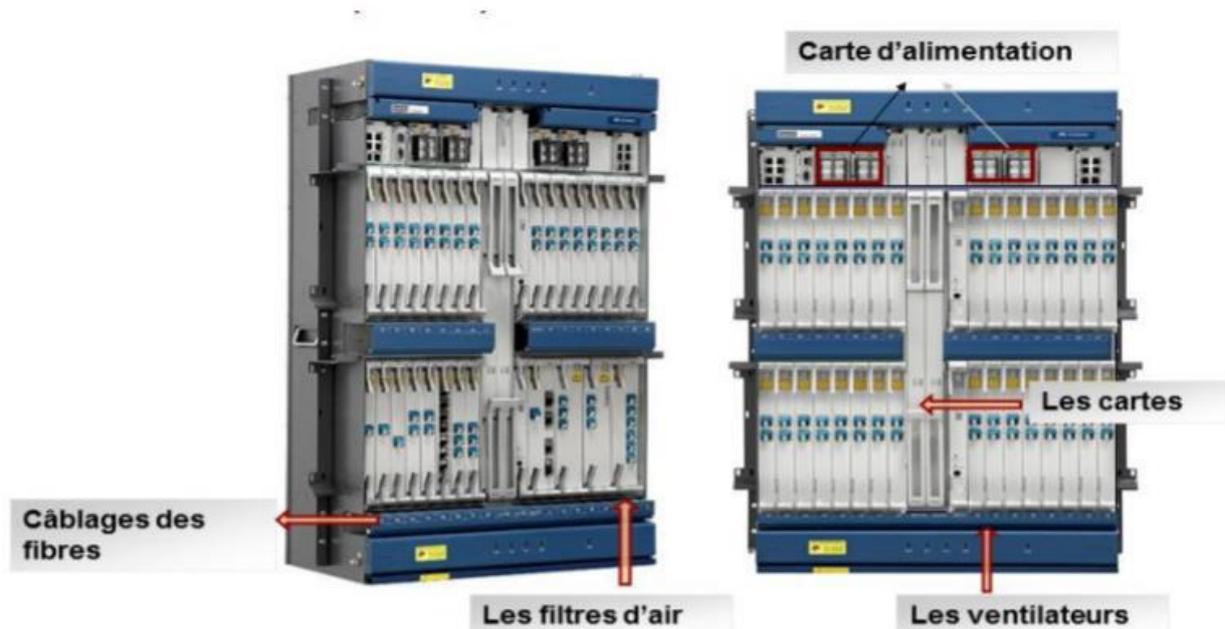


Figure II. 2. Structure d'équipement HUAWEI OSN 8800 et le 6800

II.3. 1 Type de service

Pour chaque type de service, il faut savoir choisir le type de la carte utilisée, le tableau suivant illustre les différents types de service :

Catégorie du service	Type de service
SDH/ATM	STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, STM-256
SONET	OC-3, OC-12, OC-48, OC-192, OC-768
Ethernet	FE, GE, 10GE WAN, 10GE LAN
OTN	OTU1, OTU2, OTU3
Vidéo	HD-SDI, DVB-ASI, SDI, FDDI

Tableau II. 1: Les différents types de service.

SDI: serial digital interface.

ASI: Interface Sérielle Asynchrone.

DVB: Digital Video Broadcasting.

FDDI: Fiber Distributed Data Interface.

II.4 Description des cartes

II.4.1 Carte interface de fibre FIU (Fiber Interface Unit)

La carte FIU, comme toutes les cartes de multiplexage/démultiplexage réalise le multiplexage et le démultiplexage d'un signal optique utile (signal client) avec le signal de supervision. La **figure II.3** montre la carte FIU.

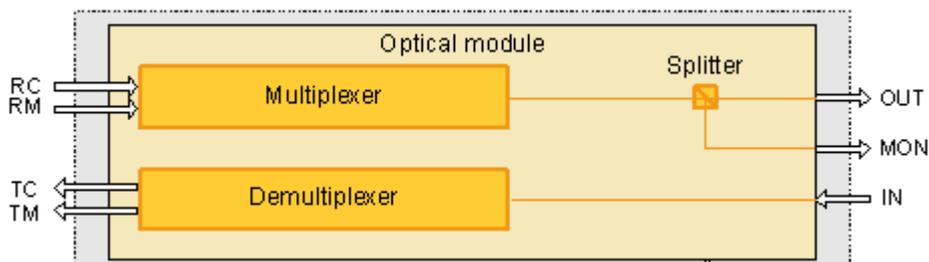


Figure II. 3: Principe de fonctionnement de la carte FIU.

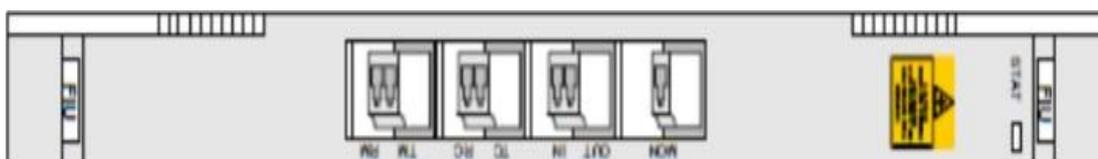
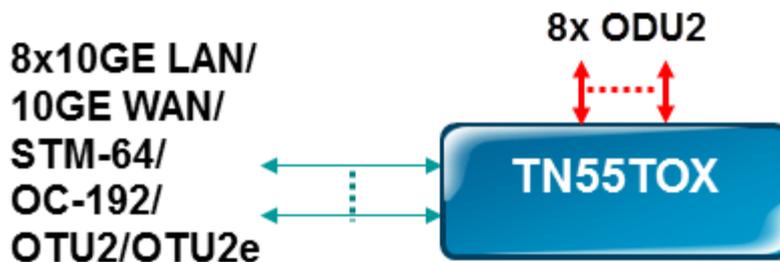


Figure II. 4 : Carte FIU

II.4.2 Carte tributaire TQX

La carte TQX, Comme toutes les cartes tributaires, gère la conversion entre quatre signaux optiques 10GE LAN/10GE WAN/STM-64/OTU2 et quatre signaux électriques ODU2 à travers le cross connexion électrique



T : Tributary unit (Carte tributaire).

Q : 4 ports client.

X : 10 G.

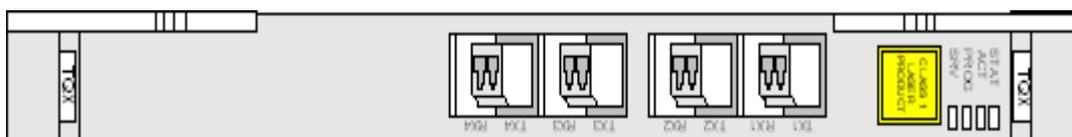


Figure II. 5 : Carte TQX (vue de face)

II.4.3 Démultiplexage Optique D40/D40 V

Le D40V est un type de démultiplexeur optique qui dé multiplexé un seul canal de signal en un maximum de 40 canaux de signaux conformes aux recommandations de l'UIT-T connexes et ajuste la puissance optique de sortie de chaque canal.

La **figure II.7** montre la carte démultiplexage optique :

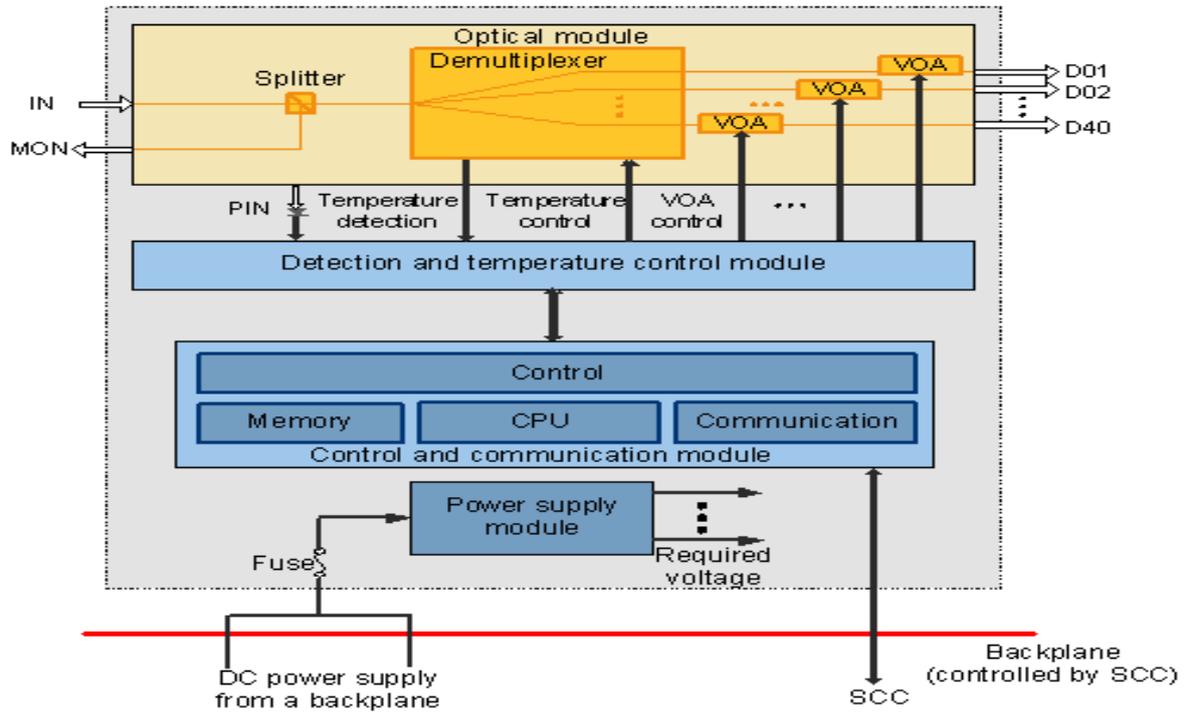


Figure II. 6 : Principe de démultiplexage de la carte D40V



Figure II. 7 : Carte démultiplexage optique D40v

II.4.4 Multiplexeur optique M40/M40v

La carte M40, c'est une carte de multiplexage de 40 canaux maximum en un canal de signal WDM, conçue selon les recommandations de l'ITU-T, la **figure II.8** montre le principe de multiplexage de cette carte :

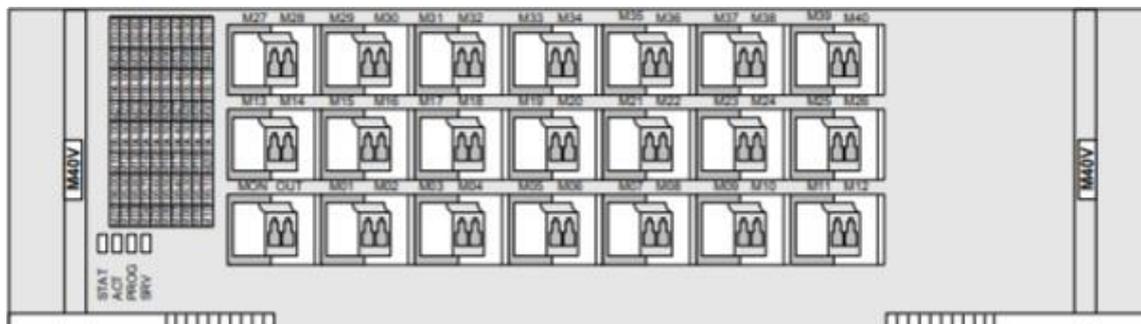


Figure II. 8 : Carte multiplexage M40V

II.4.5 Carte de ligne NQ2

C'est une carte de ligne, qui réalise la conversion entre 30 canaux ODU0, ou 16 canaux ODU1 ou 4 canaux ODU2 et 4 canaux de signal WDM standardisé.

