



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques Fès
Département Génie Electrique



Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par

LEMNIAI ABDELHAK

Pour l'obtention du diplôme

Ingénieur d'Etat en

SYSTEMES ELECTRONIQUES & TELECOMMUNICATIONS

Intitulé

**Etude et implémentation de la technologie NGWDM
sur la boucle LW12 liant Oujda à Nador**

Encadré par :

Pr : ABDI Farid (FST Fès)

Mr : BENSAOUD Nouamane (MRS)

Soutenu le 30 Juin 2015, devant le jury composé de :

Pr : Mr F. ABDI.....: Encadrant

Pr : Mr A. AHITOUF..... : Examineur

Pr : Mr A. MECHAQRANE..... : Examineur

Dédicaces

A ma mère, pour son amour, pour sa tendresse inépuisable.

A mon père, pour son soutien inestimable.

*A mes frères et mes sœurs, à qui je souhaite tout le
bonheur du monde.*

*A tous mes oncles et tantes, pour leurs présences et leurs
soutiens.*

A tous mes cousins et cousines, pour leurs encouragements.

*A tous mes meilleurs amis, pour n'avoir cessé de me
combler de supports et compliments.*

*A toute personne qui m'a fait découvrir et apprécier le
sens de la recherche et de l'innovation.*

ABDELHAK LEMNIAI

Remerciements

Au nom d'Allah le tout miséricordieux, le très miséricordieux. Ce travail, ainsi accompli, n'aurait point pu arriver à terme, sans l'aide, le soutien et tout le guidage d'Allah, louangeau tout miséricordieux, le Seigneur de l'univers. C'est avec joie que je m'acquitte d'une dette de reconnaissance auprès de toutes les personnes dont l'intervention au cours de ce projet a favorisé son aboutissement. Je remercie ma famille et mes amis pour leurs soutiens inestimables. Je remercie en particulier mes parents pour leurs sacrifices dont ils ont témoigné durant toute la période de mon enseignement. Mes remerciements vont également à mon frère, pour m'avoir accueilli chez lui à Mohammedia durant toute la période de la réalisation de mon stage.

Je remercie Monsieur, le Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès ; le corps professoral et administratif de la FST de Fès pour leurs participations à notre formation et pour leurs contributions efficaces dans l'organisation des enseignements SET à la FST de Fès.

Je remercie Monsieur, le directeur de L'entreprise Maroc Réseaux Systèmes pour m'avoir offert un stage au sein de son établissement ainsi que le personnel du Département de Transmission de MRS. Ma profonde gratitude est adressée à mes encadrants : Monsieur, Bensaoud NOUAMANE mon encadrant au sein d'MRS), Monsieur ABDI FARID pour leurs aides, conseils précieux ainsi que pour le temps qu'ils m'ont bien consacré tout au long de la réalisation de ce stage.

Finalement, je remercie les membres du corps professoral de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès qui ont bien voulu examiner ce mémoire et participer au jury.

Résumé

Le secteur télécom connaît aujourd’hui une profonde mutation et une augmentation importante au niveau de la demande en service téléphonique et en service internet et du coup les opérateurs se trouvent dans l’exigence de répondre aux besoins des clients et s’engagent à préparer les infrastructures et les solutions. ITISSALAT AL MAGHRIB désigné Maroc Télécom l’un des opérateurs qui suit cette demande cherche à améliorer ses réseaux de transmission.

C’est dans ce cadre que rentre mon projet de fin d’études, qui est effectué dans le département de Transmission de Maroc Réseau Systèmes.

La technologie NGWDM vient pour faire face à l’augmentation de la demande en bande passante et à préparer une solution fiable et durable.

Ce travail expliquera en un premier lieu la communication optique et puis met l’accent sur les caractéristiques de la technologie NGWDM et les différents équipements utilisés, A la fin, nous allons entamer la solution proposée et les différentes étapes de mise en place de la boucle LW12 (Oujda-Nador).

Mots clés: Transmission, NGWDM , OTN, Protocole ASON, MRS, Maroc.

Abstract

The telecom sector is currently experiencing profound changes and a significant increase in demand for telephone service and internet service. operators and suddenly find themselves in the need to respond to customer needs and undertake to prepare infrastructure and solutions. ITISSALAT Al Maghrib ‘Morocco Telecom’ appointed one of the operators following this request seeks to improve its transmission networks.

It is in this context that enter my graduation project, which is carried out in the Transmission Department of “Maroc Réseaux Systèmes” .

The NGWDM technology comes to deal with the increased demand for bandwidth and to prepare a reliable and durable solution.

This document will explain optical communication, after that we will focus on the characteristics of the NGWDM and the various equipment employed. An important part will be dedicated to the solution of Huawei and the various steps of upgrading of a loop LW12 (Oujda-Nador)

Keywords: transmission, NGWDM, OTN, ASON protocol, MRS, Morocco.

Table des matières

DEDICACES	II
REMERCIEMENTS	III
RESUME	IV
ABSTRACT	V
TABLE DES MATIERES	VI
Liste des figures	IX
Liste des tableaux	XI
Liste des acronymes	XII
INTRODUCTION GENERALE	XIII
CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET	- 1 -
I. INTRODUCTION	- 1 -
II. ORGANISME D'ACCUEIL	- 1 -
1. <i>Maroc Réseaux Systèmes</i>	- 1 -
2. <i>Structure adoptée par MRS</i>	- 1 -
3. <i>Service Transmission</i>	- 3 -
III. PROBLEMATIQUE	- 3 -
IV. CONTEXTE ET CAHIER DES CHARGES DU PROJET	- 4 -
1. <i>Contexte du projet</i>	- 4 -
2. <i>Cahier des charges</i>	- 4 -
3. <i>Missions</i>	- 4 -
4. <i>Cahier des charges:</i>	- 5 -
5. <i>Charte du projet</i>	- 7 -
6. <i>Planning du projet</i>	- 8 -
V. CONCLUSION :	- 8 -
CHAPITRE II : LA TECHNOLOGIE WDM	- 10 -
I. INTRODUCTION	- 10 -
II. PRINCIPE ET CARACTERISTIQUES :	- 10 -
1. <i>Principe de fonctionnement</i>	- 10 -
2. <i>Attributs</i>	- 11 -
III. DIFFERENTS TECHNOLOGIES WDM :	- 13 -
1. <i>CWDM</i>	- 14 -
2. <i>DWDM</i> :	- 15 -
IV. ELEMENTS DE RESEAU WDM :	- 17 -
1. <i>OTM (Optical Terminal Multiplexer)</i>	- 17 -
2. <i>OLA</i>	- 19 -
3. <i>REG : Regenerator</i> :	- 19 -

4.	<i>OADM : Optical Add/Drop Multiplexing</i>	20
V.	TOPOLOGIES.....	22
1.	<i>Point à point</i>	22
2.	<i>Chaine</i>	22
3.	<i>Anneau</i>	23
VI.	TYPES DE PROTECTION :	23
1.	<i>OLP: Optical Line Protection:</i>	24
2.	<i>Inter-Broad Wavelength Protection:</i>	24
VII.	CONCLUSION:.....	25
CHAPITRE III : LA TECHNOLOGIE NGWDM		26
I.	INTRODUCTION :	26
II.	OPTICAL TRANSPORT NETWORK (OTN):	26
1.	<i>Introduction</i> :.....	26
2.	<i>Les couches d'un réseau OTN</i> :.....	27
3.	<i>Mappage des services dans un réseau OTN</i> :.....	27
4.	<i>Structure de la trame OTN:</i>	29
III.	ROADM: RECONFIGURABLE OPTICAL ADD/DROP MULTIPLEXER	31
1.	<i>Introduction</i>	31
IV.	AUTOMATICALLY SWITCHED OPTICAL NETWORK (ASON):.....	33
1.	<i>Introduction</i> :.....	33
2.	<i>Présentation de l'ASON</i> :.....	33
3.	<i>Description de l'ASON</i>	33
4.	<i>Avantages de l'ASON</i> :.....	34
5.	<i>La structure des réseaux ASON</i> :	35
6.	<i>Localisation et modules du logiciel ASON</i> :	36
7.	<i>Protection et niveaux de services:</i>	36
V.	CONCLUSION :	38
CHAPITRE IV : LA SOLUTION OPTIX OSN 8800		40
I.	INTRODUCTION	40
II.	SOLUTION HUAWEI OPTIX OSN 8800.....	40
1.	<i>Architecture du système:</i>	40
2.	<i>Emplacement dans le réseau:</i>	41
3.	<i>Les spécifications techniques:</i>	41
4.	<i>Caractéristique de l'OSN 8800</i>	43
5.	<i>Spécification des cartes</i> :.....	43
III.	LES MODES DE PROTECTION PRIS EN CHARGE PAR OPTIX OSN.....	45
IV.	CONCLUSION	52
CHAPITRE IV : REALISATION DE LA BOUCLE NGWDM LW12		53
I.	INTRODUCTION	53
1.	<i>plan technique</i>	53
2.	<i>Design de la boucle</i> :	55
II.	PLANIFICATION.....	59
1.	<i>Planification des MUX et DEMUX</i>	59
2.	<i>Planification des amplifications OA</i> :.....	59
V.	BILAN DE LA LIAISON OPTIQUE :	60

1.	<i>Bilan de dispersion</i>	- 61 -
2.	<i>Ou installer la DCM ?</i>	- 62 -
3.	<i>Bilan de puissance</i>	- 63 -
VI.	ACCEPTANCE AVEC LE CLIENT :.....	- 66 -
VII.	ETAT DES LIEUX AVANT ET APRES LE PROJET :	- 66 -
1.	<i>Etat avant le projet</i> :	- 67 -
2.	<i>Etat après le projet</i> :.....	- 67 -
VIII.	CONCLUSION.....	- 68 -
	CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES:	- 69 -
	ANNEXES:	- 70 -
	BIBLIOGRAPHIE	- 79 -

Liste des figures

FIGURE 1 : STRUCTURE ADOPTEE	- 2 -
FIGURE 2 : POSITION DES SITES DE NOTRE BOUCLE NGWDM.....	- 5 -
FIGURE 3 : SCHEMA VISE DE LA BOUCLE.....	- 5 -
FIGURE 4 : DIAGRAMME DE GANT.....	- 8 -
FIGURE 5 : SCHEMA DE PRINCIPE DU MULTIPLEXAGE WDM	- 11 -
FIGURE 6 : ATTENUATION DE CELLE DE LA FIBRE COMPAREE A CELLE DU CUIVRE	- 12 -
FIGURE 7 : DIAGRAMME D'ATTENUATION SELON LA LONGUEUR D'ONDE.....	- 13 -
FIGURE 8 : BANDE DE FREQUENCE UTILISEE EN WDM.....	- 13 -
FIGURE 9 : CANAUX CWDM	- 15 -
FIGURE 10 : STRUCTURE ET SPECTRE OPTIQUE D'UN SYSTEME DWDM	- 16 -
FIGURE 11 : CHAINE TYPE WDM.....	- 17 -
FIGURE 12 : SCHEMA BLOC DE L'OTM (SIGNAL FLOW)	- 17 -
FIGURE 13 : SCHEMA BLOC DE L'OLA (SIGNAL FLOW).....	- 19 -
FIGURE 14 : SCHEMA BLOC D'UN REG (SIGNAL FLOW)	- 20 -
FIGURE 15 : SCHEMA GRAPHIQUE D'UN SERIAL OADM	- 21 -
FIGURE 16 : SCHEMA GRAPHIQUE D'UN PARALLEL OADM.....	- 22 -
FIGURE 17 : SCHEMA D'UN RESEAU WDM POINT A POINT.....	- 22 -
FIGURE 18 : SCHEMA D'UN RESEAU WDM EN CHAINE.....	- 23 -
FIGURE 19 : SCHEMA D'UN RESEAU WDM EN BOUCLE SIMPLE	- 23 -
FIGURE 20 : OPTICAL LINE PROTECTION OLP	- 24 -
FIGURE 21 : INTER-BROAD WAVELENGTH PROTECTION	- 25 -
FIGURE 22 : FLUX DU SIGNAL OTN	- 28 -
FIGURE 23 : STRUCTURE DE LA TRAME OTN	- 29 -
FIGURE 24 : SCHEMA DU ROADM	- 32 -
FIGURE 25 : SCHEMA DE L'ASON TRAIL.....	- 35 -
FIGURE 26 : LES TROIS PLANS DE L'ASON	- 36 -
FIGURE 27 : PROTECTION ET RESTAURATION POUR UN RESEAU MAILLE.....	- 37 -
FIGURE 28 : ARCHITECTURE DU SERVICE « DIAMOND ».....	- 38 -
FIGURE 29 : L'OPTIX OSN 8800	- 41 -
FIGURE 30 : BASCULEMENT DU CWDM AU DWDM	- 42 -
FIGURE 31 : CONFIGURATION DE L'EQUIPEMENT CWDM POUR TRANSPORTER DES LONGUEURS DWDM	- 42 -
FIGURE 32 : CONCEPT DE LA PROTECTION LINAIRE.....	- 46 -
FIGURE 33 : CONCEPT DE LA 1+1 LINEAR MS PROTECTION.....	- 46 -
FIGURE 34 : BASCULEMENT VERS LE CANAL DE PROTECTION.....	- 47 -
FIGURE 35 : CONCEPT DE LA 1 : N LINEAR MSP.....	- 47 -
FIGURE 36 : REALISATION DU « BRIDGING ».....	- 47 -
FIGURE 37 : REALISATION DU « SWITCHING ».....	- 48 -
FIGURE 38 : MSP RING'S WORKING AND PROTECTION CHANNELS.....	- 48 -
FIGURE 39 : 2F_MS SPRING DANS LE CAS NORMAL	- 49 -
FIGURE 40 : 2F_MS SPRING EN CAS DE RUPTURE DE LIEN.	- 49 -
FIGURE 41 : CONCURRENT SENDING AND SELECTIVE RECEIVING	- 50 -
FIGURE 42 : OPERATION DE SWITCHING VERS LE CANAL DE PROTECTION	- 50 -

FIGURE 43 : LES PANNEAUX DES SITES OUJDA/GUERCIF	- 51 -
FIGURE 44 : LES PANNEAUX DES SITES BERKANE/NADOR	- 51 -
FIGURE 45 : MATRICE DE TRAFFIC	- 54 -
FIGURE 46 : CROQUIS D'UN SITE NGWDM	- 56 -
FIGURE 47 : LA TOPOLOGIE DE LA BOUCLE NG WDM D'IAM	- 58 -
FIGURE 48 : PUISSANCE DE SORTIE D'UN MUX.....	- 59 -
FIGURE 49 : AMPLIFICATEUR OPTIQUE	- 59 -
FIGURE 50 : INTERNE DE L'OAU.....	- 60 -
FIGURE 51 : SCHEMA DE LIAISON OUJDA / BERKANE	- 61 -
FIGURE 52 : EMBLEMMENT DU DCM	- 62 -
FIGURE 53 : CHOIX DU DCM	- 62 -
FIGURE 54 : BILAN DE PUISSANCE	- 63 -
FIGURE 55 : BILAN COMPLET DE LA LIAISON.....	- 65 -
FIGURE 56 : CREATION D'UN NE (NETWORK ELEMENT).	- 70 -
FIGURE 57 : MODE DE CONFIGURATION	- 71 -
FIGURE 58: CONFIGURATION DU NE	- 71 -
FIGURE 59 : QUERYING THE DCC CONFIGURATION	- 73 -
FIGURE 60 : ACTIVATION DE L'ASON FEATURE.....	- 73 -
FIGURE 61 : UPLOADING NE CONFIG DATA	- 75 -
FIGURE 62 : CREATION DE L'ASON TOPOLOGIE	- 76 -
FIGURE 63 : SYNCHRONISER TE LINKS	- 77 -