N : Line unit (carte de ligne).

Q : 4 ports WDM.

2 : OTU2



Figure II.9 : Carte NQ2 (Vue de face)

II.4.6 SC2. (Bidirectional Optical Supervisory channel)

La carte SC2 est une carte de supervision, elle traite deux signaux de supervisions dans deux sens.

La longueur d'onde opérationnelle est : 1550 nm.



Figure II. 10 : Carte SC2 (Vue de face)

II.4.7 Carte tributaire TOG

C'est une carte tributaire comme la carte TQX, mais elle est dédiée seulement aux services de type Giga Ethernet (GE).

T : Tributary Unit (carte tributaire).

O : 8 ports clients.

G : Service GE.

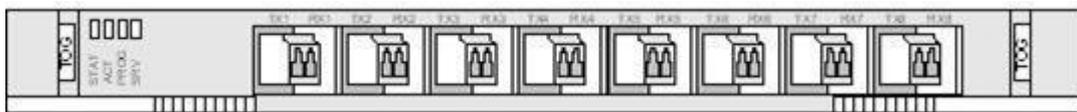


Figure II. 11 : Carte TOG (vue de face)

II.4.8 Unité d'amplification OAU 101 (Optical Amplifier Unit)

C'est une carte d'amplification, la figure II. 13. montre de cette carte

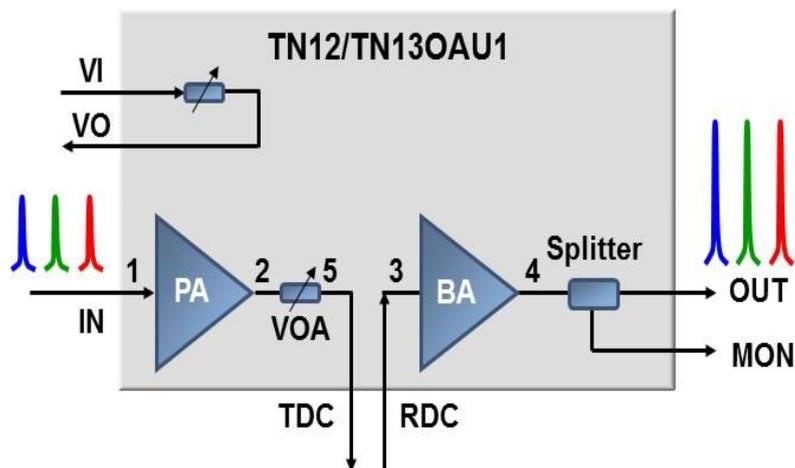


Figure II. 12 : Le principe de fonctionnement de l'OAU.

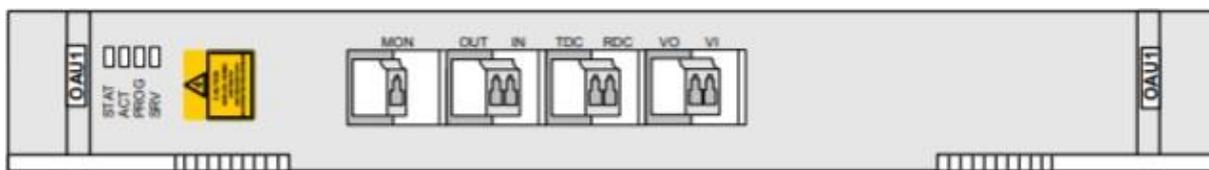


Figure II. 13 : Carte OAU101

II.4.9 Unit Booster optique OBU 103 (Optical Booster Unit)

La carte OBU est une carte d'amplification, comme la carte OAU, la seule différence qu'elle ne contient pas le module de compensation de la dispersion DCM. La figure suivante illustre le principe de fonctionnement de la carte :

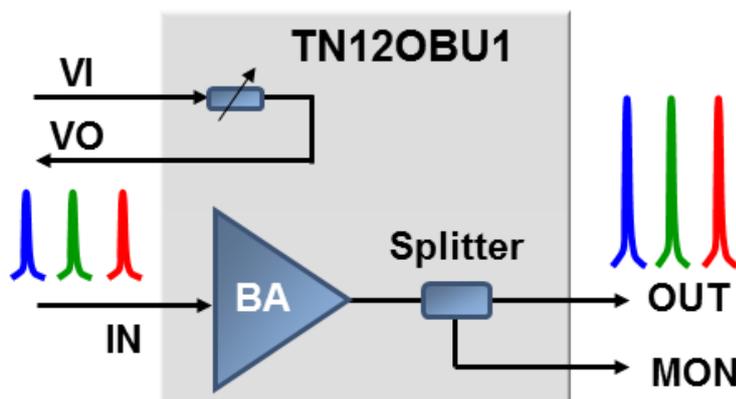


Figure II. 14: Le principe de fonctionnement de l'OBU1.

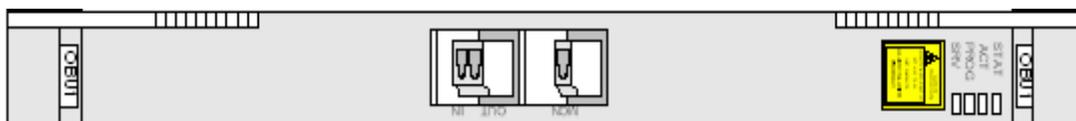


Figure II. 15 : Carte OBU

II.5 Réseau de transport OTN (Open Transport Network)

II.5.1 C'est quoi l'OTN

La technologie de réseau de transport optique (OTN), définie par la norme UIT G.709 et également connue sous le nom de « digital wrap per », est un protocole standard nouvelle génération qui offre une méthode efficace et internationalement reconnue pour le multiplexage des services sur les chemins légers optiques. Elle permet aux opérateurs de faire converger leurs réseaux via le transport transparent des nombreux types de protocoles hérités, tout en garantissant la flexibilité indispensable à la prise en charge des futurs protocoles clients. L'architecture du réseau OTN est constituée de nœuds avec de multiples interfaces physiques. OTN permet la création de réseaux industriels qui fédèrent des communications de type voix, vidéo, audio, données... [4]

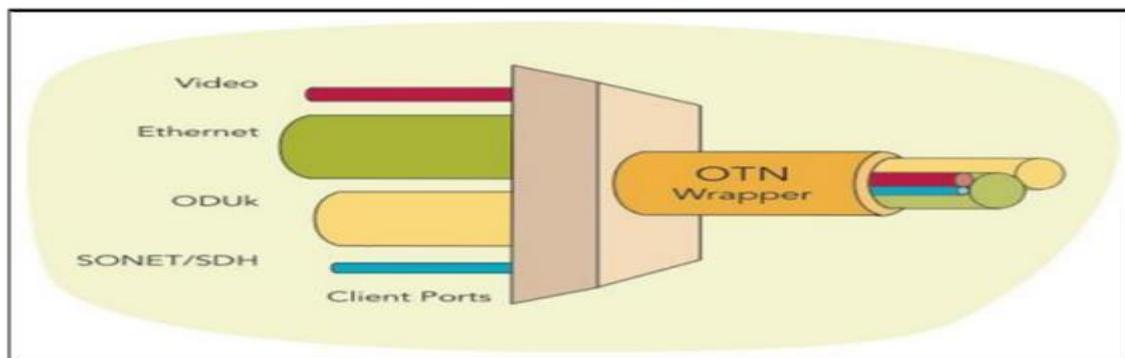


Figure II. 16 : Diagramme de l'OTN

- **Open** = un réseau à « couverture d'esprit » capable de traiter toute interface existante ; n'importe quelle application peut être utilisée dans un réseau « ouvert ».
- **Transport** = ce réseau « transporte » différents types de communication comme utilisée dans notre environnement habituel, par ex. téléphonie (numérique et analogique), données, vidéos CCTV (caméras et moniteurs) et Ethernet (LAN, Gigabit Ethernet), ensemble et de façon entièrement transparente sur une fibre et sans la moindre interférence.
- **Network** = un « réseau de transmission par fibres optiques », à l'épreuve de l'avenir, sur des distances virtuellement

II.5.2 Avantage de l'OTN

- Très grande capacité avec une grande précision (Térabit / seconde par fibre).
- Partage d'un équipement et d'une fibre par différentes application /différents services.
- Connexions transparentes par lesquelles le réseau est rendu indépendant de
- Câblage facile et simple, maintenance et gestion aisées.
- Reconfiguration automatique en cas de coupure de fibre.
- Meilleur coût total de possession.
- Véritable qualité de service.

II.5.3 Système OTN

Pour mieux permettre le multiplexage d'un grand nombre de signaux, L'UIT-T semble avoir créé des normes supplémentaires concernant les durées des signaux il n'ya qu'une seule fibre illustrée a la Figure II. 17 montres recommandation UIT-T du système OTN a été réduit à sa plus petite valeur possible

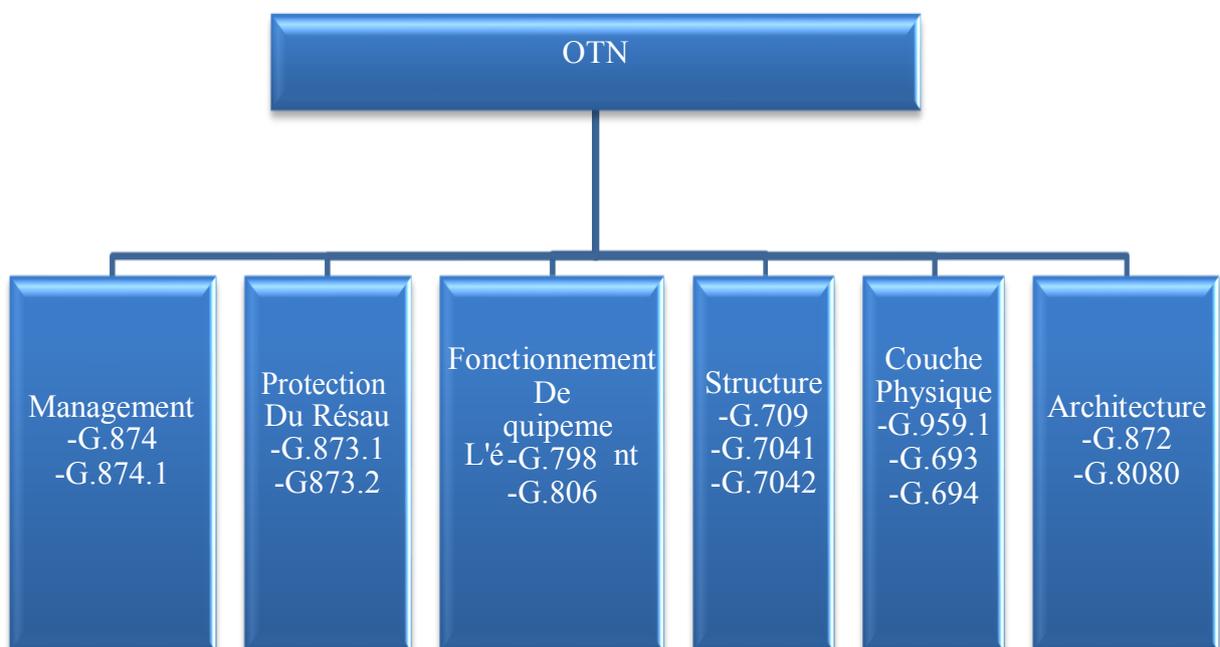


Figure II. 17 : Recommandation UIT-T du système OTN [5]

II.5.4 Agrégation de services

Tous les types de trames doivent pouvoir être transportées de façon transparente dans la trame OTN, sans qu'elles aient besoin d'être modifiées comme montre la figure suivante :

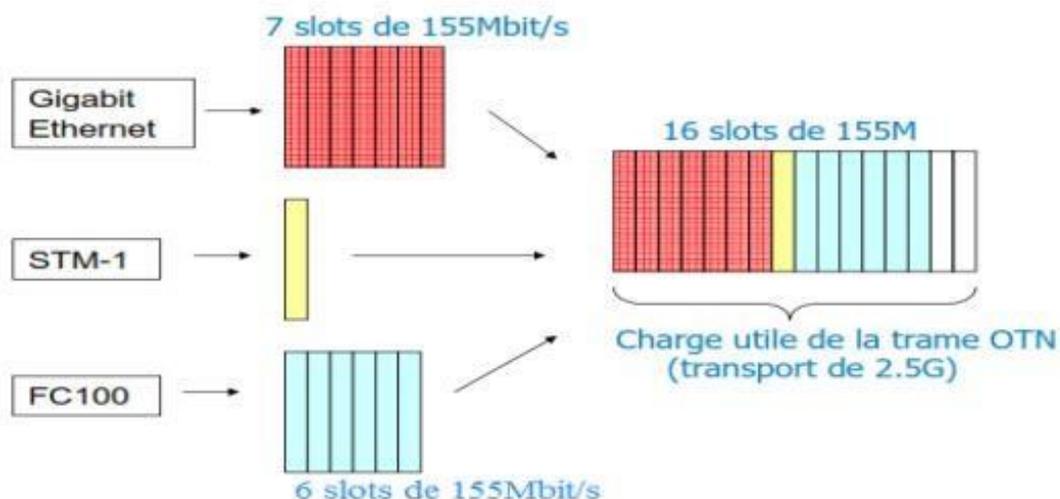


Figure II. 18 : Agrégation des services dans l'OTN.

II.5.5 Interface OTN

Comme expliqué précédemment, la norme SONET/SDH a été introduite pour transporter de la parole téléphonique, et il a fallu de nombreuses adaptations pour le transport des trames et paquets de type IP, ATM ou autres. Le successeur de SONET/SDH a été mis en chantier et normalisé début 2002 par l'UIT-T sous le nom d'OTN (Optical Transport Network). Son rôle est de faire transiter des paquets sur des liaisons à 2,5, 10 et 40 Gbit/s. La recommandation correspondante porte le numéro G.709 [5].

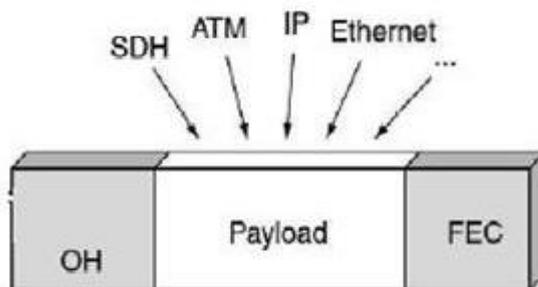


Figure II. 19 : Format de la trame OTN

II.5.6 Structure en couche de l'architecture OTN

Tous les types de trames doivent pouvoir être transportées de façon transparente dans la trame OTM, sans qu'elles aient besoin d'être modifiées. Un champ est prévu pour ajouter un FEC (Forward Error Correction) afin d'effectuer les corrections nécessaires pour atteindre un taux d'erreur déterminé.

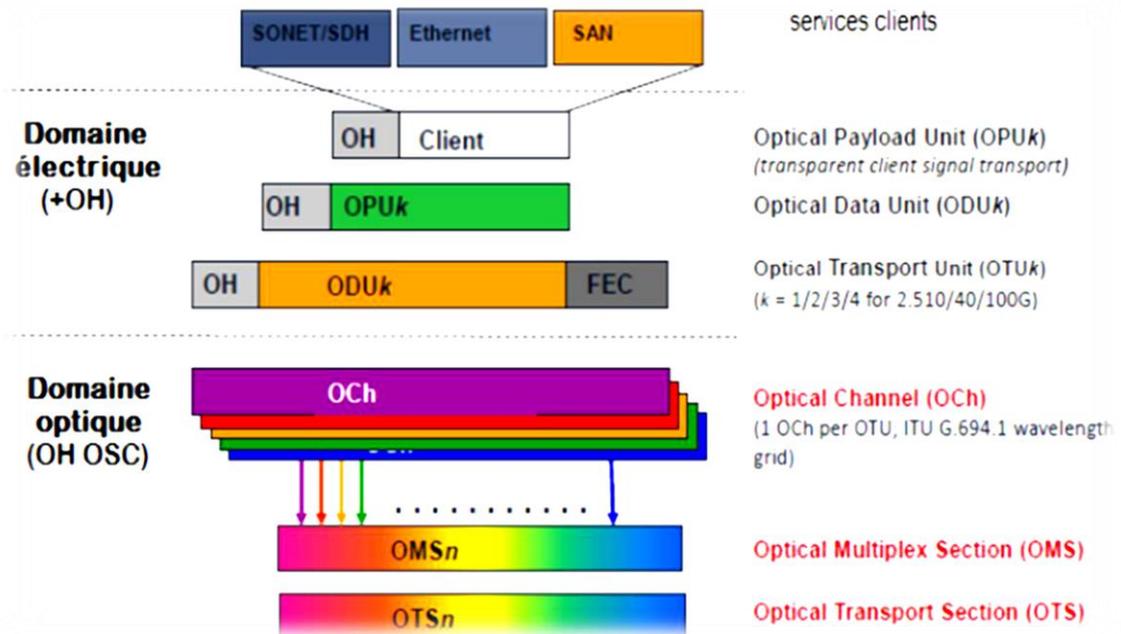


Figure II. 20 : Entités de transport de la hiérarchie OTH

II.5.7 Hiérarchie OTN

Le niveau optique définit les couches suivantes

- OTS (Optical Transmission Section), prend en charge la transmission du signal optique en vérifiant son intégrité.
- OMS (Optical Multiplex Section), prend en charge les fonctionnalités permettant de réaliser un multiplexage en longueur d'onde
- OCh (Optical Channel), est le niveau de bout en bout du signal optique. Ce niveau permet la modification de la connexion et le reroutage, ainsi que les fonctions de maintenance de la connexion.

Le niveau Digital Wrapper est lui-même décomposé en trois sous-niveaux

- OTU_k (Optical Transport Unit), donne la possibilité d'adopter une correction utilisant un FEC.

- ODU_k (Optical Data Unit), gère la connectivité indépendamment des clients et offre une protection et une gestion de cette connectivité.
- OPU_k (Optical Payload Unit), indique une correspondance entre le signal et le type de client.

K	OTU_K	OPU_K	ODU_K
0	Non applicable	1 244 160 kbit/s	1 244 160 kbit/s
1	2 488 320 kbit/s	2 488 320 kbit/s	2 488 320 kbit/s
2	9 953 280 kbit/s	9 953 280 kbit/s	9 953 280 kbit/s
3	39 813 120 kbit/s	39 813 120 kbit/s	39 813 120 kbit/s
4	99 532 800 kbit/s	10 312 500 kbit/s	99 532 800 kbit/s

Tableau II. 2 :.Débits de chaque niveau [6]

II.5.8 Structure de multiplexage OTN

La Figure II. 21 montres les différentes possibilités de multiplexage de conteneurs ODU_k dans la hiérarchie OTN. Il est par exemple possible de multiplexer deux ODU₀ dans un ODU₁, quatre ODU₁ dans un ODU₂, quatre ODU₂ dans un ODU₃, deux ODU₃ dans un ODU₄, quatre- vingts ODU₀ dans un ODU₄, etc.

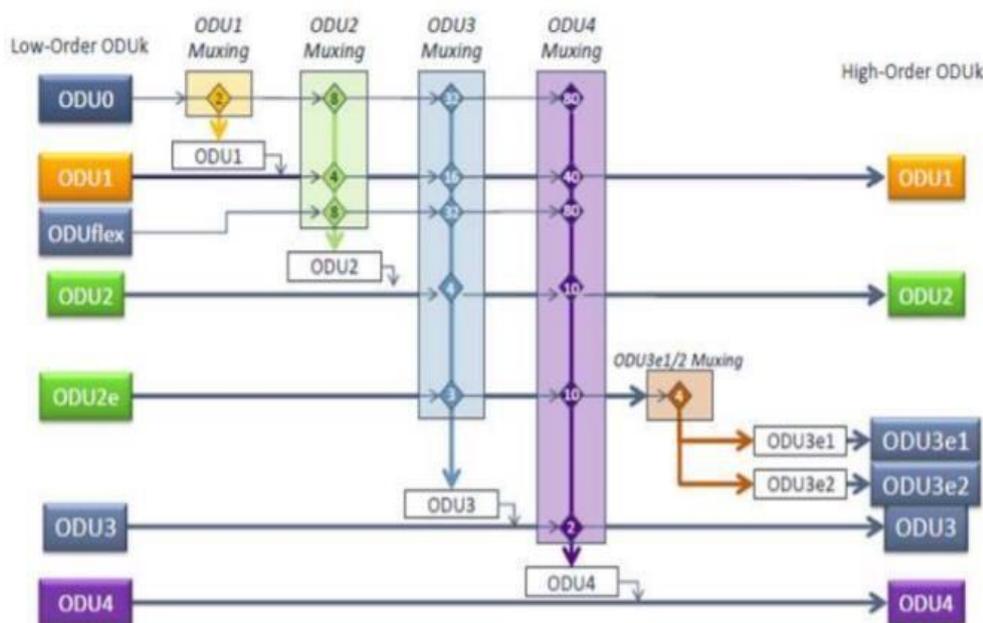


Figure II. 21 : Structure de multiplexage OTN

II.6 Cross-connexion électrique (Electrical Grooming)

Il y a un brassage d'ODUk dans le NG-WDM .Dans un système NG-WDM Il existe deux types brassage : centrale (qui prend en charge la crossconnexion des ODU2, ODU1, GE, ODU1), et la cross- connexion distribuée (entre les cartes via des bus, support seulement les ODU1, et GE).

Il existe deux niveaux de cross connexion ; à l'intérieur de la carte OTU (une puce de cross-connexion) et à la carte de cross-connexion comme montre la **figure II.22**.

La cross-connexion électrique dans un système NG-WDM est transparente, c'est-à-dire quel que soit le type de service il va encapsuler dans un ODUk, l'essentiel c'est le début de ce service.

Il existe plusieurs types cartes de cross-connexion qui ont peu inséré dans équipement NG-WDM HUAWEI :

XCM : cross-connexion + unité d'horloge, avec une capacité de cross- connexion de 1,28 Téra d'ODU2 ou bien 1,28 Téra du VC.

XCH : elle support seulement la cross-connexion des ODUk avec une capacité de 1,28 Téra.