Liste des tableaux

TABLEAU 1: FICHE SIGNALÉTIQUE DE LA SOCIÉTÉ MRS.....	- 2 -
TABLEAU 2 : DISTANCES ENTRE VILLES ET ATTÉNUATIONS	- 6 -
TABLEAU 3: CHARTE DU PROJET.....	- 7 -
TABLEAU 4 : BANDE DE FRÉQUENCE EN WDM	- 13 -
TABLEAU 5 : DIFFÉRENTES CARACTÉRISTIQUES DES MODES WDM.	- 14 -
TABLEAU 6 : LES DÉBITS DE CHAQUE NIVEAU	- 28 -
TABLEAU 7 : TRAME OTU.....	- 29 -
TABLEAU 8 : NIVEAUX DE SERVICE ASON.....	- 37 -
TABLEAU 9 : SPÉCIFICATION DES CARTES.....	- 43 -
TABLEAU 10: LES TYPES DE PROTECTIONS.....	- 48 -
TABLEAU 11 : MATRICE DE TRAFFIC	- 54 -
TABLEAU 12 : INFORMATIONS À COLLECTER.....	- 55 -
TABLEAU 13: OUTILS NÉCESSAIRES POUR LE COMMISSIONNEMENT	- 56 -
TABLEAU 14 : DISTANCES ENTRE VILLES ET ATTÉNUATIONS	- 57 -
TABLEAU 15 : LES TYPES D'AMPLIFICATEURS	- 59 -
TABLEAU 16 : CARACTÉRISTIQUES DES MODULES DCM.....	- 61 -
TABLEAU 17 : PERTES D'INSERTION	- 63 -

Liste des acronymes

ASON:	Automatically Switched Optical Network
ADM:	Add/ Drop Multiplexer
ATM:	Asynchronous Transfer Mode
ALS:	Automatic Lazer Shutdown
APS:	Automatic Protection Switching
BF:	Basses Fréquences
BER:	Bit Erreur Ratio
CRC:	Cyclic Redundancy Check
CWDM:	Coarse Wavelength Division Multiplexing
DCC:	Data Communication Channel
DCN:	Data Communication Network
DDF:	Digital Distribution Frame
DWDM:	Dense Wavelength Division Multiplexing
DXC:	Digital Cross-Connection
DCM:	Dispersion compensation module
DGE:	Dynamic gain equalizer
EDFA:	Erbium Doped Fiber Amplifier
EXP:	Experimental field
FDM:	Frequency division Multiplexing
FIU:	Fiber Interface Unit
FOADM:	Fixed optical add/drop multiplexer
FEC:	Forward erreur correction
FTFL:	Fault type fault location
GSM:	Global System for Module Communications
HDTV:	High Definition Television
ID:	Identifier

ITU:	International Telecommunication Union
IETF:	Internet Engineering Task Force
IEEE:	Institute of Electrical and Electronic Engineers
LAN:	Local Area Network
LSP:	Label Switch Path
MAN:	Metropolitan Area Network
NE:	Network Element
NG WDM:	New Generation Wavelength Division Multiplexing
NMS:	Network Management System
NE:	Network element
OTN:	Optical Transport Network
OADM:	Optical Add/Drop Multiplexing unit
OAM:	Operation, Administration and Maintenance
OAU:	Optical Amplifier Unit
OBU:	Optical Booster Unit
OCH:	Optical Channel
ODF:	Optical Distribution Frame
ODU:	Optical Data Unit
OLA:	Optical Line Amplifier
OLP:	Optical Line Protection
OSNR:	Optical Signal To Noise Ratio
OTM:	Optical Terminal Multiplexer
OTU:	Optical Transponder Unit
OPU:	Optical pre-amplifier unit
OLP:	Optical Line Protection
PCC:	Protection Communication Channel
PM:	Path Monitoring
PMD:	Polarization mode dispersion
PMU:	Power Management Unit
REG:	Regenerator
ROADM:	Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexing unit

SC1:	Unidirectional optical supervisory channel unit
SC2:	Bidirectional optical supervisory channel unit
SCC:	System control & communication
SDH:	Synchronous digital hierarchy
SNCP:	Sub Network
STM:	Synchronous transport module
TPS:	Tributary Protection Switching
TDM:	Time Division Multiplexing
VOA:	Variable optical attenuator
WDM:	Wavelength Division Multiplexing

Introduction générale

Les usages mobiles connaissent aujourd'hui une profonde mutation et une augmentation importante au niveau de la demande des services téléphoniques et des services internet,

En effet, les opérateurs seraient incapables de répondre aux demandes des entreprises telles qu'elles sont aujourd'hui en utilisant les anciennes techniques de transmission. Ainsi la technologie de multiplexage par longueur d'onde(WDM) fit son apparition en tant que solution à des problèmes, parmi lesquels : l'engorgement des réseaux et l'acheminement des trafics de plus en plus important, d'où la fiabilité de la NG-WDM.

Non seulement, plus fiable, mais cette nouvelle technologie se dote d'une capacité plus élevée et son rapport performance/cout est nettement meilleur. Bien plus facile à manipuler, elle rend possible l'utilisation de fibres existants sans demander d'équipements d'avantage et de travaux de génie civil.

La société Maroc Réseaux Systèmes, étant chargé de l'installation de cette boucle, a choisi d'utiliser l'équipement OptiX OSN 8800 propre à HUAWEI pour donner sur la base du cahier des charges une solution qui doit répondre aux exigences demandées par les clients de Maroc Telecom et permettant aussi une migration vers des solutions tout IP. C'est dans cet objectif que ce projet m'a été en partie confié, ce qui a abouti à l'élaboration de ce document structuré en cinq chapitres articulés comme suite :

Chapitre I :

Donne une présentation globale du projet tout en illustrant le cahier des charges et le planning suivi pour la réalisation du projet.

Chapitre II :

Dans ce chapitre nous allons présenter la technologie WDM et son principe de fonctionnement ainsi que les mécanismes de protections

Chapitre III :

Dans ce chapitre, nous allons présenter la technologie NGWDM et le protocole ASON tout en mettant l'accent sur les avantages de ces deux concepts.

Chapitre IV :

Au fil de ce chapitre, nous allons présenter la solution Optix OSN 8800 de Huawei

Chapitre V :

Au cours de ce chapitre nous allons présenter la processus de l'implémentation de la boucle LW12 NG-WDM,

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I. Introduction

Dans cette première partie, je présente l'organisme d'accueil qui est l'entreprise « Maroc Réseau Systèmes » qui a été chargé de mettre en place la boucle liant Oujda à guercif et nador et Berkane en exploitant les équipements de Huawei Technologie nécessaires à sa réalisation. Ensuite je décris brièvement le contexte autour duquel se déroulent mon projet de fin d'étude et les tâches qui m'ont été confiées pour permettre d'implémenter la technologie NGWDM, tout en citant les principales missions effectuées à MRS durant ma période de stage sur Casablanca.

II. Organisme d'accueil

1. Maroc Réseaux Systèmes



Maroc Réseaux Systèmes est une entreprise marocaine spécialisée dans les nouvelles technologies de l'information et de la communication. Créée en 2002, l'entreprise s'est rapidement distinguée de ses concurrents sur le marché des NTIC, et spécialement dans les télécommunications où elle a su développer un savoir-faire inégalé sur le marché national, lui permettant même de prospecter les opportunités internationales. L'expertise de l'équipe technique d'MRS, essentiellement composée d'ingénieurs expérimentés, permet d'assurer aux clients les résultats escomptés dans les délais convenus

2. Structure adoptée par MRS

L'équipe de la société est organisée de la façon représentée par le schéma suivant :

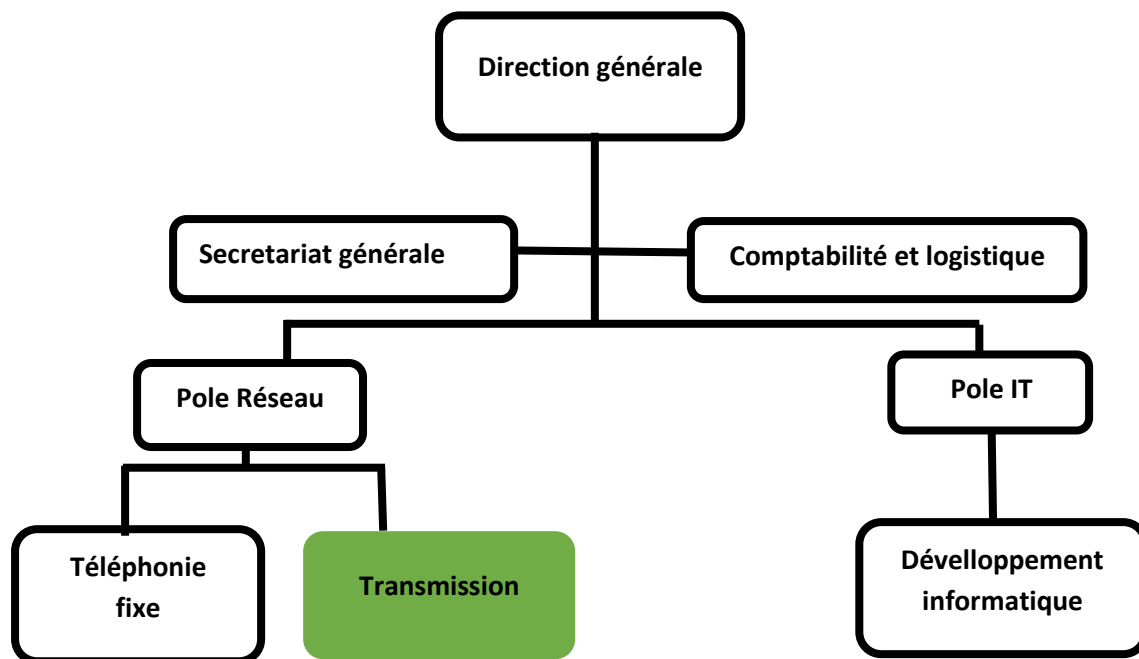



Figure 1 : structure adoptée

- **Fiche signalétique de la société MRS :**

Le tableau suivant présente la fiche signalétique de la société MRS :

Tableau 1: Fiche signalétique de la société MRS

Dénomination de la société	Maroc Réseaux Systèmes
Date de création	2002
Statut juridique	S.A.R.L
Activité	Implémentation des infrastructures Télécom
Segment clientèle	Entreprises
Partenariats majeurs	Huawei, IAM, Medi Telecom, ONCF
Effectif	100 personnes
Téléphone	0 52-244- 57- 94
Fax	052-2 44- 57- 95
Logo	

3. Service Transmission

Mon stage de fin d'étude a été effectué au sein du département transmission de MRS. La structure organisationnelle est présentée dans l'organigramme en dessus. Les ingénieurs travaillant dans ce Département se concentrent sur : installation, déploiement et maintenance de son réseau. Dans le Département transmission, les projets concernent trois catégories :

- La première : WDM, NGWDM
- La deuxième : SDH, NGSDH
- La troisième : FH (Faisceau Hertzien)

Mon sujet de fin d'étude rentre dans la première catégorie et il est d'actualité il concerne plus précisément la NGWDM.

III. Problématique

Les clients Mobile qu'ils soient particuliers ou professionnels sont de plus en plus avertis lors du choix d'un service de transmission. Ils réclament un service de qualité en termes de disponibilité et de flexibilité et cela à un prix adapté à leur besoin. Pour éviter la perte des clients ou d'abonnés, les fournisseurs de services ou les opérateurs doivent prendre en considération leurs attentes tout en se préservant une marge commerciale viable. Ce challenge nécessite une innovation importante au niveau des solutions proposées. Les réseaux existants se basent sur la technologie SDH qui se caractérise par le fait qu'ils supportent les technologies de transmission TDM et de services paquets.

Toutefois, Ces deux technologies, ne peuvent pas être manipulées sur un même équipement. Chaque technologie fournit ces services via son propre réseau indépendamment de l'autre. Dans ces conditions, les débits de transmission de données de ces réseaux doivent être régulés afin de supporter les services selon les demandes en bande passante. En plus, la congestion que connaît l'infrastructure mobile impose l'infériorité du débit reçu par rapport à celui promis. et du coup, les utilisateurs ne cessent de subir des connexions de piètre qualité et des interruptions de services.

IV. Contexte et cahier des charges du projet

1. Contexte du projet

Le présent projet rentre dans la stratégie visée par Maroc Télécom pour la migration vers le tout IP, c'est pour cela qu'IAM le leader des opérateurs au Maroc a commencé à implémenter la nouvelle génération NGWDM sur tout le territoire marocain et ce pour garantir un meilleur service.

Pour cela il fallait faire une étude des technologies antécédentes – qui sont toujours opérationnelles – afin de distinguer les différents apports de la NGWDM et ainsi justifier le type et la particularité du matériel choisi et finalement définir le type de la protection convenable à la topologie de notre boucle.

2. Cahier des charges

Le travail demandé par l'opérateur Maroc Télécom consiste à :

Réaliser le Design de la boucle d'un réseau NGWDM qui permet d'établir la liaison entre les sites suivants :

Oujda ↔ Guercif ↔ Nador ↔ Berkane ↔ Oujda

- La liaison doit fournir les services suivants : STM-16 , STM-64 , Gigabit Ethernet
- L'interconnexion entre les sites se fait par la fibre optique G652
- Prendre en considération les contraintes des locaux lors de la mise en position des amplifications optiques.

3. Missions

- Etudier les technologies antécédentes
- Assimiler la structure matérielle et logicielle des équipements HUAWEI utilisés dans le projet NG-WDM,
- Participer au déploiement du réseau qui est scindé en :
 1. sites Surveys.
 2. design de la boucle.
 3. installations des équipements.
 4. Configuration des équipements,

5. mises en services,
6. tests d'acceptance.

En contrepartie Maroc Télécom doit nous préparer toute l'infrastructure initiale à savoir l'acheminement de la fibre optique jusqu'au client final et conclure le travail par la migration de services des clients sur les nouveaux équipements.



Figure 2 : position des sites de notre boucle NGWDM

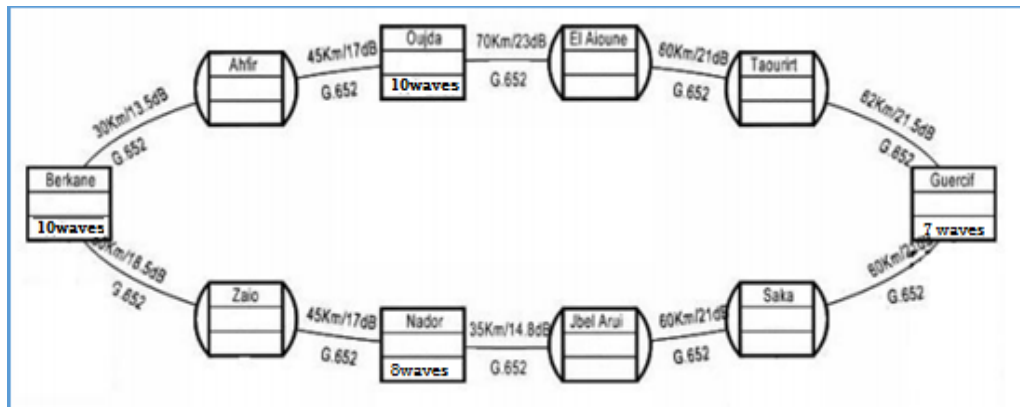


Figure 3 : schéma visé de la boucle

Le réseau doit répondre aux services demandés par le client dans le cahier des charges et assurer la liaison entre les différents sites. Le réseau doit adopter aussi un mécanisme de protection afin d'assurer la continuité des services. Pour cela, quatre fibres sont déployées reliant chaque site

4. Cahier des charges:

Le travail consiste à dimensionner la boucle du nord, et de planifier les cartes à ajouter au niveau de chaque site pour supporter les services demandés par les clients. Il

faut planifier également les longueurs d'onde pour chaque lien. Les exigences à prendre en compte sont :

La boucle devra supporter les services suivants :

- Entre Oujda et Berkane : 1 liaison de STM16+2.5 GE et 4 liaisons 2*GE chacune et 4 liaisons 2*Gbs chacune
- Entre Berkane et Nador: 4 liaisons 2*GE chacune, 3 liaisons 2*GE chacune, 1 liaison de STM16+2.5 Gbs
- Entre Nador et Guercif : 4 liaisons 2*GE chacune, 2 liaisons 2*GE chacune, 1 liaison de STM16+2.5 Gbs
- Entre Guercif et Oujda : 4 liaisons 2*GE chacune, 1 liaison de STM16+2.5 GE
- L'interconnexion entre les différentes villes doit se faire via la fibre optique.G652

Tableau 2 : distances entre villes et atténuations

Site	Distance entre sites	Affaiblissement En (dB)	capacité
oujda LGD	45 km → Ahfir	17	Paquet/TDM
Ahfir	30 km Berkane	13.5	Paquet/TDM
Berkane	60 km → Zaio	18.5	Paquet/TDM
Zaio	43km → Nador Onda	17	Paquet/TDM
Nador ONDA	53 km → Jbel aroui	14.8	Paquet/TDM
Jbel aroui	60 km → Saka	21	Paquet/TDM
Saka	60 km → Guercif	21	Paquet/TDM
Guercif	62 km → Taourirt	21.5	Paquet/TDM
Taourirt	60 km → Laouiine	21	Paquet/TDM
Laouiine	70 km → Oujda LGD	25	Paquet/TDM

5. Charte du projet

Tableau 3: charte du projet

Charte du projet	
Nom du projet : implémentation de la boucle NGWDM (Oujda, berkane, nador, guercif, Oujda)	Préparé par : LEMNIAI abdelhak
Responsable : BENSAOUD nouamane	Date : 06/04/2015
Description : Le présent projet est dédié pour l'amélioration du réseau de transmission de IAM . La migration vers le tout IP passe par l'implémentation de la NGWDM et a pour but de faire face à la demande accrue en bande passante dans la région du NORD du pays.	
Indicateur de succès : <ul style="list-style-type: none"> • Zéro congestion sur les infrastructures de transmission. • Équilibre entre l'offre et la demande en débit. 	
Objectifs du projet : <ul style="list-style-type: none"> • Amélioration et évolution de la couche vers STM256 / OTU3 • Création d'une nouvelle boucle NGWDM Nord-EST du maroc • Migration vers les solutions tout IP. 	
Processus concernés : <ul style="list-style-type: none"> • Département transmission. • Ingénierie. 	
Approche : Suivant l'approche projet de MRS qui se base sur : <ul style="list-style-type: none"> • Étude du cahier des charges. • La bonne gestion des ressources • Implémentation de la solution 	
Équipe : Mr. BENSAOUD (directeur technique MRS) Mr. LEMNIAI (stagiaire) Mr.EL KIHHEL (ingénieur transmission HUAWEI)	

6. Planning du projet

La planification est parmi les phases les plus importantes qu'on doit prendre en considération avant d'attaquer le projet. Elle consiste à déterminer et ordonner les tâches du projet et à estimer leurs charges respectives.

Parmi les outils de planification de projet, j'ai utilisé le diagramme de GANTT le plus utilisé dans le « Management Project ». C'est un outil qui permet de planifier dans le temps l'ensemble des activités du projet et permet un suivi plus simple de son avancement. Il permet aussi de visualiser l'enchaînement et la durée des différentes tâches à effectuer durant le stage.

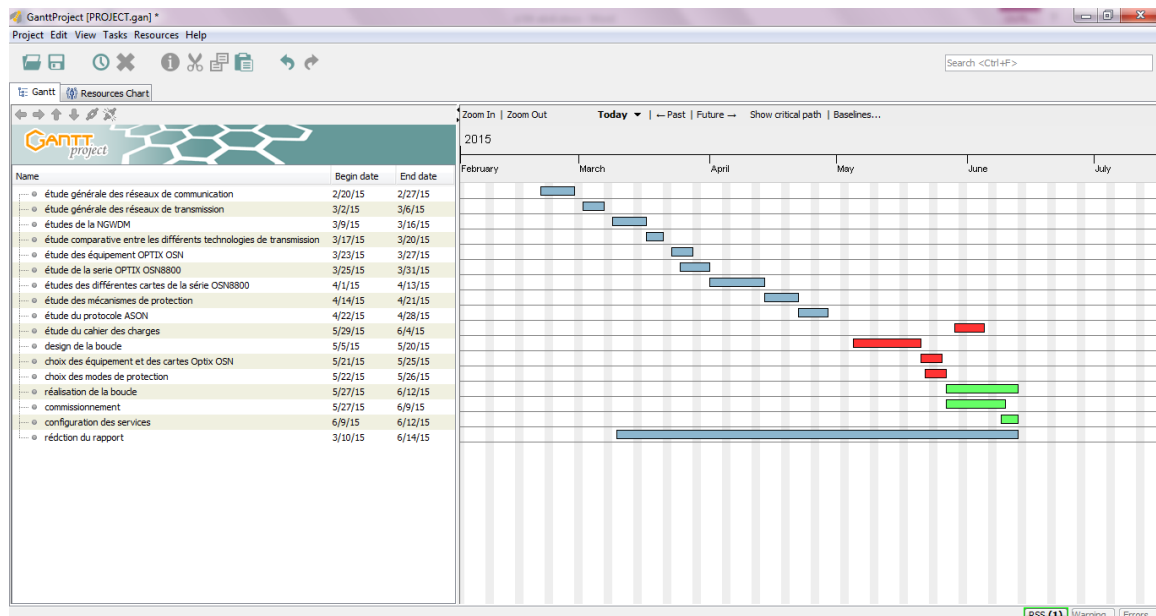


Figure 4 : Diagramme de GANTT

V. Conclusion :

Devant le grand besoin des clients en services, la plupart des opérateurs cherchent à améliorer leur réseau de transmission pour qu'il puisse supporter les différents services demandés avec un débit acceptable. La mise en place d'une nouvelle solution s'avère importante. En effet, la solution NGWDM résout ce problème en se basant essentiellement sur les équipements Optix OSN 8800. Cette nouvelle version de

WDM va offrir des débits importants répondant aux exigences des clients, ainsi qu'assurer une bonne qualité de service, une grande fiabilité et une bonne gestion de la bande passante. Dans ce chapitre nous avons présenté le projet, cahier des charges et le planning de réalisation des tâches.

Pour la suite nous détaillerons les différentes technologies utilisées dans la réalisation de ce projet pour mieux comprendre la solution NGWDM.

CHAPITRE II : LA TECHNOLOGIE WDM

I. Introduction

La bande passante potentielle d'une fibre optique, définie comme la fenêtre sur laquelle l'atténuation reste suffisamment faible pour permettre la transmission, est énorme, de l'ordre de 15 THz autour de 1,3 μm et autant autour de 1.5 μm . Théoriquement, même en utilisant un code binaire, les débits qui peuvent être transmis sont donc extrêmement élevés. Néanmoins, l'utilisation de cette capacité théorique se heurte à divers problèmes, ne serait-ce que la dégradation due à l'interférence entre symboles provoquée par la dispersion de la fibre, qui devient de plus en plus importante lorsque le débit augmente, et le traitement électronique avant modulation et après détection. C'est pourquoi au lieu de transmettre une seule onde optique à la fois, l'idée est de partager le débit numérique à transmettre entre N porteuses optiques à différentes longueurs d'onde transmettant chacune un débit dB/N.

II. Principe et caractéristiques

1. Principe de fonctionnement

Le principe de la technologie WDM est de reprendre le multiplexage fréquentiel FDM utilisé dans les réseaux électriques pour l'appliquer dans le domaine optique. En effet, si un signal électrique est composé de plusieurs fréquences, un signal optique est aussi composé de plusieurs longueurs d'ondes.

Le principe du multiplexage en longueur d'onde est donc d'injecter simultanément dans une fibre optique plusieurs trains de signaux numériques sur des longueurs d'ondes distinctes. Un système optique WDM utilisant un réseau de diffraction est complètement passif, contrairement à ceux électriques en FDM, et est ainsi très fiable. De plus, une onde porteuse pour chaque canal optique WDM est un million de fois plus haute en fréquence que celle des canaux FDM (THz vs. MHz) et la

fibre optique se prête d'autant plus à cela que sa bande passante est très élevée (de l'ordre de 25 THz). Cette technologie a permis d'élargir le débit de transmission dans les liens point à point. Plusieurs signaux générés indépendamment dans le domaine électronique sont convertis vers le domaine optique en utilisant des diodes lasers de différentes longueurs d'onde (modulation sur porteuse optique). Les signaux résultants sont ensuite multiplexés et couplés à une fibre optique. Dans le récepteur, un démultiplexeur sépare les différentes longueurs d'ondes qui sont ensuite reconverties vers le domaine électronique au moyen de photodiodes. La capacité d'un système WDM peut être augmentée en jouant soit sur le débit de chaque canal, soit sur le nombre de canaux. La figure 5 montre le schéma de principe WDM avec trois longueurs d'ondes. Cette technique de multiplexage optique a été rendue possible grâce au développement d'amplificateurs optiques qui eux aussi possèdent une très grande bande passante, et qui permet une régénération purement optique des signaux.[7]

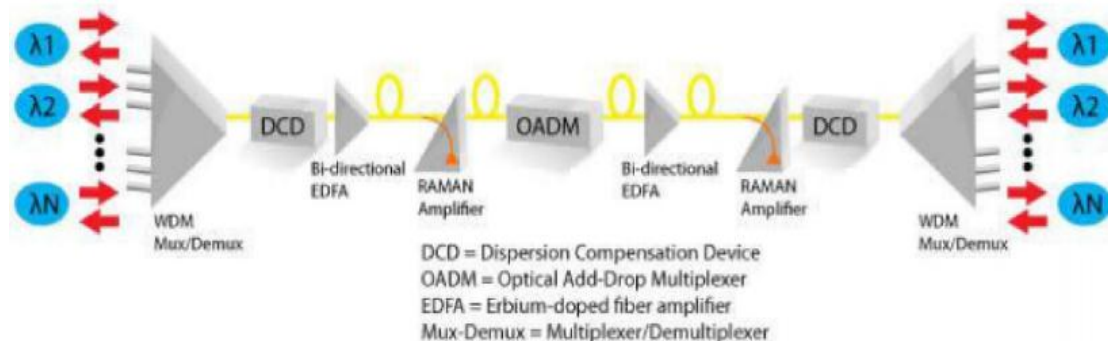


Figure 5 : schéma de principe du multiplexage WDM

2. Attributs

Les différences entre FDM et WDM, résident dans la bande de fréquence utilisée et la bande passante. Ainsi, en WDM on parle de longueurs d'ondes en nanomètre, ce qui correspond à des fréquences en THz alors que la bande passante s'étend sur 25 THz.

Aussi, la WDM se caractérise par son aspect multiservices. Elle peut donc

transporter n'importe quel signal indépendamment du protocole utilisé. Et ceci puisque chaque longueur d'onde est indépendante. Conséquence, sur une même fibre, plusieurs protocoles peuvent être transportés.

- ATM
- SDH : E1, STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, STM-256
- SONET : OC-1, OC-3, OC-12, OC-24, OC-48, OC-192, OC-768
- Ethernet : 10 Mbps, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet
- Fiber Channel : FC100, FC200, FC400, FC800
- Video SDI : SD-SDI, HD-SDI, 3G-SDI

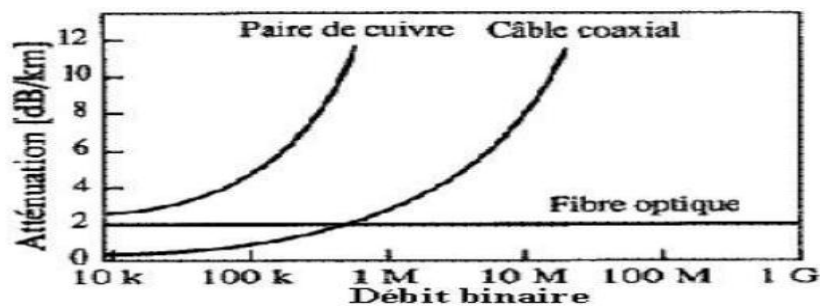


Figure 6 : atténuation de celle de la fibre comparée à celle du cuivre

Le multiplexage en longueur d'onde (Wavelength Division Multiplexing) consiste à transmettre plusieurs signaux sur une fibre en utilisant des porteuses optiques à différentes fréquences (longueurs d'onde). Les plages des longueurs d'onde utilisées sont telles que l'atténuation des signaux dans la fibre optique soit la plus faible, donc proche de l'infrarouge.[7]

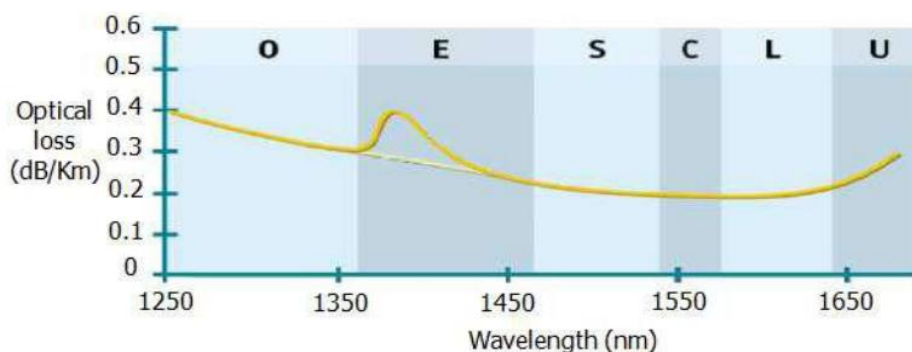


Figure 7 : Diagramme d'atténuation selon la longueur d'onde

Ce domaine est divisé en plusieurs bandes comme le montre le tableau suivant :

Tableau 4 : bande de fréquence en WDM

Bande	Nomination	Fréquence en(Thz)	Longueurs d'ondes en (nm)
O	Originale	220.43-237.93	1260-1360
E	étendue	205.33-220.43	1360-1460
S	Courte	195.94-205.33	1460-1530
C	conventionnelle	191.56-195.94	1530-1565
L	large	184.48-191.56	1565-1625
U	Ultra-large	178.98-184.48	1625-1675

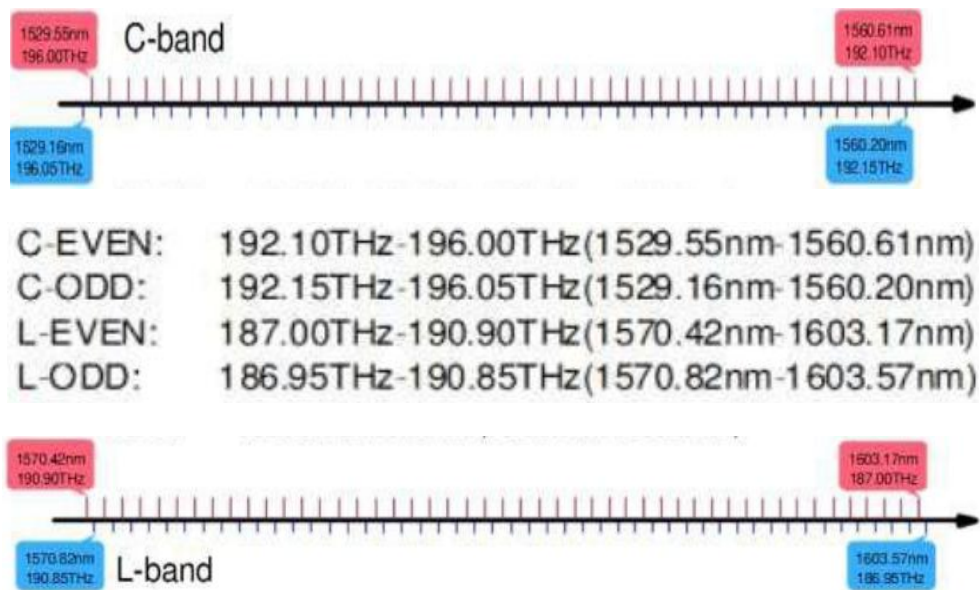


Figure 8 : bande de fréquence utilisée en WDM

III. Différents technologies WDM

Des différents types de WDM existent selon les fenêtres qu'ils occupent par l'espace entre canaux, comme le montre le tableau suivant.