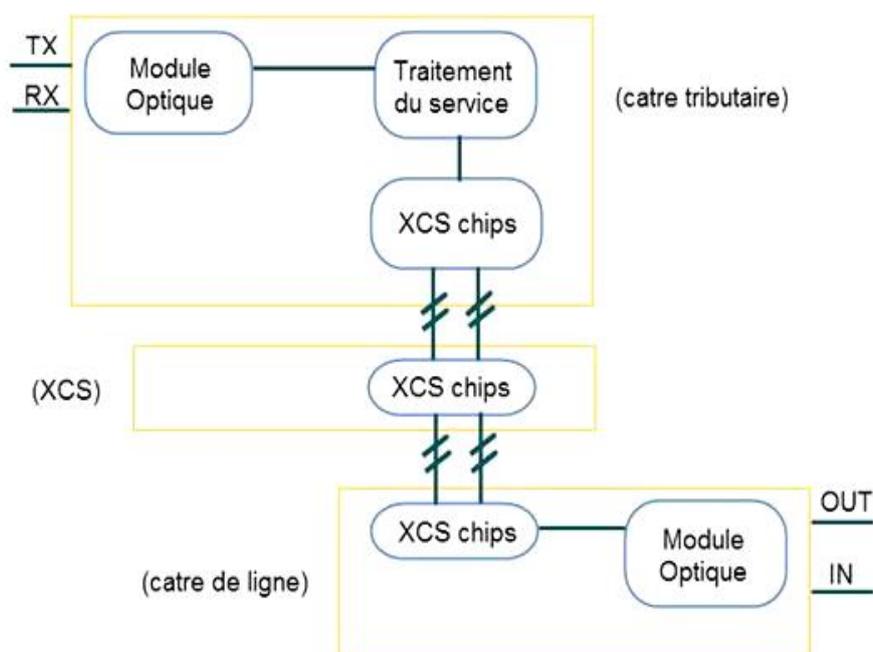


Figure II. 22: Niveaux de la cross-connexion électrique

II.7 Conclusion

J'avais couvert dans ce chapitre les notions principales, concernant la technologie NG-WDM. Nous avons rassemblé les différents protocoles qui régissent cette technologie, Pour mettre en pratique la technologie de transmission par optique NG-WDM,

Dans une zone géographique, il est nécessaire de faire des études et des tests réels sont nécessaires avant la mise en œuvre réelle. Ces recherches feront l'objet du chapitre suivant.

III.1 Introduction

Dans ce dernier chapitre, nous étudions et simulons la faisabilité d'augmenter la capacité du réseau KHEMIS, CHLEF et AIN DEFLA grâce au logiciel U2000, afin de desservir des bandes passantes plus importantes pour les abonnés de KHEMIS.

Ce chapitre s'articule autour de cinq parties :

- 1- Création des NEs (Network éléments).
- 2- Paramétrages des NEs.
- 3- L'attribution des cartes.
- 4- Création du cross connexion optique.
- 5- Création de protections.

Mais tout d'abord, on présente l'entreprise Algérie Télécom et le logiciel utilisé dans nos travaux de simulation.

III.2 Algérie télécom (AT)

Algérie Télécom est une société par actions à capitaux publics opérant sur le marché des réseaux et services de communications électroniques. Sa naissance a été consacrée par la loi 2000/03 du 5 août 2000 relative à la restructuration du secteur des Postes et Télécommunications, qui sépare notamment les activités postales de celles des télécommunications.

III.3 Description de l'U2000

Huawei propose un simulateur puissant OptiX iManager U2000 pour l'ingénierie des réseaux. Il permet d'étudier la faisabilité de la mise en œuvre des réseaux de : transport et accès. Il peut être utilisé avec un réseau réel afin de configurer les équipements et gérer les alarmes, les performances et la sécurité [7].

L'OptiX iManager U2000 est un système de gestion qui peut gérer plus de 20,000 équipements WDM en même temps, il a de très fortes caractéristiques telles que: La configuration de services de bout en bout allant des équipements WDM d'accès jusqu'aux équipements Metro WDM sans utiliser les câblages dans chaque site; toutes les configurations WDM (services TDM, services Ethernet, services IP, Synchronisation, etc....), la gestion des alarmes, gestion des performances, supervision des rapports, maintenance WDM).

Les principales caractéristiques de l'U2000 sont :

- Gérer Uniformément plusieurs types d'équipements et de services, y compris SDH, WDM, RTN, le système câble sous-marin, Ethernet, ATM et SAN.
- Déploie les processus de gestion de service NE.
- Etant un système de gestion de sous-réseaux (SNMS), il fournit toutes les fonctions de gestion d'éléments et quelques fonctions de gestion de réseaux.
- Supporte les deux plateformes Windows, Linux et UNIX, dans lesquelles les mêmes opérations sont fournies.
- Supporte plusieurs interfaces externes ouvertes, telles que CORBA, XML, SNMP et MML.
- 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.
- Supporte tous les protocoles de communication IP et ECC.
- Fournir plusieurs outils et méthodes de sauvegarde et de restauration des données, pour assurer la sécurité des données réseau.
- Fournit plusieurs rapport et schémas.

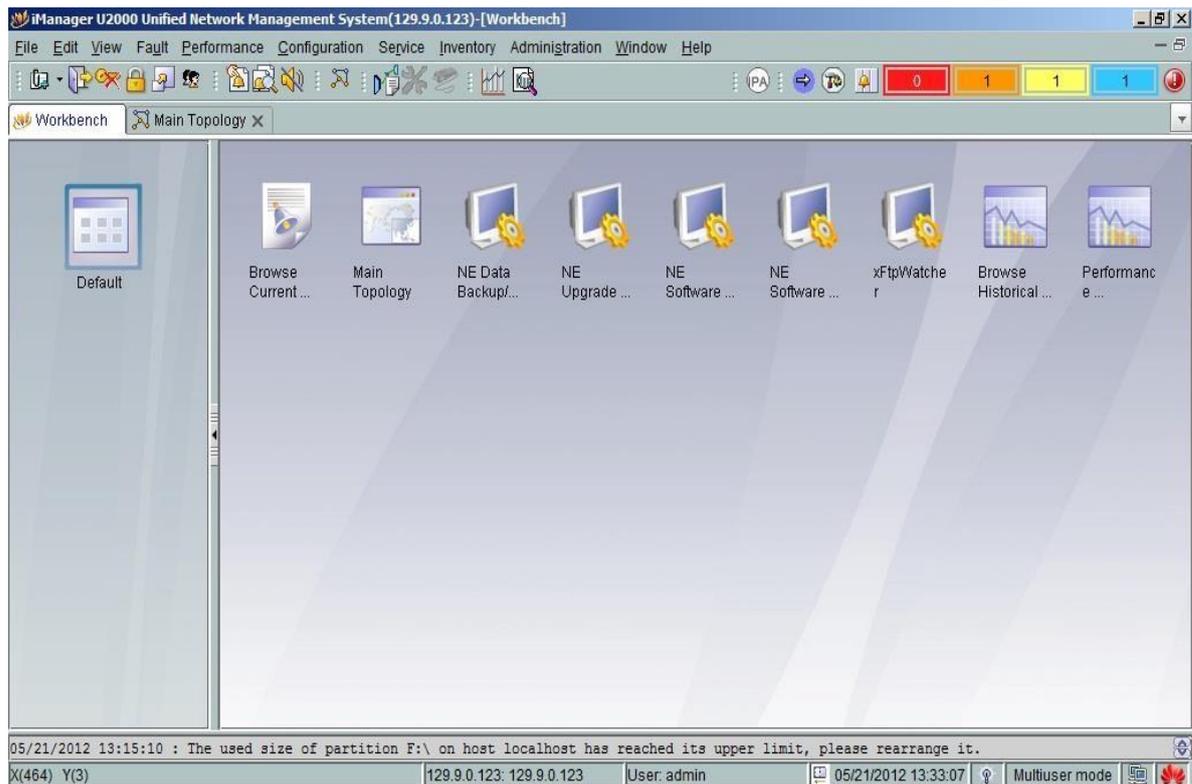


Figure III. 1:Interface du l'U2000

III.4 Présentation de l'architecture du réseau à simuler

L'architecture du réseau que nous proposons est illustrée par la figure III.2 . Le réseau a une topologie anneau, composé de trois éléments NE (Network Element). Chaque élément est constitué des équipements OSN 8800 & OSN 6800 (abordés dans le deuxième chapitre). Les NE 4900, NE 4901 et NE 4902 sont installés respectivement dans les centres d'AT : CHLEF, AIN DEFLA et EL KHEMIS.

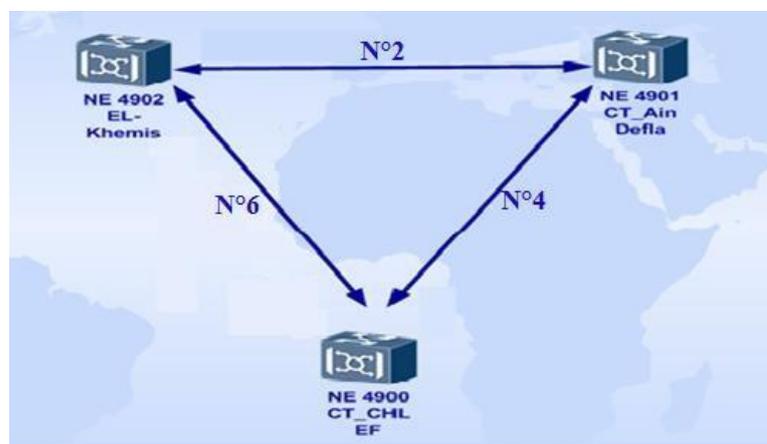


Figure III. 2. : Anneau du réseau NG-DWDM

Le tableau III.1 présente l'attribution des numéros aux liaisons et cartes entre les différents nœuds. Ces paramètres nous aideront pour les configurations de notre réseau NG-WDM. Les liaisons N°2 et N°4 sont physiques, quant à la connexion N°6 est logique.

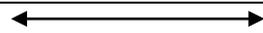
Liaison N°	NE4900	NE4901	NE4902
N°2	 101-fiu 117-CS2 52-FIU 51-SC2		
N°4	 52-fiu 51-CS2 101-FIU 117-SC2		
N°6	 16-fiu 12-CS2 53-FIU 54-SC2		

Tableau III- 1 : Attribution des numéros aux liaisons et aux cartes.

III.5 Configuration et paramétrage du réseau

III.5.1 Création des NEs

Dans cette partie, j'illustre la procédure pour créer l'architecture proposée dans la figure III.2. Pour créer les NEs, il suffit d'accéder au "Main topology" (illustré dans la figure III.1). Ensuite, cliquer sur le bouton droit de la souris et choisir "New", puis "NE"

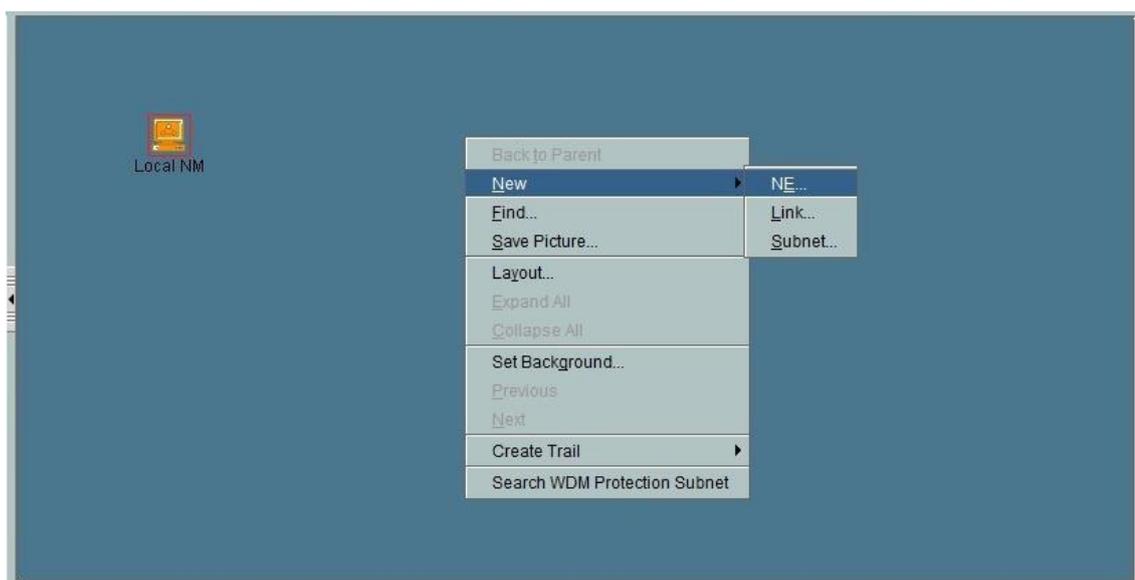


Figure III. 3 : Création des NEs

III.5.2 Paramétrage des NEs

Une fois le nœud créé, nous devons choisir son type : Optix OSN 8800 et 6800. Ensuite, nous devons le configurer.