Tableau 5 : Différentes caractéristiques des modes WDM.

Type	Fenêtre	Espacement (nm)	Canaux	fréquences Potentiel
CWDM	2 ^{ème}	1.6 – 1.8	8 – 16	2.5 à 5 GHz
DWDM	3 ^{ème}	0.4 – 0.2	80 – 160	3THz à 12 THz
UWDM	3 ^{ème}	0.08	400	10THz à 40 THz

L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) a standardisé l'utilisation des longueurs d'onde. Ainsi le standard G.692 définit l'espacement des canaux pour le système DWDM à 50 GHz ou 100 GHz autour de la fréquence référence de 193 THz correspondant à environ 1550 nm. On détaillera les deux types les plus répandus de la WDM à savoir la (CWDM et la DWDM).

1. CWDM

Le système CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) est une forme moins performante du multiplexage WDM. La norme ITU-T G694.2 permet au CWDM d'utiliser des longueurs d'onde comprises entre 1270 et 1610 nanomètres, respectivement espacées de 20 nanomètres. Dix-huit canaux au maximum sont utilisables, mais en général les équipements émettent sur quatre, huit ou seize canaux.

- Espacement entre 2 longueurs d'onde : 20 nm.
- Nombre de longueurs d'onde maximum : 18.
- Longueur d'onde : 1270 - 1611 nm.
- Portée : 70 km.
- Pas d'amplification possible.

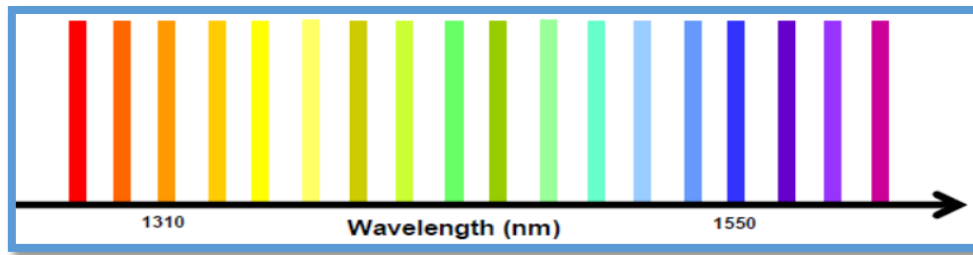


Figure 9 : canaux CWDM

Le CWDM est une alternative beaucoup moins onéreuse, mais également moins performante. En effet, dans les équipements CWDM, on peut utiliser des lasers non régulés en température, d'un coût moindre et qui émettent à des longueurs d'onde espacées de 20 nm dans la fenêtre de transmission 1270-1610 nm. La CWDM fait l'objet de la recommandation ITU-T G.695 qui prévoit des solutions souples et modulables, notamment la solution de 8 à 16 canaux optiques avec deux fibres (une pour chaque sens de transmission), offrant des débits de 1,25 GBit/s à 2,5 GBit/s par canal. Ajoutons que les systèmes CWDM n'étant pas compatibles avec les amplificateurs optiques, sont limités en portée, c'est pourquoi qu'ils sont destinés à être utilisés sur des réseaux locaux ou métropolitains.

2. DWDM

La technologie WDM est dite dense (DWDM) lorsque l'espacement utilisé est égal ou inférieur à 100 GHz. Des systèmes à 50 GHz (0,4 nm) et à 25 GHz (0,2 nm) permettent d'obtenir respectivement 80 et 160 canaux optiques.

En DWDM, on utilise plusieurs longueurs d'onde souvent situées en bande C (1530 nm à 1565nm) et faiblement espacées.

En pratique les canaux DWDM d'aujourd'hui sont espacés de 100 GHz (0,8 nm), ce qui permet de compter environ 40 longueurs d'onde dans la bande C.

La DWDM exige que les émetteurs optiques, les multiplexeurs et démultiplexeurs aient un contrôle très serré sur la longueur d'onde dans toutes les conditions de température de fonctionnement.

Il faut aussi préciser qu'un des avantages clé du DWDM, c'est que la région de gain des amplificateurs EDFA est également dans la bande C, ce qui permet de compenser les pertes d'insertion dues aux multiplexage/démultiplexage des longueurs d'onde.

- Espacement entre 2 longueurs d'onde : 0.4 ou 0.2 nm.
- Nombre de longueurs d'onde maximum: 160.
- Longueur d'onde 1530 - 1565 nm.
- Portée : 600 km et plus.
- Amplification via la technologie EDFA ou Raman.

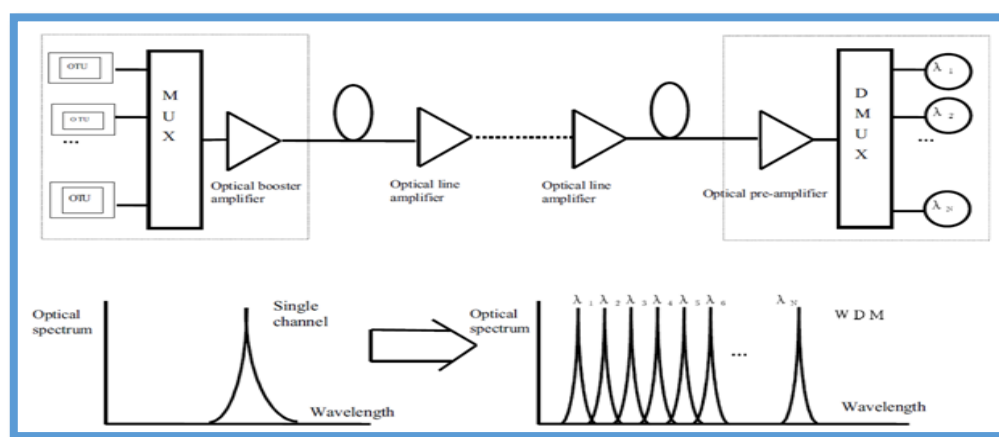


Figure 10 : structure et spectre optique d'un système DWDM

A la transmission, les émetteurs optiques émettent des signaux optiques de différentes longueurs d'ondes dont la précision et la stabilité répondent à certaines exigences. Ces signaux sont multiplexés via un multiplexeur optique et envoyés vers un amplificateur de puissance dopé à l'erbium (principalement utilisé pour compenser la perte de puissance générée par le multiplexeur et augmenter la puissance émise des signaux optiques). Après amplification, ces signaux sont envoyés sur la fibre optique pour être transmis. A mi-chemin, des amplificateurs pourraient être installés, selon la situation.

A la réception, les signaux sont amplifiés par les préamplificateurs optiques (principalement utilisés pour augmenter la sensibilité de réception et prolonger la

distance de transmission) et envoyés vers le démultiplexeur optique qui les sépare en signaux optiques d'origines.[7]

IV. Éléments de réseau WDM

En général, un réseau WDM est constitué de quatre types d'éléments : les multiplexeurs terminaux (Optical Terminal Multiplexer (OTM)), les multiplexeurs d'insertion et d'extraction (Optical Add-Drop Multiplexer (OADM)), les amplificateurs de ligne (Optical Line Amplifier (OLA)) et les régénérateurs électriques (REG).

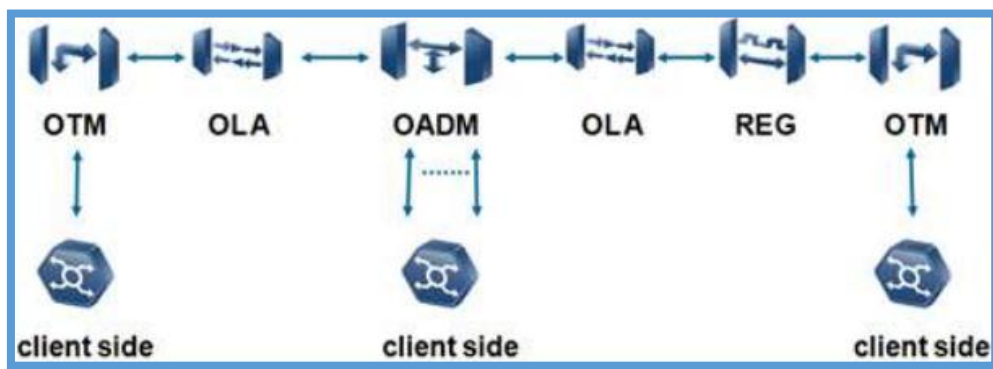


Figure 11 : chaîne type WDM

1. OTM (Optical Terminal Multiplexer)

La Figure suivante montre la structure générale d'un OTM :

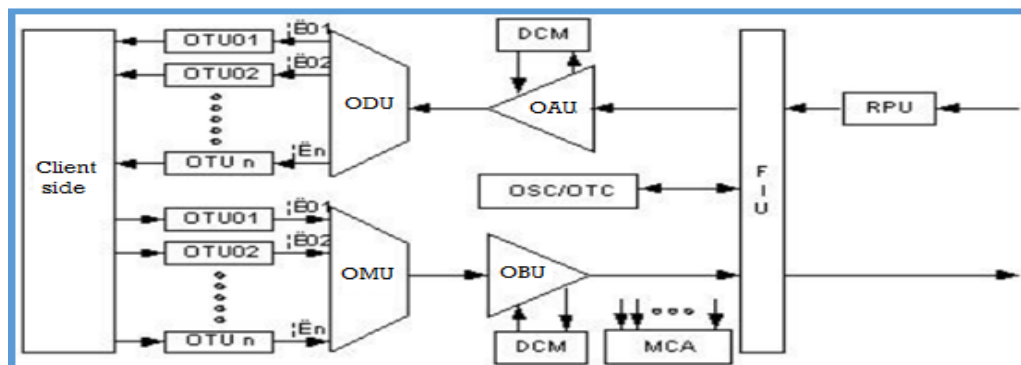


Figure 12 : schéma bloc de l'OTM (Signal flow)

Un OTM est composé de :

- OTU : Optical Transponder Unit, elle est chargée de convertir les signaux du client en des signaux WDM avec des longueurs d'ondes spécifiques suivant les normes de l'ITU-T.
- OMU & ODU: Optical Multiplexing/Demultiplexing Unit. Le multiplexeur est utilisé du côté de l'émetteur. Il a plusieurs ports d'entrée (input) et un seul port de sortie (output). Chaque port d'entrée traite un signal avec une longueur d'onde définie et le port de sortie exporte tous les signaux en un canal principal. Le démultiplexeur est utilisé du côté du récepteur avec un seul port d'entrée et plusieurs ports de sortie qui prennent en charge les différentes longueurs d'onde.
- Optical Amplifier Unit (OAU, OBU, OPU...) : pour amplifier le signal avant l'émission et après la réception.
- FIU : Fiber Interface Unit : cette unité fait la liaison avec la fibre de transport et le multiplexage du signal principal avec le signal de supervision.
- OSC /OTC (Optical supervisory Channel) Processing Unit (SC1, ST1) ou supervisory channel and timing transporting unit pour le traitement du signal de supervision.

Du côté émission, plus de 160 signaux du côté client sont reçus par la carte OTU, ou ces signaux sont converties en signaux DWDM standards en conformance avec ITU-T Recommandation G,694,1, L'OMU multiplexe ces signaux et les envoie à l'OAU pour l'amplification, Au même temps, la compensation de dispersion est réalisée par le module DCM, Finalement, le canal amplifié est multiplexe grâce à FIU avec le signal de supervision, et envoyé vers la fibre optique.

Du côté réception, le RPU (optionnel), amplificateur à pompe à faible bruit, amplifie le signal reçu, puis le sépare en un signal de supervision et un signal de service, Après amplification et compensation de dispersion, le signal de service est demultiplexe par l'ODU . Le signal de supervision est directement exploité par l'OSC ou l'OTC, L'OMU, ODU et OAU possèdent un port où la MCA est exploitée pour la gestion de la longueur d'onde centrale, la puissance optique et l'OSNR de plusieurs signaux optiques. L'OTM

peut fonctionner sans OTU en émission, i.e. 160 canaux de signaux peuvent être directement multiplexés en un seul canal optique DWDM,

2. OLA

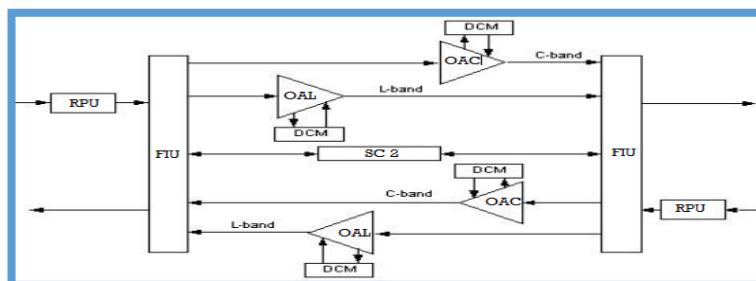


Figure 13 : schéma bloc de l'OLA (signal flow)

En réception, le RPU (optionnel), amplifie le signal optique de la ligne, et la FIU le sépare en signaux de service et signal de supervision, Après, tous les signaux de service sont envoyés à l'OAU ou sont amplifiés en accordance avec C-band et L- band, Au même temps, DCM applique la compensation de dispersion aux signaux de service, Le signal de supervision est envoyé à l'OSC (OTC) pour l'exploitation de l'entête (overhead et l'horloge), En émission, le signal amplifié et de supervision sont envoyés via FIU a la fibre optique.

3. REG : Régénérateur

Les régénérateurs électriques sont requis pour les projets adoptant des sections de régénérateurs en cascade. Cet équipement ne réalise aucune tâche d'add/drop comme il est simplement utilisé pour allonger la distance de transmission de dispersion limitée.

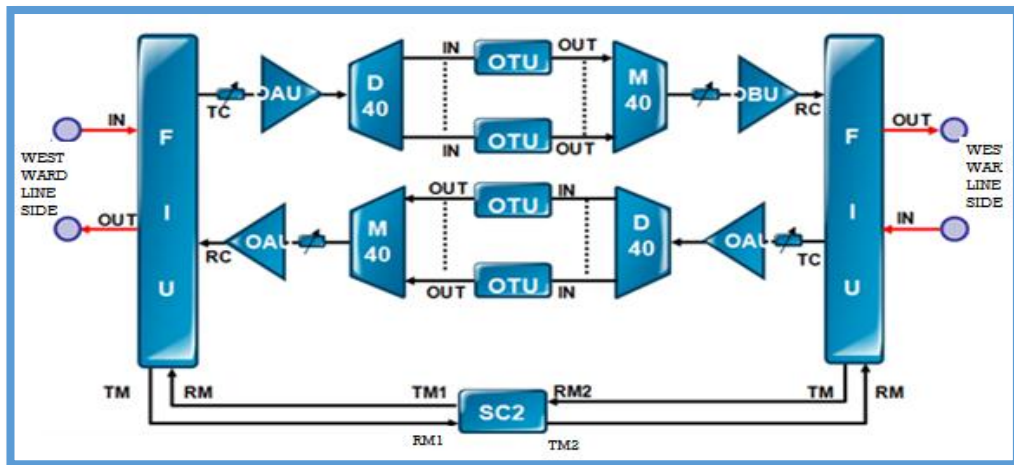


Figure 14 : schema bloc d'un REG (signal flow)

4. OADM: Optical Add/Drop Multiplexing

L'OADM est utilisé pour insérer/extraire des canaux a/du canal optique principale localement pendant la transmission d'autres canaux d'une manière transparente, L'OptiX OSN 8800 a 2 types d'équipement OADM : fixe et reconfigurable. Le premier type peut à son tour être divisé en deux types : OADM parallèle et OADM série (le plus utilisé et d'ailleurs le seul existant sur le réseau marocain). Les unités fonctionnelles du FOADM (Fixe OADM) sont :

- OTU (LWF , LWC1...)
- Optical add/drop multiplexer (OADM): MR4 ,MR2
- Optical Amplifier (OAU, OBU, OPU)
- FIU
- OSC Processing Unit (SC2, ST2)

Les services sont ajoutés et extraits via les unités MR2. Il faut noter que le signal doit être amplifié avant et après l'entrée dans les MR2.

- **Static OADM : (Serial OADM)**

Cet équipement est capable de supporter des opérations d'add/drop de la bande C. Il peut être formé de deux cartes MR2 ou MB2, selon l'équipement, qui, elles, réalisent cette fonction sur deux canaux selon la longueur d'onde fixée.

A la réception, le RPU, qui renvoie à l'amplificateur Raman connu notamment pour sa puissance, amplifie les signaux optiques alors que le FIU, interface dont la fonction principale consiste à démultiplexer le signal optique en un de supervision et un autre de service. Finalement, ils sont combinés et envoyés dans la fibre.

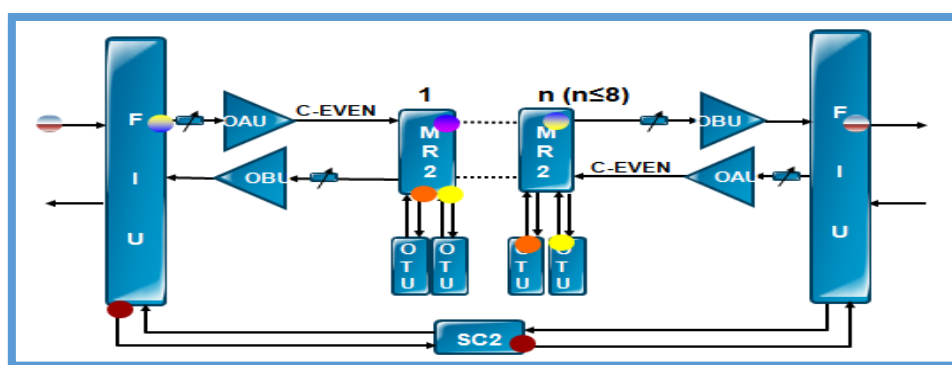


Figure 15 : schéma graphique d'un serial OADM

- **Back-to-back OADM : (Parallel OADM)**

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, et permettre 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.

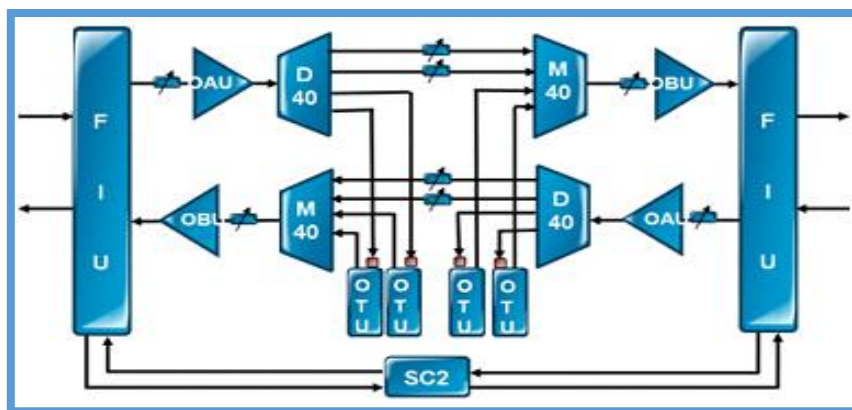


Figure 16 : schéma graphique d'un parallel OADM.

V. Topologies

1. Point à point

En réseau point à point, l'OTM et l'OLA sont les plus utilisés et adoptés par OSN 8800.

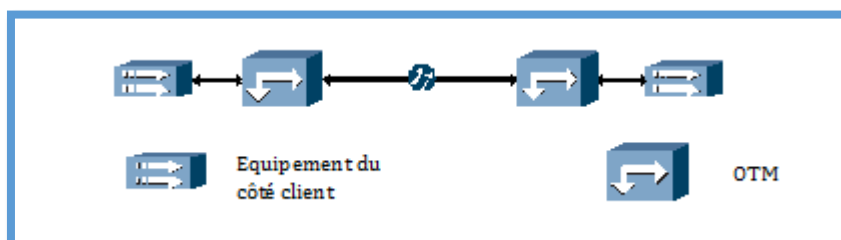


Figure 17 : schéma d'un réseau WDM point à point

2. Chaîne

Le réseau de la chaîne avec OADM (s) est la topologie appropriée quand il est nécessaire d'ajouter / extraire certaines longueurs d'onde en laissant passer les autres.[10]

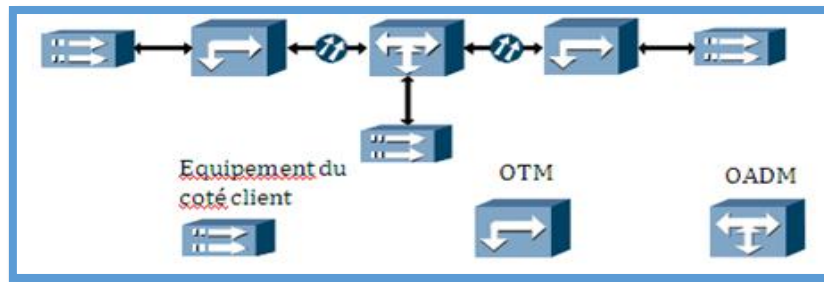


Figure 18 : schéma d'un réseau WDM en chaîne

3. Anneau

La topologie en anneau est largement utilisée en réseau régional, Il peut être forme de l'OADM ou des OTMs en back-to-back. En pratique, un OADM dans un réseau DWDM en anneau doit être composé des OTMs en back-to-back pour éliminer l'accumulation du bruit causée par l'amplificateur.[10]

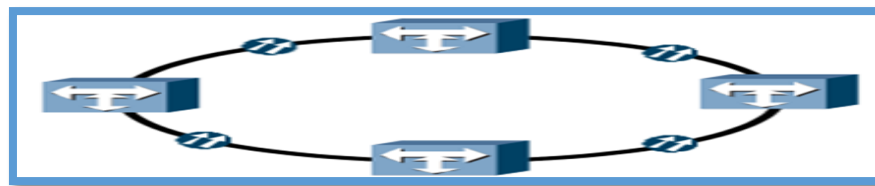


Figure 19 : schéma d'un réseau WDM en boucle simple

VI. Types de protection

Comme tout système de transmission, WDM utilise un système de protection pour faire face aux problèmes inattendus et éviter la coupure de trafic. Pour cela, il existe plusieurs méthodes utilisées:

Optical Line Protection, Intra-Board Wavelength Protection, Extended Intra-Board Wavelength Protection, Inter-Broad Wavelength Protection, 1+1 Wavelength Protection at Client, Inter-Subrack 1+1 Optical Channel Protection, Wavelength Cross-Connection Protection, Wavelength Cross-Connection Protection, Tribute Protection Switching and Double Path Protection Switching, Optical Wavelength Shared Protection,

VLAN SNCP Protection. Nous allons détailler, dans notre rapport, les plus importantes et les plus utilisées dans le réseau Marocain.

1. OLP: Optical Line Protection

Cette méthode utilise le principe de réception sélective dans les deux sens. Le signal est envoyé sur deux chemins : « working » et « protection » mais seul le chemin « working » est sélectionné au niveau de la réception. Si un problème survient, les deux sens basculent vers la protection. Cette méthode est utilisée pour la topologie chaîne, et elle est caractérisée par un temps de switch de moins de 100 ms.

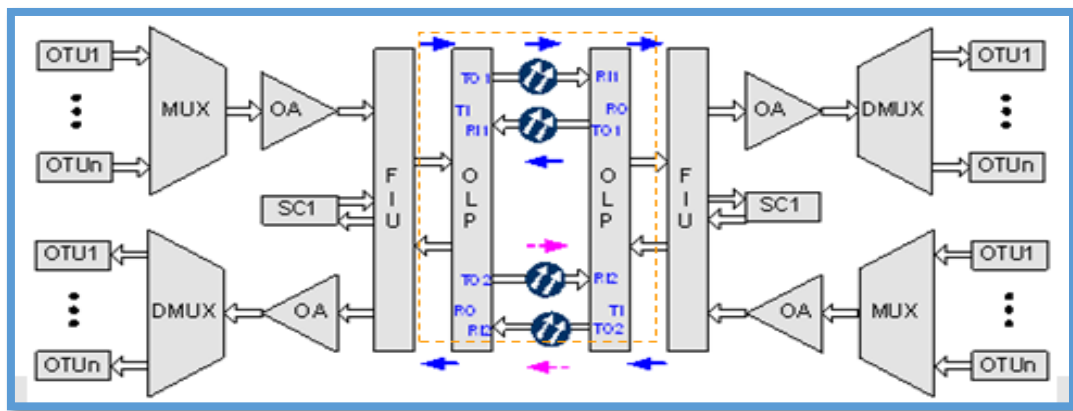


Figure 20 : Optical Line Protection OLP

2. Inter-Broad Wavelength Protection

Cette méthode protège les cartes OTU et les services du client. Le SCS splitte et couple les signaux de service et peut contrôler les OTU pour allumer ou éteindre le laser du côté du client.

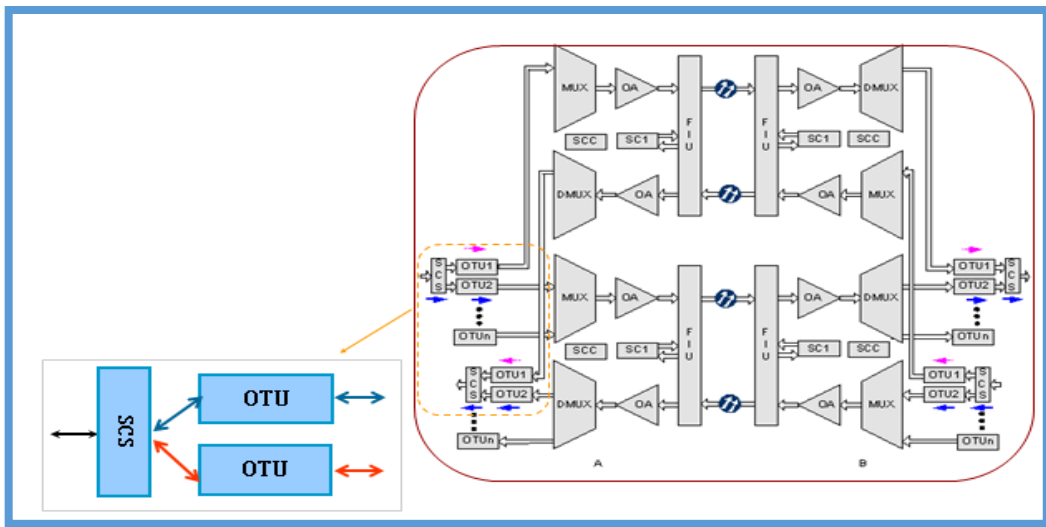


Figure 21 : Inter-Broad Wavelength Protection

VII. Conclusion:

La technologie WDM a connu un grand succès grâce à sa capacité d'augmenter les débits des réseaux en multiplexant un nombre important de longueurs d'onde et les envoyant dans une seule fibre de silice permettant ainsi une grande optimisation des ressources et une minimisation significative des coûts.

Le chapitre suivant sera consacré pour la nouvelle génération des réseaux optiques qui apporte notamment plus d'intelligence au niveau des nœuds et permet de surmonter les limitations de générations antérieures.

CHAPITRE III : LA TECHNOLOGIE NGWDM

I. Introduction

La technologie WDM a permis de résoudre le problème de transport de données de grandes capacités point à point en implémentant un multiplexage/démultiplexage en longueur d'onde ? Son développement a résolu, en suite, le problème d'interconnexion en introduisant les réseaux en anneau à base d'OADM. Mais cette technologie reste limitée par le manque d'intelligence au niveau des nœuds et manque de flexibilité en termes d'ajout et d'extraction des longueurs d'onde.

Dans ce chapitre, nous allons présenter la technologie NGWDM tout en expliquant les 2 concepts OTN et protocole ASON tout en mettant l'accent sur les avantages de ces deux concepts.

II. Optical Transport Network (OTN)

1. Introduction

L'ITU a développé de nouveaux standards concernant les longueurs d'onde et le format des signaux permettant d'effectuer les opérations de multiplexage de plusieurs signaux dans les meilleures conditions possibles. Cette structure et cette hiérarchie couvre les signaux numériques et inclut les entêtes OAM&P.

L'OTN est le réseau optique qui suit cette recommandation appelée REC G.709. Ce standard est de plus en plus utilisé dans les systèmes de transmission optique vu les raisons suivantes :

- OTN est beaucoup moins complexe que les autres technologies notamment SONET/SDH.
- OTN intègre un sur débit optimisé pour transporter les signaux WDM.
- La combinaison de la réduction de complexité avec l'optimisation du sur débit réduit considérablement les coûts.

- OTN offre plus d'évolutivité en termes de multiplexage par rapport à SDH.
- OTN offre une méthode efficace pour transporter les données haut-débit des clients y compris les protocoles Ethernet et SAN (Storage Area Network).
- OTN offre un mécanisme intégré de correction d'erreur (FEC) qui permet de performer la transmission.
- Les signaux clients sont transmis via OTN d'une manière transparente.

2. Les couches d'un réseau OTN :

La structure en couche des réseaux OTN permet une meilleure gestion et un meilleur mappage des services.