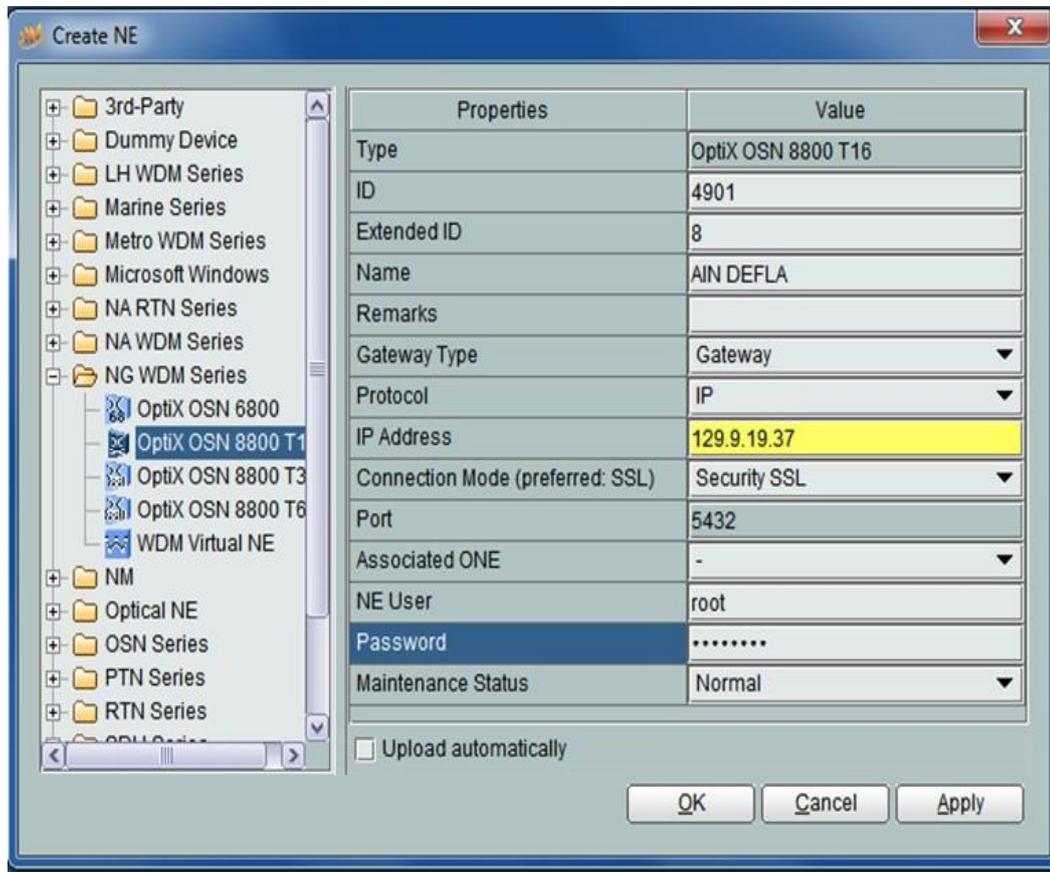


Figure III. 4 : Paramétrage par OSN 8800

La figure III.4 présente les différents paramètres d'un NE : (ID, nom, Gateway, protocole, l'adresse IP, et le nom d'utilisateur et le mot de passe).

Un ID unique doit être attribué à chaque nœud afin d'identifier les différents nœuds dans le réseau, ce qui permet au gestionnaire du logiciel d'identifier les différents éléments réseau dans sa base de données. Le ID du nœud est donné à partir de son adresse IP exemple : Si l'adresse IP du nœud est 129.9.A.B alors son ID est $A*256+B$. Les paramètres de chaque nœud sont les suivants :

Pour le NE °1 : (ID=4900, Nom="CA CHLEF", protocole= „IP“, l'adresse IP="129.9.19.36").

Pour le NE °2 : (ID=4901, Nom="CA Ain Defla", protocole= „IP“, l'adresse IP="129.9.19.37").

Pour le NE °3 : (ID=4902, Nom="CA ELKHEMIS", protocole= „IP“, l'adresse IP="129.9.19.38").

III.5.3 Attribution et configurations des cartes

U2000 propose l'intégration de plusieurs types de cartes (TOM, TQX, LSX, ND2...) selon leur débit (détaillé dans la chapitre II). Les cartes installées dans l'équipement OSN 8800 sont choisies afin d'augmenter le débit suffisamment pour desservir les abonnés de KHEMIS. La figure III.5 présente les cartes que nous proposons pour couvrir un débit plus élevé .

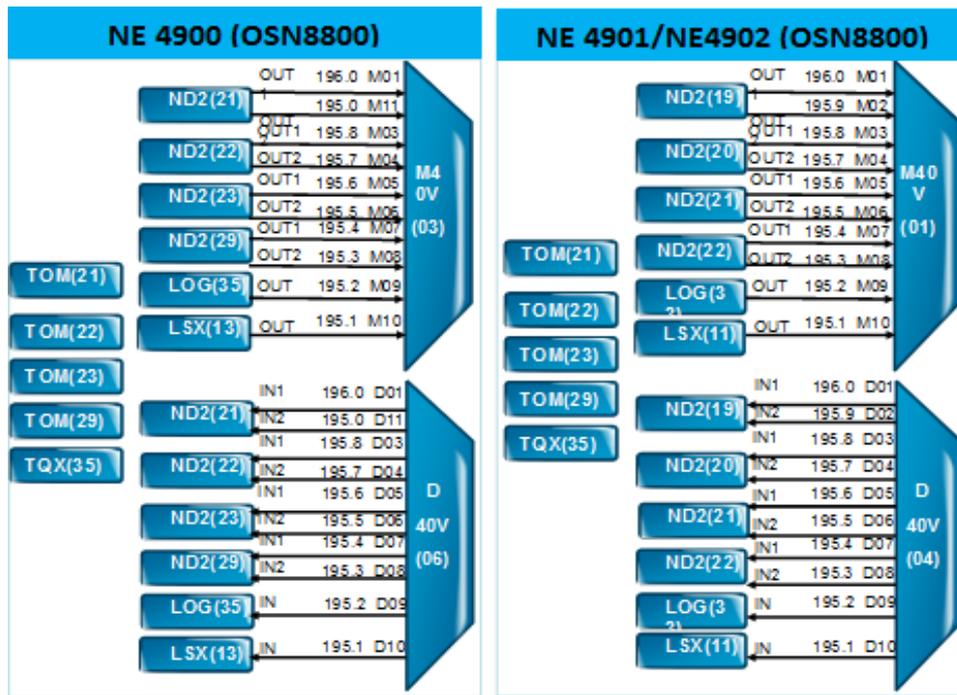


Figure III. 5 : Connexions entre les cartes OTU (couche électrique)

La configuration des cartes de chaque NEs peut se faire automatiquement (voir figure III.6). Il suffit de sélectionner Upload.

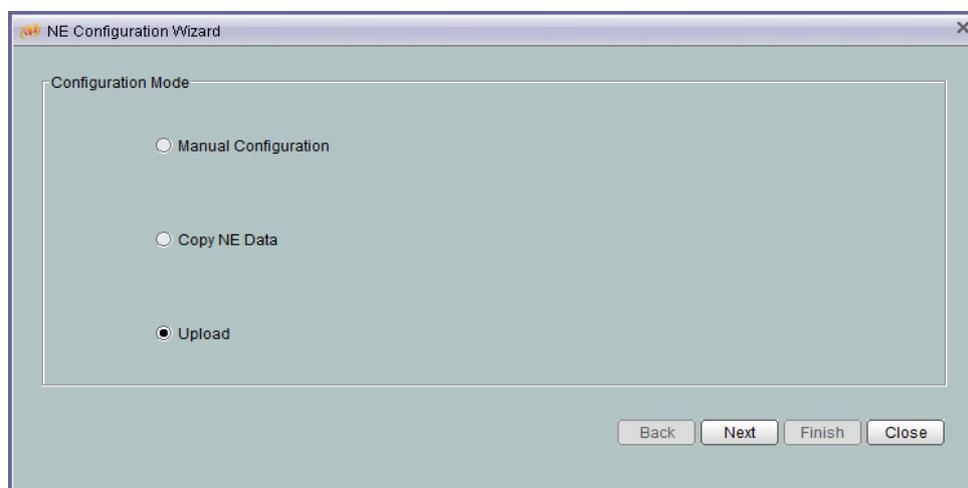


Figure III. 6 : Configuration des cartes de chaque NE

III.5.4 Synchronisation des NE'S

La synchronisation entre NEs permet le bon fonctionnement des équipements du réseau NG-WDM. L'heure et la date de chaque NE doivent être les mêmes.