L'OTN est composé des couches suivantes :

- Optical payload Unit : OPU
- Optical Data Unit : ODU
- Optical Transport Unit : OTU
- Optical Channel : Och
- Optical multiplex Unit : OMU
- Optical Transport Module : OTM

Les couches OTM, OMU et Och représentent la partie optique du réseau OTN, alors que les couches OTU, ODU et OPU représentent les fonctionnalités supplémentaires qui ont été ajoutées. La couche OTU est la couche numérique (elle est aussi appelée : Digital Wrapper), son rôle est d'ajouter des entêtes spécifiques pour gérer les fonctions numériques du réseau. Cette couche introduit également une nouvelle dimension aux réseaux optiques en ajoutant le Forward Error Correction (FEC) pour les éléments du réseau, ce qui permet aux opérateurs de réduire le nombre de régénérateurs nécessaires utilisés, chose qui, à son tour, réduit considérablement le coût total des liaisons.[2]

3. Mappage des services dans un réseau OTN :

La procédure de mappage consiste à insérer le signal du client dans la zone payload de la trame OPU et d'y ajouter l'entête OPU OH (Optical Payload Unit Over Head) pour former la trame OPU. Ensuite, on ajoute un entête OAM pour former la

trame ODU (Optical Data Unit). La dernière étape consiste à mapper l'ODU dans l'OTU qui ajoute un entête de verrouillage de trame et une en-queue pour le contrôle d'erreurs (FEC).[2]

L'OTU est transmis sur une longueur d'onde donnée et elle est considérée comme un canal optique Och.[3]

Ces étapes par lesquelles le signal du client passe pour être enfin transporté sur un réseau OTN sont illustrées dans la figure suivante :

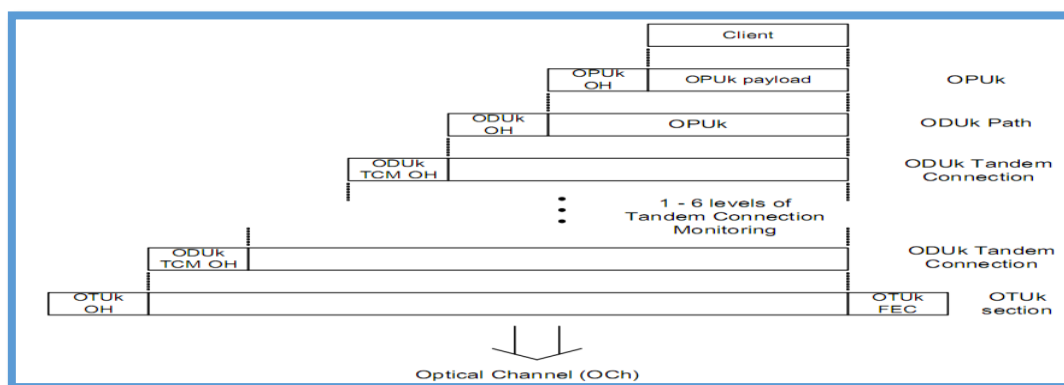


Figure 22 : Flux du signal OTN

Il existe trois niveaux de débits d'OTU et quatre niveaux de débits d'OPU/ODU. Un OPU, ODU ou OTU d'un niveau particulier est désigné par OPUk, ODUk ou OTUk avec K=0, 1, 2,3 ou 4.

Les débits correspondant à chaque niveau sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Les débits de chaque niveau

K	Débit du signal OTUk	Débit du playpload d'OPUk	La période des trames OTUk/ODUk/OPUk
0	Non applicable	1238954 kbits/s	98.354 us
1	2666057 kbit/s	320 kbit/s	48.971 us
2	10709225 kbit/s	9995277 kbit/s	12.192 us
3	414 kbit/s	40150 519 kbit/s	3.035 us
4	111809974 kbit/s	104355975 kbit/s	1.168us

4. Structure de la trame OTN:

La structure de la trame OTN est la suivante :

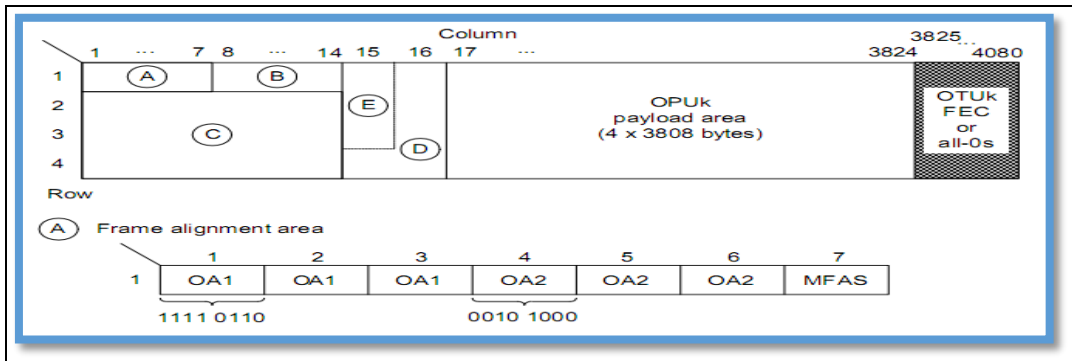
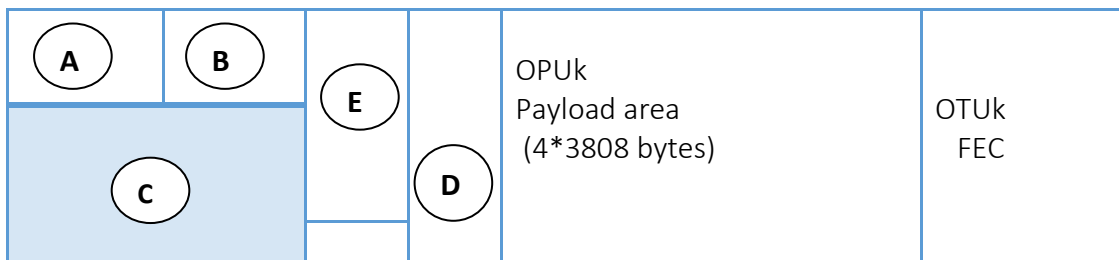


Figure 23 : Structure de la trame OTN

- **Les entêtes de la trame OTU :**

Le schéma suivant montre l'emplacement de chaque entête de la trame OTU :

Tableau 7 : Trame OTU



Le champ A : est constitué de 7 octets, et sert à contrôler l'alignement de la trame et de la multi-trame (succession de 256 trames).

Le champ B : Il correspond à l'entête de l'OTU : Il est constitué de :

- SM (Section Monitoring) : Il contient le TTI (TrailTrace Identifier), BIP8 pour la détection d'erreur, BEI (backward erreur indication) et BIAE, en plus il comporte un indicateur d'erreur d'alignement(IAE).
- GCC0 (General communication channel 0) : c'est un canal libre utilisé pour la transmission d'informations entre les points de terminaison de la section OTU.

Le champ C : correspond à l'entête de l'ODU soit ODU OH et il est constitué comme suit :

- RES : réservés
- PM (path monitoring) : Il est similaire à SM décrit ci-dessus. Il contient les TTI, BIP-8, BDI et statut (STAT).
- FTFL (Fault Type and Fault Location reporting communication channel) : Il est utilisé pour créer un message diffusé sur une multi-trame de 256 octets. Il offre la possibilité d'envoyer les indications sur erreurs
- EXP (ExperimentalField) : ce champ n'est pas spécifié par la norme. Cependant il est utilisé par les applications spécifiques des opérateurs.
- GCC1/GCC2 : Ils sont semblables au champ GCC0 avec la différence que chaque canal est disponible dans l'ODU.
- APS/ PCC (Automatic Protection Switching and Protection Communication Channel) : prennent en charge le protocole APS/PCC.

Les champs E et D : Ils contiennent l'entête OPH (OPH-OH). L'entête de l'OPU est similaire en fonction au POH de SDH, elle « couvre » l'OPU depuis le point où le signal client est « mappé » jusqu'au point où il est extrait. L'entête OPU contient des indicateurs pour le type de la charge (PT : payload type), la structure de la multi-trame (MSI) et la fréquence de justification (pour l'adaptation du signal client au payload).

- **Forward Error Correction :**

Le champ de contrôle d'erreur (Forward Error Correction FEC) dans la trame OTU est la dernière partie ajoutée à la trame avant le brouillage. FEC fournit une méthode pour réduire le nombre d'erreurs transmises à cause du bruit, ainsi que d'autres phénomènes optiques qui se produisent lorsque la vitesse de transmission est beaucoup élevée. Ceci permettra sans doute aux fournisseurs de maintenir des portées plus longues entre les répéteurs optiques.

Le FEC est très efficace contre les limitations imposées par l'OSNR, les effets non linéaires et la dispersion. Mais il se trouve moins efficace devant la PMD.

La trame OTU est divisé en quatre rangés, Chaque ligne est décomposée en 16 sous-lignes composées de 255 octets chacune. Une sous-ligne est composée d'octets entrelacés.

L'entrelacement est exécutée alors que le premier octet FEC, et ainsi de suite pour les autres sous-lignes de chaque ligne dans le cadre. Le premier octet FEC commence à la position 240 pour toutes les sous-lignes.

FEC utilise un codeur Reed-Solomon (255/239), c.à.d. 239 octets sont nécessaires pour calculer un contrôle de parité de 16 octets. Le FEC peut corriger jusqu'à huit (octets) des erreurs par sous-ligne (mot de code) ou de détecter jusqu'à 16 octets erronés sans les corrigés tous. Combinée avec la capacité d'entrelacement implémentée par la norme ITU G.709, FEC est plus résistante aux erreurs, de telle façon que 128 octets consécutifs peuvent être corrigées par rangée.[4],[2]

III. ROADM: Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer

1. Introduction

La technologie WDM a introduit l'usage des Optical Add/Drop Multiplexer (OADM). Ces derniers utilisent des filtres fixes pour insérer et extraire des longueurs d'onde de la ligne WDM, permettant ainsi aux autres de rester dans le domaine optique. Cependant, ces filtres fixes limitent le travail a des bandes bien spécifiques, réduisent la flexibilité du service, augmentent la complexité de l'ingénierie du trafic, requièrent une planification précise, diminuent la capacité du système si les besoins varient, et surtout, impliquent une intervention humaine pour changer la configuration. Pour contourner ces inconvénients, les systèmes WDM de nouvelle génération introduisent la technologie Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer (ROADM). Ces derniers sont des équipements optiques permettant de réaffecter la capacité des réseaux en effectuant des commutations de lignes par insertion et extraction de longueurs d'onde, en temps réel Cette opération répond à de nombreuses demandes clés des operateurs.

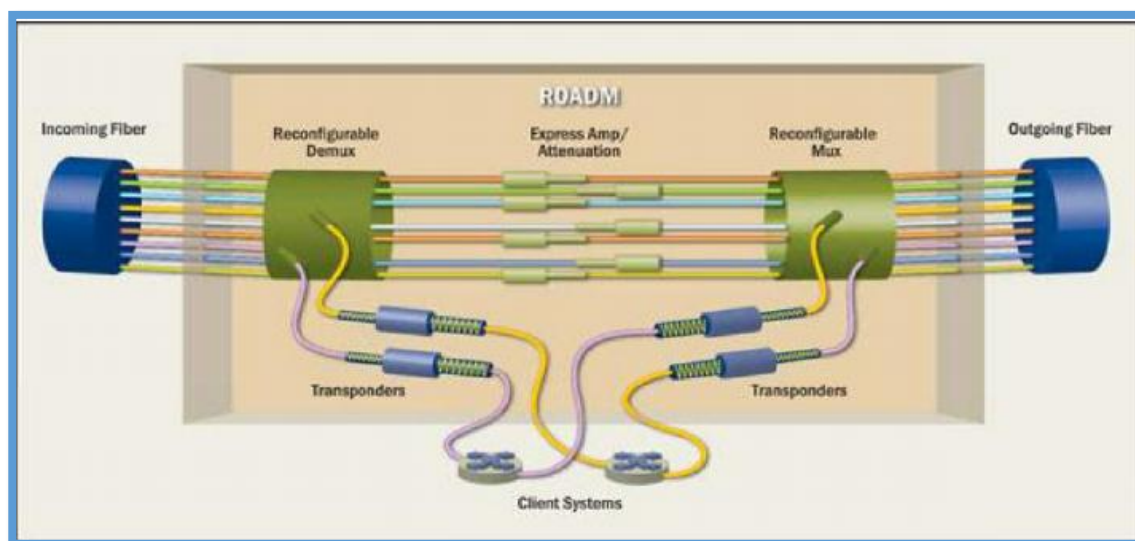


Figure 24 : schéma du ROADM

Les ROADM permettent, entre autres, d'acheminer avec précision une longueur d'onde donnée à n'importe quel nœud du réseau, de maximiser l'utilisation des longueurs d'onde de sorte à diminuer le coût de déploiement de nouvelles liaisons, et de satisfaire avec beaucoup de flexibilité les nouvelles demandes non planifiées.

L'avènement des ROADM promet aux opérateurs un meilleur retour sur leurs investissements grâce à une adaptabilité accrue de leurs réseaux à la demande. Dans un ROADM, les longueurs d'onde choisies peuvent être insérées ou extraites à l'aide d'un système de gestion centralisé dans le réseau sans avoir besoin de refaire le budget d'ingénierie ou l'entretien manuel, ce qui permet de réduire les coûts.

Des futures mises à niveau de débit ou de protocole peuvent être adaptées sans changement de commutateur sans avoir besoin de se déplacer sur le terrain. Bien entendu, toute cette opération de commutation est réalisée dans le domaine optique afin d'éviter les coûts et les limitations des conversions O-E-O.

Le ROADM possède également un mécanisme d'égalisation de puissance intégrée pour réaliser l'égalisation de puissance subtile au niveau du canal. En effet, il peut ajuster le passage aux canaux mieux qu'un égaliseur de gain dynamique (DGE pour Dynamics Gain Equaliseur) ordinaire au niveau de la bande.

De cette manière, les réseaux dotés de ROADMs n'ont pas besoin d'intégrer des DGEs. [8]

IV. Automatically Switched Optical Network (ASON)

1. Introduction

L'ASON est une nouvelle technologie qui permet l'automatisation des réseaux de transmission optique. Elle est basée sur le protocole de commutation orienté paquets GMPLS. En effet, ASON a été conçu pour doter les réseaux optiques d'une intelligence c'est-à-dire permettre la commutation automatique et le contrôle dynamique des connexions.

2. Présentation de l'ASON

L'ASON est une nouvelle génération de réseaux de transmission optique qui doit être considérée comme un successeur au réseau OTN avec des fonctionnalités étendues.

Comparé au réseau WDM traditionnel, le réseau ASON présente des avantages dans la configuration des services, l'utilisation de la bande passante et les schémas de protection. En effet, le réseau WDM classique présente un certain nombre de problèmes qui s'annoncent comme suit :

La configuration de service est complexe et l'expansion de capacité prend une longue période.

Un faible taux d'utilisation de bande passante et donc une faible efficacité (dans un réseau en anneau par exemple la moitié de la bande passante doit être réservée pour la protection).

3. Description de l'ASON

L'ASON est un réseau optique de nouvelle génération qui a les caractéristiques suivantes:

- ✓ Les clients lancent une demande de service dynamiquement,
- ✓ Les routes sont automatiquement sélectionnées,
- ✓ La signalisation contrôle la création et la suppression des connexions,

- ✓ Les connexions réseau sont automatiquement et dynamiquement terminées,
- ✓ La commutation et la transmission sont intégrées dans un seul système.
- ✓ Les concepts de base liés à l'ASON sont :
 - La conception en plans,
 - La notion de Label Switched Path (LSP)
 - Le Reroutage.

4. Avantages de l'ASON

En effet les réseaux WDM traditionnels présentent les problèmes suivants : La complexité du processus de configuration des services, la faible utilisation de la bande passante et la protection statique.

L'ASON a été développé pour résoudre ces problèmes et il offre les avantages suivants :

- **La configuration des services :**

ASON offre la possibilité de configurer un service de bout en bout sans avoir à faire la configuration boucle par boucle et point par point. Ce qui diminue considérablement le temps et le coût des opérations et permet une rapide réponse à la demande des clients.

- **le taux d'utilisation de la bande passante :**

Grâce à ses protocoles de routage, ASON permet de réserver les ressources d'une manière optimale. Ce qui augmente l'efficacité de l'utilisation des ressources réseaux.

- **LSP (Label Switched Path) :**

LSP est le chemin de passage des services ASON. Pour ajouter un service on doit automatiquement créer un LSP pour ce service.

- **WDM ASON Trail :**

Un LSP est appelé aussi WDM ASON Trail. WDM ASON Trail est classifié en WDM ASON Och Trail, WDM ASON ODUkTrail et WDM ASON client Trail.

La figure suivante illustre ce principe :

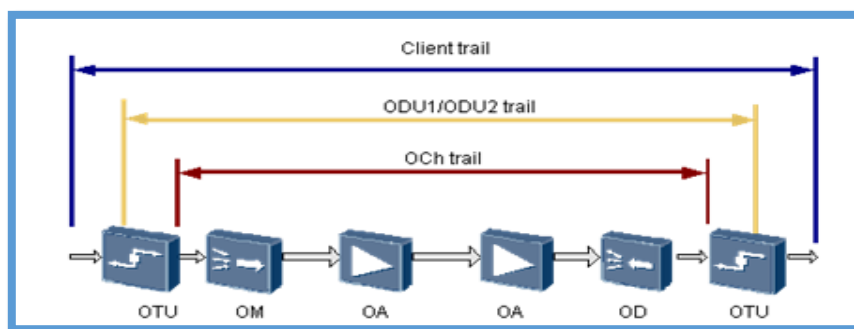


Figure 25 : Schéma de L'ASON Trail

5. La structure des réseaux ASON

Un réseau ASON est structuré en trois plans : un plan de contrôle, un plan de transport et un plan de gestion. La différence majeure entre ASON et les réseaux optiques traditionnels réside dans l'introduction d'un plan de contrôle indépendant du plan de transport. EN effet le plan de contrôle permet l'allocation automatique de la bande passante et la configuration automatique des chemins.

Il y'a trois plans dans le réseau ASON :

- **Le plan de transport :**

Les réseaux SDH et WDM se situent dans le plan de transport. Ce plan transmet et multiplexe les signaux optiques, configure le service Cross-connexion et la commutation de protection et garantit la fiabilité des signaux optiques.

- **Le plan de contrôle :**

Le plan de contrôle se compose d'un groupe d'entités de communication. Il est responsable du contrôle d'appels et de connexions, y compris la mise en place, la libération, la surveillance et le maintien des connexions. Le plan de contrôle restaure automatiquement les connexions échouées par le biais de la signalisation.

- **Le plan de Gestion:**

Le plan de gestion est un complément au plan de contrôle. Ses fonctions comprennent la gestion de la performance, la gestion des défauts, la gestion de configuration et la gestion de sécurité.[8]

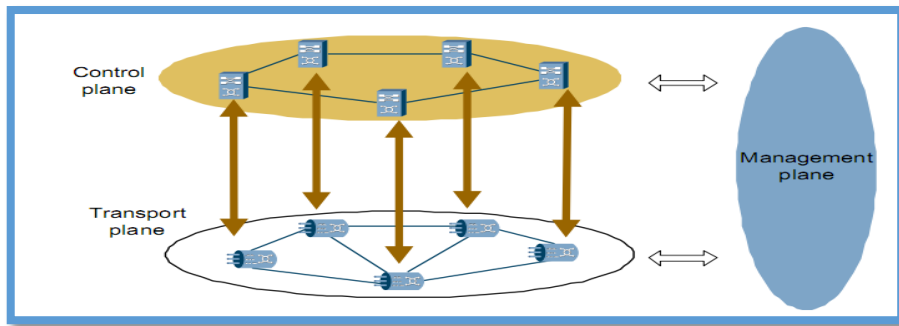


Figure 26 : les trois plans de l'ASON

6. Localisation et modules du logiciel ASON :

ASON software est inclut dans le NE software (network élément). ASON software, comme le NE software, fonctionne sur la carte SCC.

ASON software est constitué de plusieurs modules. Chaque module implémente différentes fonctions.

▪ **Link Management Module :**

Il utilise le protocole LMP pour réaliser les fonctions suivantes :

- Création et maintenance du canal de contrôle.
- Vérifier les liens entre deux nœuds adjacents.

▪ **Routing Module (Module de Routage) :**

Ce module utilise le protocole OSPF-TE pour réaliser les fonctions suivantes :

- Collection et distribution des informations sur les clients.
- Calcul des chemins pour la transmission du service.

▪ **Cross-connection Management module :**

Il permet de créer ou de supprimer les cross-connections.

7. Protection et niveaux de services:

L'ASON offre une protection des réseaux maillés pour assurer la survie de service et la sécurité du réseau. L'architecture maillée donne au réseau des performances de flexibilité et d'évolutivité élevées. Différemment des architectures traditionnelles des réseaux SDH, le réseau maillé n'a pas besoin de 50% de la bande passante réservée à la protection ce qui économise énormément les ressources de bande passante pour

satisfaire les exigences de demande de plus en plus élevées. Ce mode de mise en réseau offre également plus d'un seul chemin pour chaque service afin qu'il puisse mieux utiliser les ressources réseau avec une sécurité accrue. Comme le montre la Figure 27, lorsque le lien C-G est coupé, le réseau calcule un autre itinéraire à partir de D à H et crée un nouveau LSP pour rétablir le service.[5]

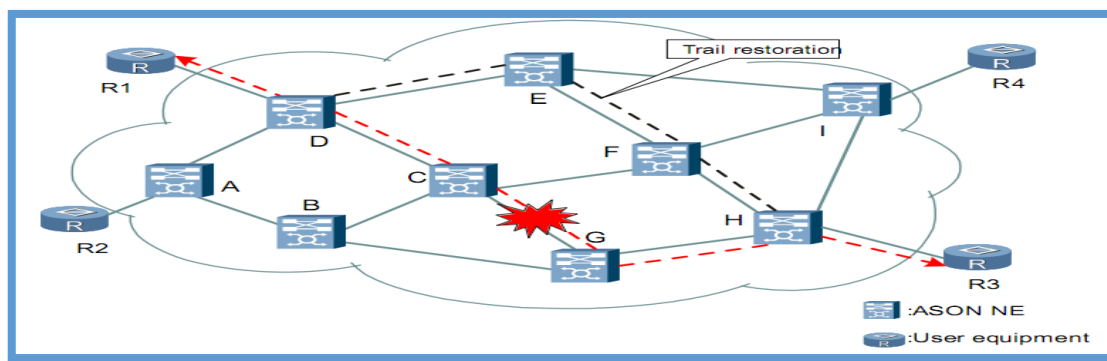


Figure 27 : Protection et restauration pour un réseau maillé

L'ASON peut offrir des services à différents clients avec différentes qualités de service (QOS) c'est ce qu'on appelle le contrat de niveau de service (Service Level Agreement SLA).

Tableau 8 : Niveaux de service ASON

SLA (Service Level Agreement)	Diamand	Gold	Silver	Copper
Protection et restauration	Protection et Restauration	Protection et Restauration	Restauration	Sans Protection et Sans Restauration
• Schéma de protection	SNCP	ODUkSPRing	Rerouting	-
• Temps de protection et temps de restauration	Temps de Protection <50 ms	Temps de Protection <50 ms Temps de Restauration <50 ms	Temps de restauration <2S	-
• Utilisation de la bande passante	Faible	Moyen	Haute	Très Haute
• Cout	Très Haut	Haut	Moyen	Faible
• Service	Banques	PSTN/GSM	IP Dataservice/	Service

application			Internet	temporaire
-------------	--	--	----------	------------

Nous allons nous contenter sur les deux types de services : Diamond et Silver.

- **Service « Diamond » :**

Un service « Diamond » est un service fourni avec une protection 1 + 1 de sa source à sa destination. Il dispose de deux LSPs différentes entre le nœud source et le nœud destination. En outre les deux LSPs ne peuvent pas passer par un même lien.

L'une est appelée « working LSP », et l'autre LSP de protection. Le même service est transmis sur le « working LSP » et le LSP de protection en même temps. Si le « working LSP » fonctionne bien, le nœud de réception reçoit le service du « working LSP », sinon, du LSP de protection.

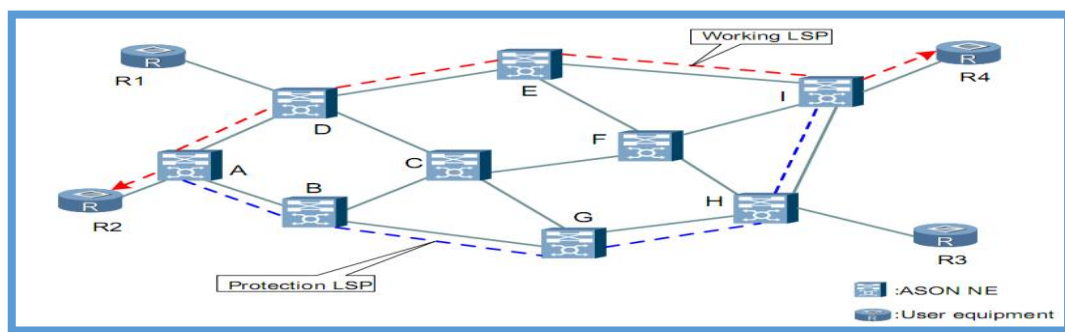


Figure 28 : architecture du service « Diamond »

- **Service silver :**

Ce service est aussi appelé « rerouting service », il n’y a pas de chemin dédié à la protection. En cas de défaillance, le protocole ASON calcule un autre chemin en temps réel pour restaurer le trafic. Ce type de service est plus convenable aux applications qui n’ont pas d’exigences de temps réel.

V. Conclusion

La technologie WDM a connu un grand succès grâce à sa capacité d’augmenter les débits des réseaux en multiplexant un nombre important de longueurs d’onde et les

envoyant dans une seule fibre de silice permettant ainsi une grande optimisation des ressources et une minimisation significative des coûts.

Au cours du chapitre suivant, nous allons présenter la nouvelle génération des réseaux optiques qui apporte notamment plus d'intelligence au niveau des nœuds et permet de surmonter les limitations des générations antécédents.

CHAPITRE IV : LA SOLUTION OPTIX OSN

8800

I. Introduction

La NG-WDM fut un grand succès là où elle a été déployée. Dans ce sens Maroc Telecom décida d'implémenter son propre réseau afin de répondre de la meilleure des façons aux attentes de sa clientèle. Ainsi, plusieurs boucles NG-WDM ont déjà été déployées. Notre mission au sein du département transmission, de MRS est donc de réaliser un dimensionnement et implémentation d'une boucle NG-WDM sur la région du Nord.

II. Solution Huawei Optix OSN 8800

Pour le déploiement des réseaux de la nouvelle génération WDM, Huawei technologies propose deux produits : L'OptiX OSN 6800 et l'OptiX OSN 8800. Aujourd'hui, la tendance des réseaux cœur est la convergence vers le tout IP, ainsi, les produits Huawei, de la famille OptiX, se distinguent par leur capacité de traitement et de transport de plusieurs types de données, comme les trames SDH, OTN, ou GE (gigabit Ethernet).

L'OptiX OSN 8800 est des équipements de la plateforme intelligente de la nouvelle génération de transport optique. Ils supportent les topologies de réseaux point-à-point, chaine, boucle et maille.[1]

1. Architecture du système

L'OptiX OSN 8800 est orienté selon la tendance de développement du réseau métropolitain (MAN). Avec une architecture toute nouvelle, il réalise un transport et une commutation optique dynamique et électrique flexible au niveau des couches optique et électrique respectivement. Il possède, également plusieurs fonctionnalités telles que l'intégration élevée et la haute fiabilité.

Le système modulaire que Huawei a adopté dans la conception de l'OptiX OSN 8800 permet aux opérateurs télécom, en cas de besoin, de procéder à des extensions de leur bande passante d'une manière facile et rapide, car il suffit d'ajouter des cartes dans les « subracks » déjà existants ou bien insérer des nœuds sans aucune influence négative sur le fonctionnement du réseau existant.

2. Emplacement dans le réseau

L'**OptiX OSN 8800** est désigné pour les opérateurs qui exigent un système flexible et rentable qui assurera le multiplexage, le transport et la commutation haut débit des données, vidéo, et voix. Il est conçu pour servir au niveau des réseaux dorsaux, des réseaux locaux et des couches métropolitaines cœurs et des couches métropolitaines de convergence.

L'**OptiX OSN 8800** est conçu pour l'utilisation dans les couches métropolitaines d'accès et de convergence.[1]



Figure 29 : L'OptiX OSN 8800

3. Les spécifications techniques

L'OptiX OSN 8800 supporte les deux technologies WDM : (CWDM & DWDM), qui se caractérisent par les spécifications techniques et les capacités de transmission suivantes :

- Le **DWDM** avec un espacement des canaux de 100 GHz. Elle s'applique aux services de 2,5 Gbit / s, 5 Gbit / s, 10 Gbit / s et 40 Gbit / s.
- Le **CWDM** avec un espacement des canaux de 20 nm. Il ne s'applique qu'aux services évalués à 5 Gbit / s et inférieures.
- La particularité de **L'OptiX OSN 8800** c'est qu'il permet de basculer de

DWDM et CWDM sur le même équipement, ainsi les longueurs d'onde d'un DWDM peuvent être transporter dans la fenêtre 1531nm →1551nm pour étendre la capacité du CWDM[1]

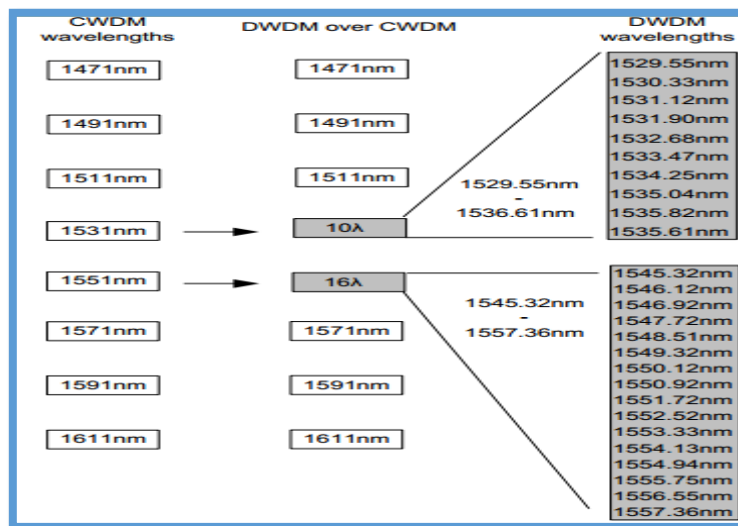


Figure 30 : basculement du CWDM AU DWDM

La Figure 30 montre l'expansion de l'allocation de longueur d'onde, avec ce schéma d'expansion, un système CWDM peut transmettre un maximum de 26 longueurs d'onde DWDM à un espacement de 100 GHz entre canaux. Si l'espacement est de 50 GHz, le système CWDM peut transmettre un maximum de 50 longueurs d'ondes DWDM.[1]

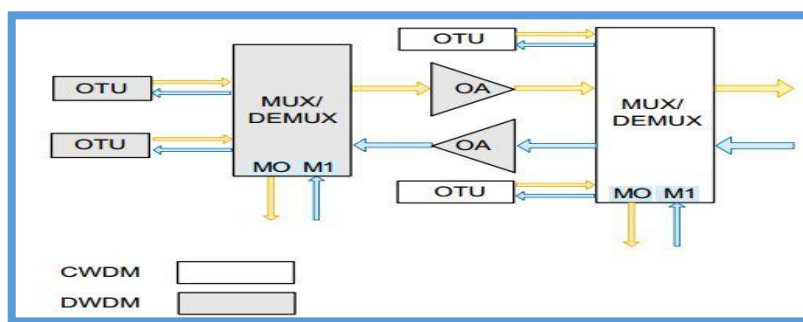


Figure 31 : configuration de l'équipement CWDM pour transporter des longueurs DWDM

La figure 31 montre la configuration de l'équipement dans lequel les longueurs d'onde DWDM sont transportées dans la fenêtre de 1 531 nm à 1551 nm du CWDM.