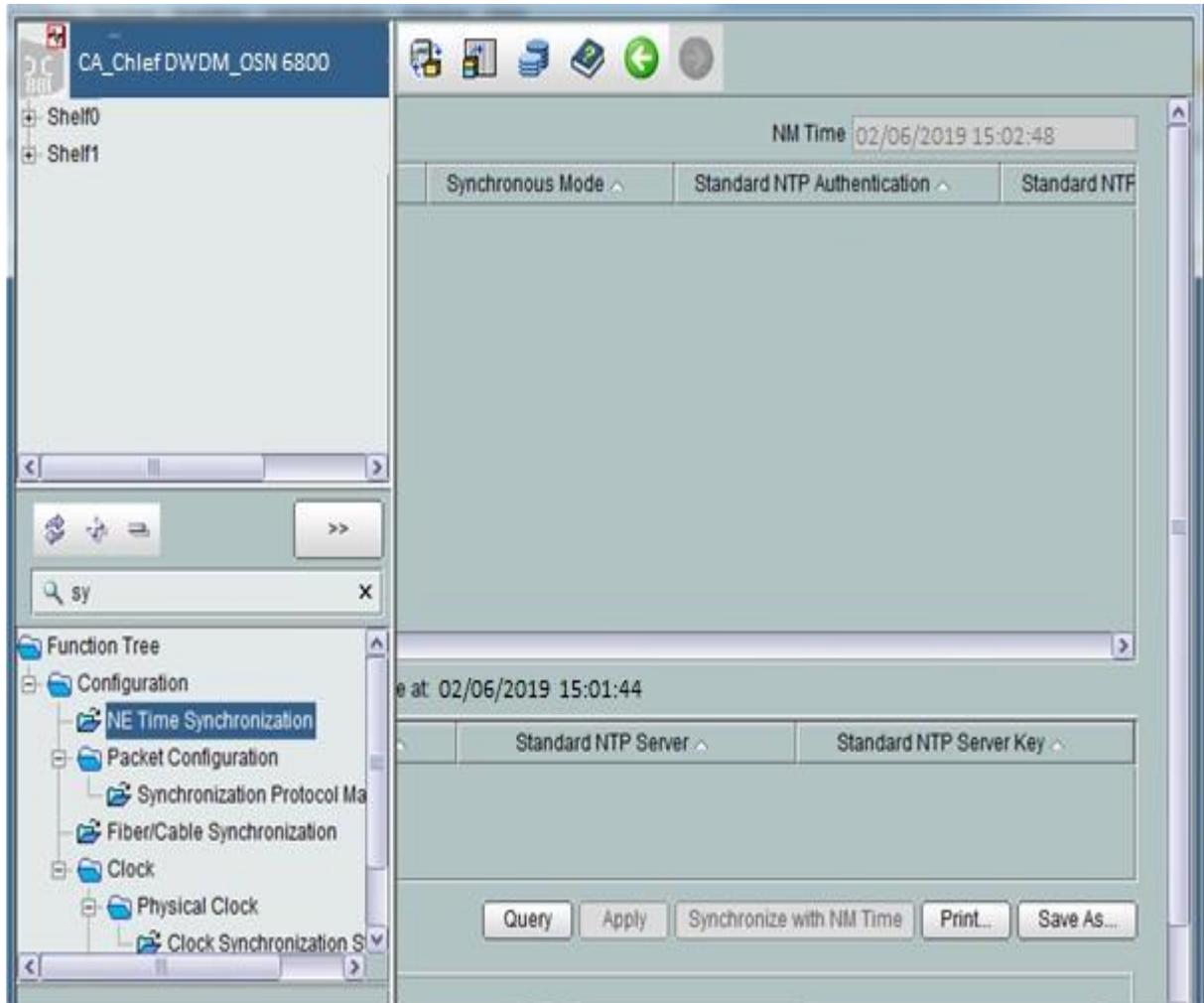


Figure III. 7 : Synchronisation des NE's

Une fois la synchronisation est établie, les LED des cartes utilisées pour la connexion sont allumées en vert. Les figures III.8 et III.9 présentent respectivement les cartes d'OSN 8800 de CHLEF et les cartes d'interconnexion d'OSN 6800 entre ELKHEMIS et AIN DEFLA.



Figure III. 8 : Casier des cartes d'équipement OSN 8800 de CHLEF

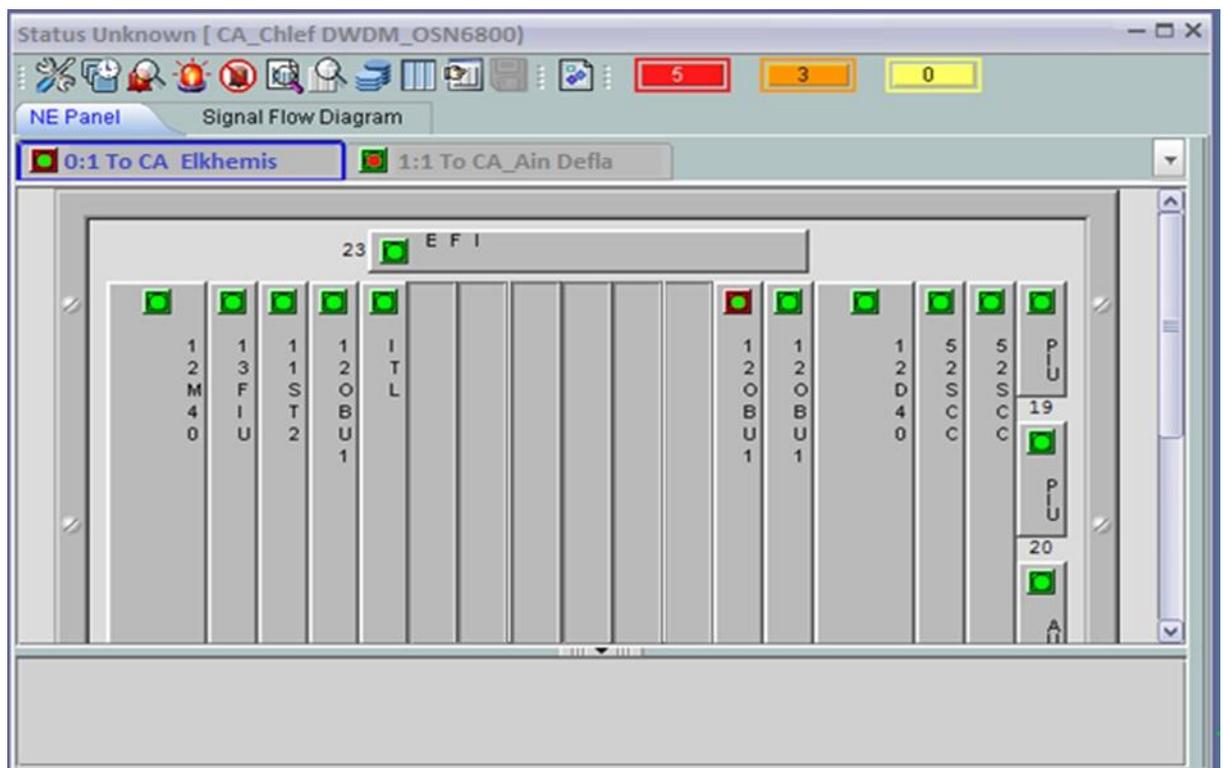


Figure III. 9 : Casier des cartes d'interconnexion entre Elkhemis et Ain defla OSN 6800

II.5.5 Activation des performances

Cette option permet d'assurer le bon fonctionnement du réseau et une bonne qualité de transmission. L'évaluation des performances est vérifiée chaque 15 min.

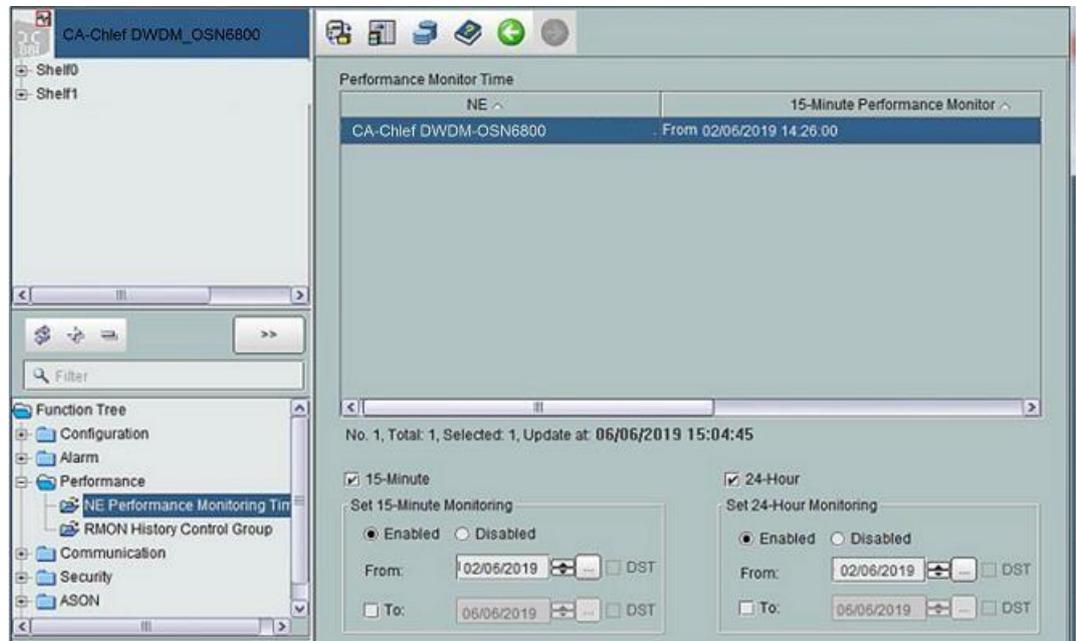


Figure III. 10 : Activation des performances.

Les critères d'évaluations utilisés sont :

- ✓ Le taux d'erreur binaire ou BER (Binary Error Rate) : prélevé au niveau de la réception, est un paramètre très important pour définir l'état du signal. Si le $BER \geq 10^{-6}$, la transmission est bonne sinon elle est médiocre.
- ✓ OSNR (Optical Signal Noise Ratio) : est le rapport signal sur bruit optique qui donne une estimation sur la qualité du signal optique.
- ✓ QoS (Quality of Service) ou qualité de service: est évaluée par le temps d'arrivée des paquets.

III.5.6 Création de cross-connection entre les NEs

Deux NE's connectés physiquement peuvent communiquer aussitôt que la synchronisation est établie (cas des liaisons N°2, N°4). Cependant, une liaison logique (N°6) ne pourra être fonctionnelle que si nous configurons une cross-connection entre les liaisons N°6 et N°2, et N°6 et N°4.

Pour configurer la cross-connection, j'accède au DCC Management de la carte FIU puis DCC Paramètres. Deux longueurs d'ondes (Source Wavelength) sont allouées à cette configuration : une pour l'émission M40 (figure III.12) et l'autre pour la réception D40 (figure III.13).

- ✓ Pour le M40, le canal utilisé est le 33 et la longueur d'onde attribuée (fréquence d'émission) est 194,450 THz.
- ✓ Pour le D40, le canal utilisé est le 34 et la longueur d'onde attribuée (fréquence de réception) est 192,800 THz.

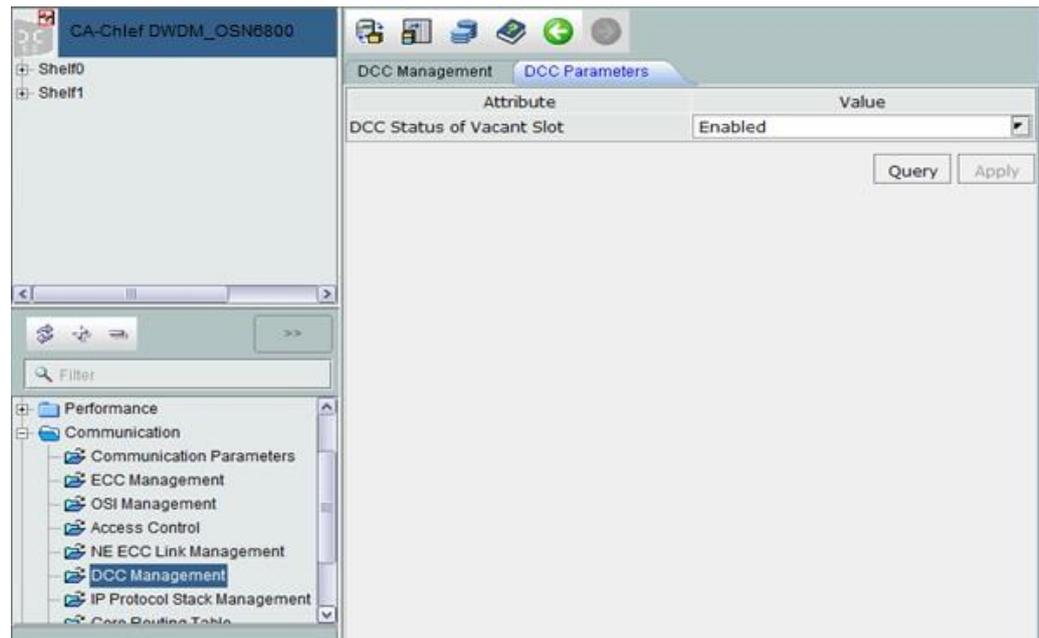


Figure III. 11. : Paramètres de la communication

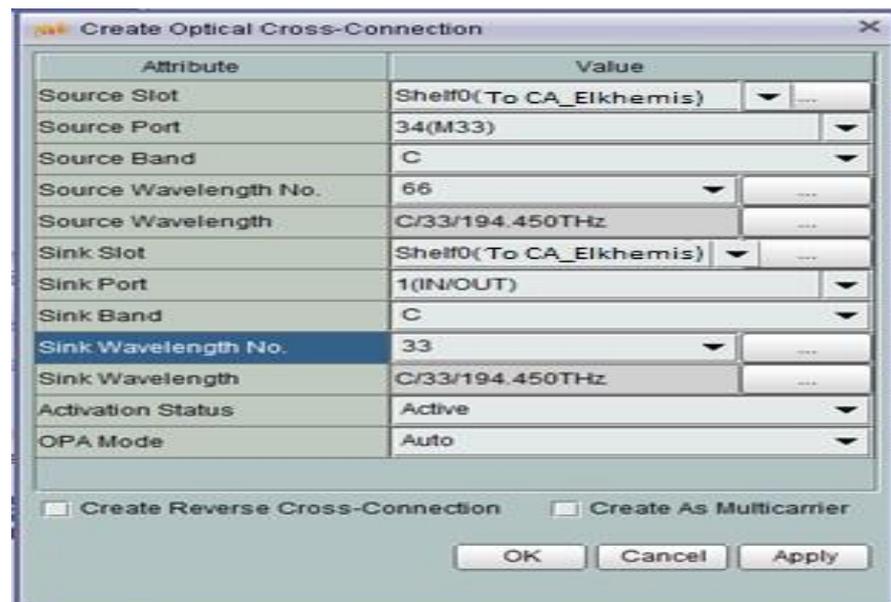


Figure III. 12 : Configuration de création une cross-connection pour l'émission

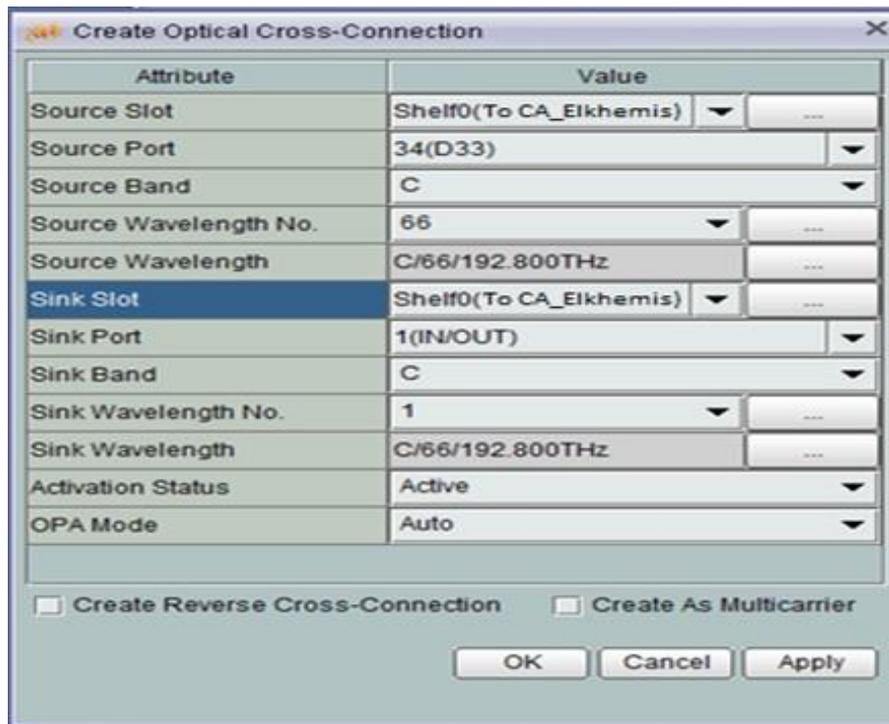


Figure III. 13 : Configuration de création une cross-connection pour réception

III.5.7 Protection de SNCP

Dans cette application, on utilise une protection de type SNCP :

La protection SNCP (Sub-Network Connection Protection) est réalisée avec le principe Concurrence d'émission et sélection de réception [11].

Le signal injecté alimente les deux fibres (de fonctionnement et de secours). Le nœud récepteur sélectionne le signal de la fibre en fonctionnement.

En cas de panne du canal de fonctionnement, le nœud récepteur bascule pour choisir le trafic provenant du canal de secours.

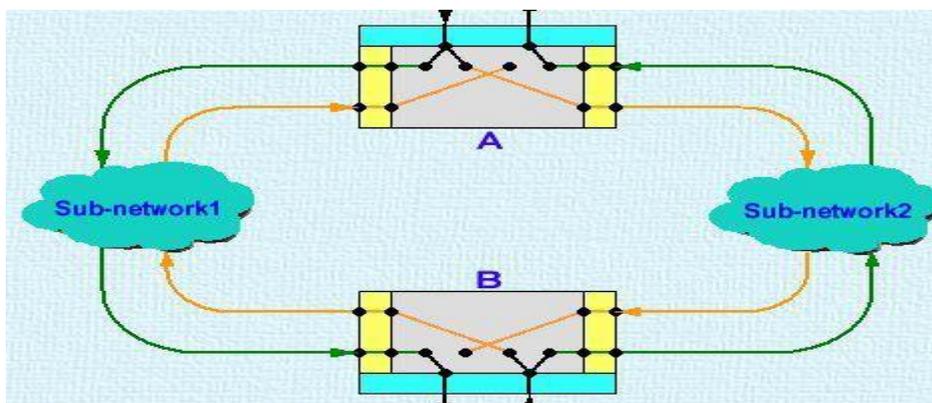


Figure III. 14 : Principe de la protection SNCP

Dans notre cas (NG-WDM) on va créer la protection SNCP de type ODUk. Le chemin principal est de NE °1 (Chlef) vers NE °2(Ain Defla), et le chemin de protection est de NE°1 (CHLEF) vers NE°2 (AIN DEFLA) passant par NE°3. (EL KHEMIS)

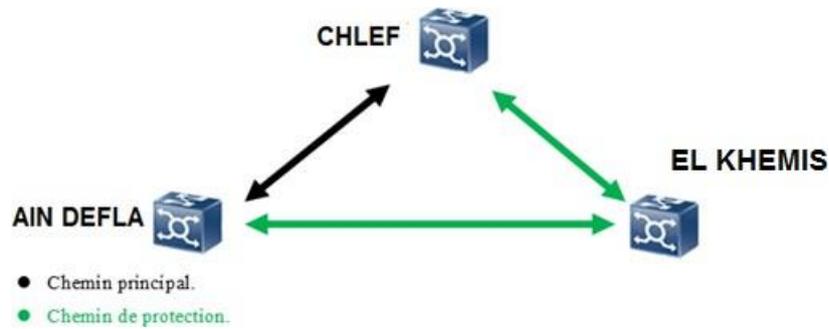


Figure III. 15 : Protection SNCP

Comme dans le cas du cross connexion, on va définir pour chaque chemin (principale et protection) la carte source et la carte de destination, comme montre la figure III. 16 .

Create SNCP Service

Protection Type: ODUK SNCP SNCP Type: SNC/I

Service Type: ODU0 OTN Level: -

Revertive Mode: Non-Revertive WTR Time (mm:ss): -

Working Channel Hold-Off Time (100ms): 0 Protection Channel Hold-Off Time (100ms): 0

SD Switching: Disabled Direction: Unidirectional

ODUflex Timeslots: -

Switching Mode: -

Attribute	Working Service	Protection Service
Source Slot	Shelf0(Master Shelf)-21-54...	Shelf0(Master Shelf)-22-54...
Source Optical Port	161(ODU0LP1/ODU0LP1)	161(ODU0LP1/ODU0LP1)
Source Optical Channel(e.g. 1, 3-...	1	1
Sink Slot	Shelf0(Master Shelf)-24-52T...	
Sink Optical Port	203(ClientLP3/ClientLP3)	
Sink Optical Channel(e.g. 1, 3-6)	1	
South Port Slot No.		
South Port No.		

Activate Immediately

OK Cancel Apply

Figure III. 16 : Configuration SNCP

III.6 Conclusion

Dans ce dernier chapitre j'avais proposé et étudié une architecture pour augmenter la capacité u réseau de la région KHEMIS en utilisant le logiciel de simulation U2000. Ce réseau pourra couvrir les besoins de KHEMIS et ses environs en haut débit. En effet, l'installation de nouveaux équipements de la technologie NG-WDM (OSN 8800 et 6800) et des cartes adéquates pourra résoudre le problème de la mauvaise qualité de la transmission et assuré ainsi une bonne qualité de service.

Conclusion générale

Face à l'augmentation de besoin en bande passante, les opérateurs doivent répondre à l'enjeu de repenser leur réseau en faisant un usage optimal de l'existant pour migrer vers des solutions mieux adaptées aux exigences du marché.

L'adoption de la technologie **NG WDM** par plusieurs opérateurs à travers le monde, témoigne de son succès, parmi eux Alger Télécom qui a fait le choix de base son réseau de transport de prochaine génération sur ladite technologie qui se distingue des autres par sa flexibilité, sa fiabilité et son évolutivité.

Pour la préparation de notre mémoire de Master, j'avais contribué au projet d'extension du système NG-WDM, par la proposition d'une architecture en anneau au niveau de la ville El KHEMIS et ses environs. Le choix de cette topologie prend en considération la sécurisation en cas de coupure ou de congestion par un lien de redondance virtuel entre El KHEMIS et CHLEF. La technique utilisée pour créer ce lien est la cross-connection.

J'avais également proposé un dimensionnement pour offrir un débit suffisant aux abonnés de cette zone, par l'installation des cartes adéquates.

Ensuite, j'avais activé les paramètres de contrôle du réseau pour améliorer les performances de celui-ci.

Enfin nous avons sécurisé des canaux de communication entre le centre de CHLEF et centre d'AIN DEFLA. Le trafic véhiculé entre ces deux villes ne pourra pas être décrypté par le centre d'EL KHEMIS.

En perspectives, je propose de sécuriser le réseau proposé par une liaison physique (installation de deux fibres optiques) entre El KHEMIS et CHLEF ou entre ELKHEMIS et BLIDA.

- ❖ [1] Lecoy Pierre, Communication sur la fibre optique, Ed. Lavoisier-hermès, 2014
- ❖ [2] CHAOU LI Ahmed et AMRI Mustapha, Etude comparative entre les systèmes de base $N \times 4 \times 2.5$ Gbits/s et les systèmes de base $N \times 10$ Gbits/s en WDM, mémoire de Ingéniorat, Magister, Institut National des Télécommunications et des Technologies de l'Information et de la Communication, JUIN 2009.
- ❖ [3] HUAWEI, « WDM Equipment Introduction & New Technology »
- ❖ [4] Walker, T. P. (2009). Optical Transport Network (OTN) Tutorial
- ❖ [5] Optical Transport Networks & Technologies Standardisation Work Plan. (2013). ITU.
- ❖ [6] HUAWEI, DWDM Transmission System Principle and Testing
- ❖ [7] Huawei, « Optix OSN 8800 Product Documentation, Configuration Guide » Huawei
- ❖ [8] BOUTALB N, «CONTRIBUTION DE LA MODULATION DPSK DANS LES SYSTÈME DE TRANSMISSION D'UN SIGNAL RADIO SUR FIBRE », INTTIC, 2009
- ❖ [9] «Hanout K, Gourine M». «Etude d'un Système de Transmission Optique par Multiplexage en Longueur d'Onde», INTTIC, 2018.
- ❖ [10] «LEMNIAI A ». « Etude et implémentation de la technologie NGWDM sur la boucle LW12 liant Oujda à Nador », FST FES, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, 2015.
- ❖ huawei. Bibliothèque. Support huawei, [En ligne]. Adresse URL : <http://support.huawei.com/>

Université Laval. Bibliothèque. Ressources pour vos recherches, [En ligne]. Adresse URL : <http://www.bibl.ulaval.ca/>

Annexe A

Titre des Recommandations UIT-T révisées ou nouvelles approuvées à la réunion de la Commission d'études 15

- ❖ Recommandation UIT-T G.671 révisée - Caractéristiques de transmission des composants et sous-systèmes optiques ;
- ❖ Recommandation UIT-T G.774 révisée - Hiérarchie numérique synchrone - Modèle d'information de gestion du point de vue des éléments de réseau ;
- ❖ Recommandation UIT-T G.774.1 révisée - Surveillance de la qualité de fonctionnement bidirectionnel de la hiérarchie numérique synchrone du point de vue des éléments de réseau ;
- ❖ Recommandation UIT-T G.774.2 révisée - Configuration de la structure de la charge utile de la hiérarchie numérique synchrone du point de vue des éléments de réseau ;
- ❖ Recommandation UIT-T G.774.3 révisée - Hiérarchie numérique synchrone - Protection des sections de multiplexage du point de vue des éléments de réseau ;
- ❖ Recommandation UIT-T G.774.4 révisée - Hiérarchie numérique synchrone - Gestion de la protection des connexions de sous-réseau du point de vue des éléments de réseau ;
- ❖ Recommandation UIT-T G.774.5 révisée - Gestion, dans la hiérarchie numérique synchrone, de la fonction de surveillance de la connexion, de niveau supérieur et de niveau inférieur, du point de vue des éléments de réseau ;
- ❖ Recommandation UIT-T G.774.6 révisée - Hiérarchie numérique synchrone - Surveillance de la qualité de fonctionnement unidirectionnelle du point de vue des éléments de réseau
- ❖ Recommandation UIT-T G.774.7 révisée - Hiérarchie numérique synchrone - Gestion de l'étiquetage d'interface et des traces de conduits d'ordre inférieur du point de vue des éléments de réseau ;
- ❖ Recommandation UIT-T G.774.8 révisée - Hiérarchie numérique synchrone - Gestion des faisceaux hertziens du point de vue des éléments de réseau ;
- ❖ Recommandation UIT-T G.774.9 révisée - Hiérarchie numérique synchrone - Configuration des systèmes de protection linéaire des sections de multiplexage du point de vue des éléments de réseau ;
- ❖ Recommandation UIT-T G.995.1 révisée - Aperçu général des Recommandations relatives aux lignes d'abonné numérique ;
- ❖ Projet de Recommandation UIT-T G.996.1 révisée - Procédures de test pour les émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique ;

- ❖ Nouvelle Recommandation UIT-T G.709 - Interface de nœud de réseau pour le réseau de transport optique (OTN) ;
- ❖ Nouvelle Recommandation UIT-T G.774-10 - Hiérarchie numérique synchrone - Gestion des boucles de protection partagée de section de multiplexage du point de vue des éléments de réseau ;
- ❖ Nouvelle Recommandation UIT-T G.959.1 - Interfaces de la couche physique du réseau optique de transport ;
- ❖ Nouvelle Recommandation UIT-T G.989.1 - Emetteurs-récepteurs pour réseaux de lignes téléphoniques - Principes fondamentaux ;
- ❖ Nouvelle Recommandation UIT-T G.991.2 - Emetteurs-récepteurs pour ligne d'abonné à haute vitesse sur paire unique (SHDSL) ;
- ❖ Recommandation UIT-T G.994.1 révisée - Procédures de prise de contact pour les émetteurs-récepteurs de ligne d'abonné numérique.

Annexe B

- Configuration des NE (Network Element)

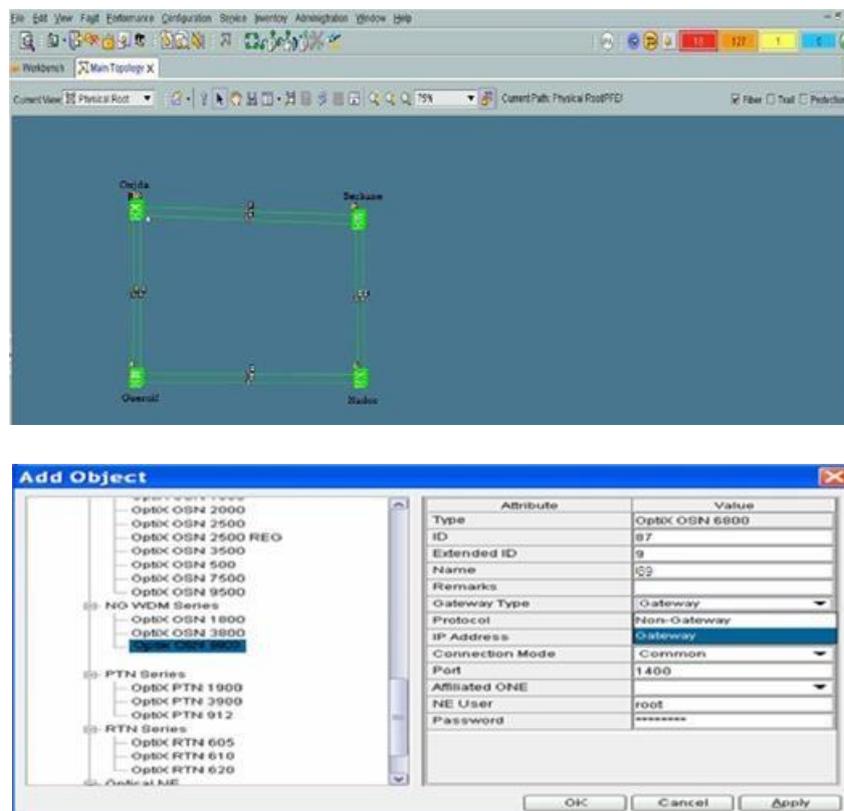


Figure. B. 1. Création d'un NE (Network Élément).

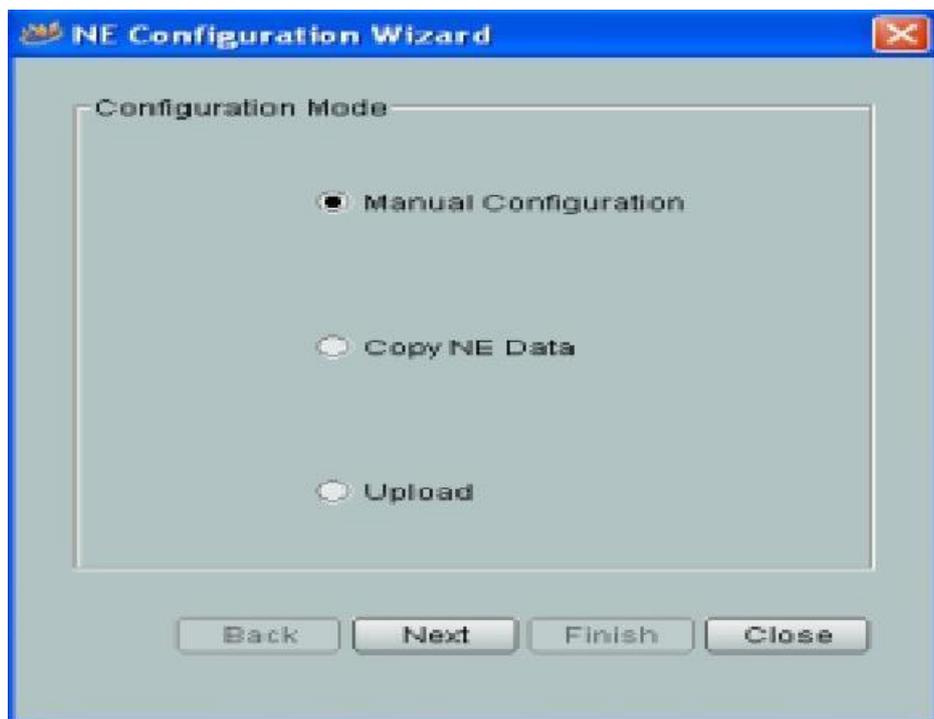


Figure. B. 2. Mode de configuration

Après la mise en place de la NE sur le site correspondant on passe à la configuration sur la plate-forme U2000 et se fera de la façon suivante

- On allume d'abord le NE et on vérifie le bon fonctionnement
- On affecte une adresse IP au NE
- On remplit les champs d'entrée pour accéder à NE
- La route entre la NE et le U2000 doit être accessible

• **Ajout des cartes :**

Ajouter manuellement des cartes qu'on va utiliser dans le site concerné conseils.

Télécharger les données de la NE (on doit être connecté directement à l'optix 8800)

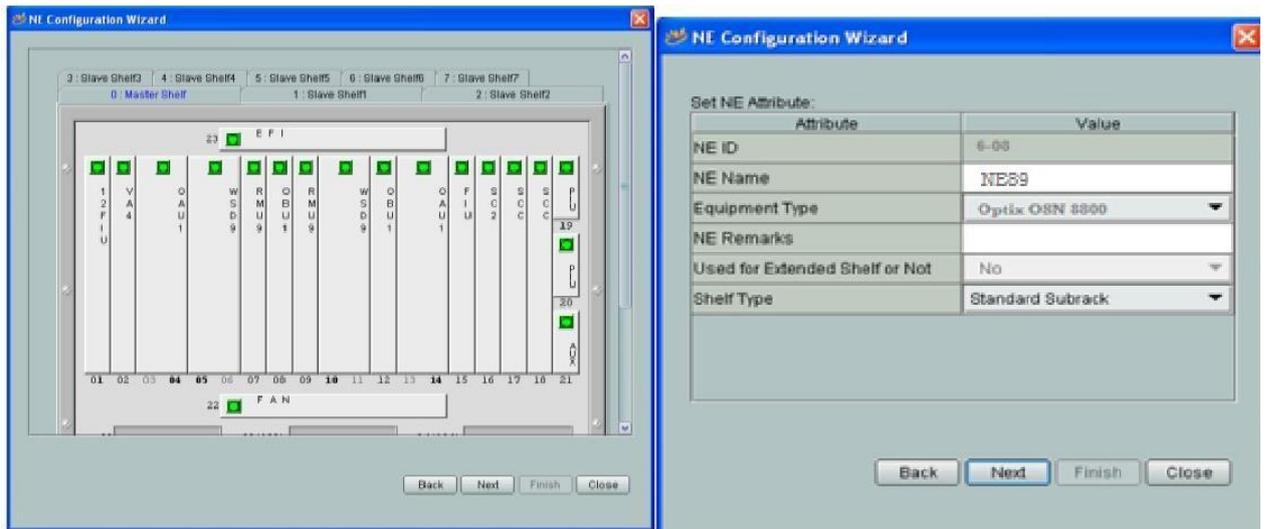


Figure. B. 3. Configuration du NE