4. Caractéristique de l'OSN 8800

L'OSN OptiX 8800 introduit à la WDM, des fonctionnalités comme le FEC, les longueurs d'onde accordable, l'arrêt automatique de laser et la gestion de puissance optique. En effet il offre une certaine commodité, puisqu'il permet d'insérer ou extraire des services à travers différents nœuds, et la supervision est assurée via les canaux OSC et ESC.

La fonction FEC, elle, permet d'être moins exigeant concernant l'OSNR en réception, ce qui permet d'augmenter la distance de transmission. Tandis que l'ALS (Automatic Laser Shutdown) est plutôt une mesure de sécurité pour l'homme.

- **Grooming (Agrégation) de couche Optique**

Les solutions ROADM réalisent une reconfiguration de longueurs d'onde en les bloquant ou brassant. Ceci change leur distribution statique pour qu'elle devienne être flexible et dynamique. On se trouve alors face à un système avec une facilité de planification aux niveaux distribution, ajustement et régénération des longueurs d'onde. Concernant la gestion et la maintenance, nous bénéficions des mises en service et tests à distance et d'une gestion automatique de la puissance.

- **Grooming (Agrégation) de Couche Electrique**

Le traitement et le grooming de couche électrique sont ajoutés entre les signaux d'interface côté-client et coté-WDM, afin que l'utilisation de longueurs d'onde de la ligne soit améliorée.[1]

5. Spécification des cartes

Chacune de ces cartes se charge d'une partie du traitement du signal, tel que le multiplexage, le routage, ou l'amplification, entre autres.[5]

Tableau 9 : spécification des cartes

Eléments de l'OSN		Spécification
CARTE	TYPE	
Transpondeur	TDX	2 x 10G tributary service processing board essentiellement utilisée pour réaliser le brassage dans la couche électrique.

optique	LDG	Supporte le trafic de type 2GE
	LWF	Supporte le trafic de type STM-16-2.5GE
	TO M	8 x multi-rate ports service processing board Essentiellement utilisée pour réaliser le brassage dans la couche électrique et pour offrir les interfaces OTN et ESC.
Line board	ND2	2 x 10G line service processing board Essentiellement utilisée pour réaliser le brassage dans la couche électrique et pour offrir les interfaces OTN et ESC
Cross-connect	XCS	Unité d'interconnexion et de l'horloge
Mux/Dé mux	M4 0/D40	Unité de multiplexage/démultiplexage de 40-canaux
	M4 0V/D40V	M40V/D40V: unité de multiplexage et démultiplexage avec VOA de 40-canaux
	FIU	Unité d'interface de fibre
ROADM	RM U9	Carte de multiplexage 9-port ROADM: démultiplexe toute seule longueur d'onde du signal à partir de signaux multiplexés et l'envoie à l'OTU.
	WS D9	Carte de démultiplexage 9-port de commutation de longueur d'onde sélective: démultiplexe toute seule longueur d'onde du signal à partir de signaux multiplexés et l'envoie à l'OTU.
Amplific ateur	OA U	Unité d'amplification optique: amplifie la puissance du signal optique multiplexé pour élargir la distance de transmission
	OB U	Unité boosteur optique: amplifie la puissance du signal optique multiplexé pour élargir la distance de transmission
Canal de Supervision optique	SC1	Unité unidirectionnelle de supervision de canaux : transmet et extrait les informations d'entête du système et les envoie au SCC après traitement

	SC2	Unité bidirectionnelle de supervision de Canaux: transmet et extrait les informations d'entête du système et les envoie au SCC après traitement
Atténuateur variable	VA1	Atténuateur optique variable d'un canal
	VA4	Atténuateur optique variable de 4 canaux

III. Les modes de protection pris en charge par OptiX OSN

La protection demeure un concept primordial dans les réseaux de transmission, notamment pour les réseaux qui font circuler une grande quantité de trafic. Bien que de nouvelles techniques aient été introduites dans les nouvelles générations des réseaux SDH, à l'instar de la restauration, le recours à la protection n'a jamais cessé pour éviter les défaillances techniques.

La protection consiste à réserver des circuits physiques ou logiques qui seront utilisés en cas de difficultés de transmission comme la rupture d'une fibre ou la défaillance d'un équipement de réseau. Cela implique que, parfois, jusqu'à 50% de bande passante disponible sur un réseau donné sera dédiée à la protection, sans jamais être utile pour transporter le trafic normal. Malgré cet inconvénient majeur, les modes de protection ont des délais de reprise très faibles par rapport aux délais de rétablissement en cas de restauration et ils sont de l'ordre de milliseconde.

On distingue deux familles de protections, la protection des éléments d'un équipement, à savoir les cartes de tout type et la protection partielle ou globale du réseau entier. La protection des cartes d'un seul équipement est nommée TPS (Tributary Protection Switching), tandis que pour la protection réseau, on trouve principalement deux schémas largement adoptés tels : le SNCP et le MSP.[6]

Notion de Survivable Network :

C'est un réseau capable de restaurer les services en un minimum de temps sans interventions humaine en cas de panne. Il requiert des : puissante capacité de cross-connexion, des éléments de réseau intelligents, et des itinéraires de secours.

Protection linéaire :

Ce type de protection est le plus simple, principalement utilisé dans les systèmes traditionnels. En effet, le réseau, dans ce cas, dispose de deux paires de fibres une active et une protectrice. Lorsque le canal actif tombe en panne, la fibre de protection est utilisée.

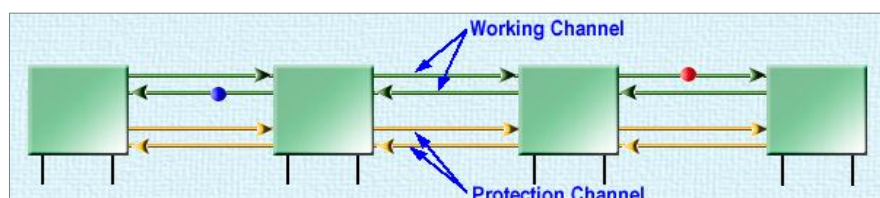


Figure 32 : Concept de la protection linéaire

Dans la protection linéaire, deux grandes catégories se présentent :

1+1 Linear MSP : (Multiplex Section Protection) :

Ce type de protection est réalisé suivant le principe “concurrent sending and selective receiving”. En effet, chaque intervenant envoie sur les deux canaux, aussi bien l’actif que celui de protection. En état normal, la réception choisit de recevoir les données sur le canal actif. En revanche, en cas de rupture, les deux parties basculent vers le canal de protection. Les deux scénarios sont représentés par les figures (33 et 34) suivantes :

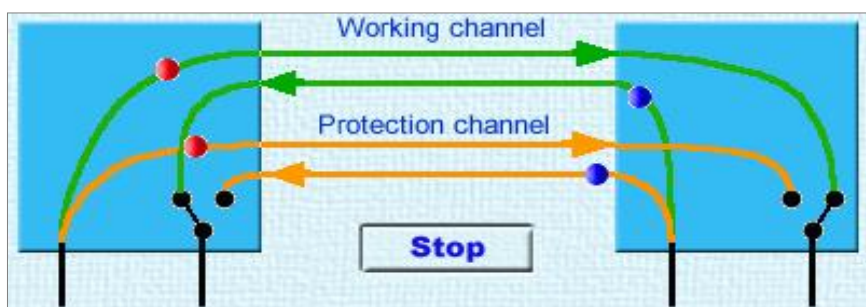


Figure 33 : Concept de la 1+1 Linear MS Protection.



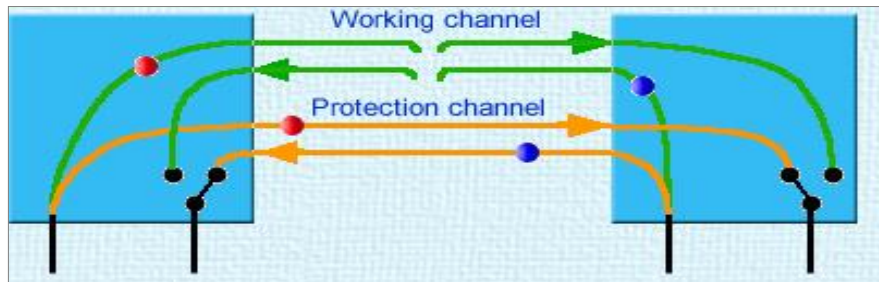


Figure 34 : Basculement vers le canal de protection

1 : N Linear MSP :

Le principe de cette protection consiste à avoir un seul canal pour protéger N canaux. En état normal, les canaux peuvent transmettre le trafic alors que le canal de protection supporte le trafic extra ou non-important. (Figure 35)

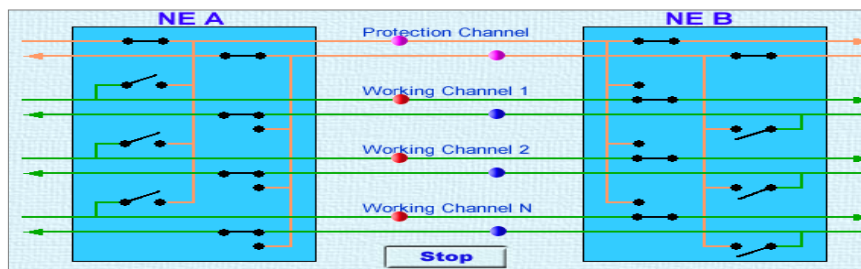


Figure 35 : Concept de la 1 : N Linear MSP

Or, dans le cas d'une rupture de fibre, par exemple le premier canal actif, le NE B détecte le problème et envoie une requête vers le nœud A sur l'octet K1 pour qu'il puisse basculer vers le canal de protection. (Figure 36 & 37)

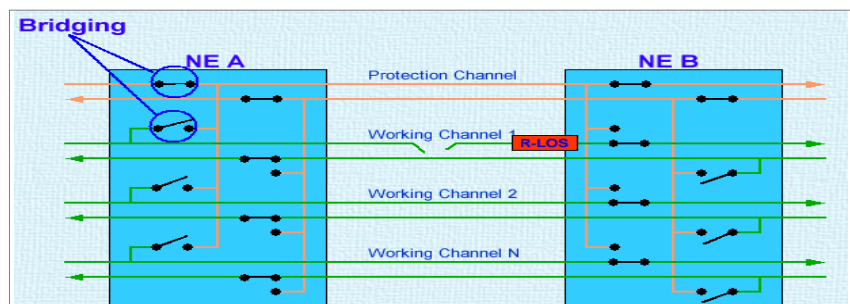


Figure 36 : Réalisation du « Bridging »

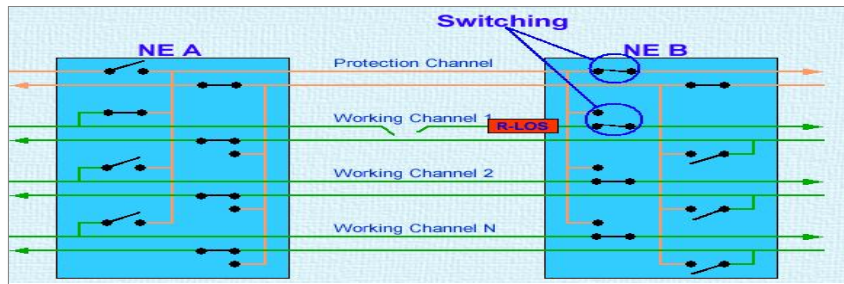


Figure 37 : Réalisation du « Switching »

Le tableau suivant présente les types de protection des anneaux :

Tableau 10: Les types de protections

Classification basée sur le niveau de protection du trafic	Path Protection Ring (PP Ring)
	Multiplex Section Protection Ring (MSP Ring)
	Sub-Network Protection (SNCP)
Classification basée sur la direction du trafic	Unidirectional protection Ring
	Bidirectional Protection Ring
Classification basée sur le nombre de fibres	Two-fiber protection ring
	Four-fiber protection ring

On remarque que, pour parler d'un type de protection d'anneau précis, l'on devrait préciser aussi bien le niveau de protection souhaitée, la direction du trafic ainsi que le nombre de fibres (Tableau 10).

Deux fibres bidirectionnelles MSP Ring (2f MS SPRING)

L'anneau est composé de deux fibres bidirectionnelles, la moitié de chaque fibre est définie comme canal actif et l'autre moitié est définie comme Canal de protection. (Figure38)



Figure 38 : MSP Ring's working and protection channels.

Dans le cas normal (Figure 39) le trafic entre le nœud A et le nœud C passe par les « working channel » lors de l'émission et la réception.

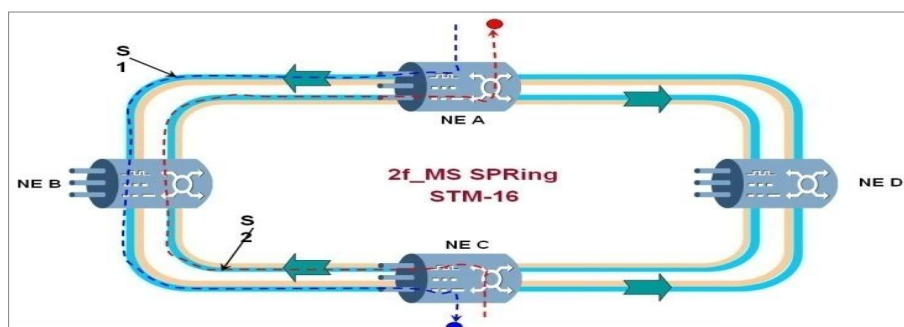


Figure 39 : 2f_MS SPRing dans le cas normal.

Supposons qu'il y a eu rupture entre A et B. Le trafic d'émission A vers C suit alors l'autre sens de la boucle dans le canal de protection jusqu'à arriver au nœud B qui bascule le trafic vers les canaux actifs vers le nœud C, il en est de même à la réception. La figure suivante explique ce cas :

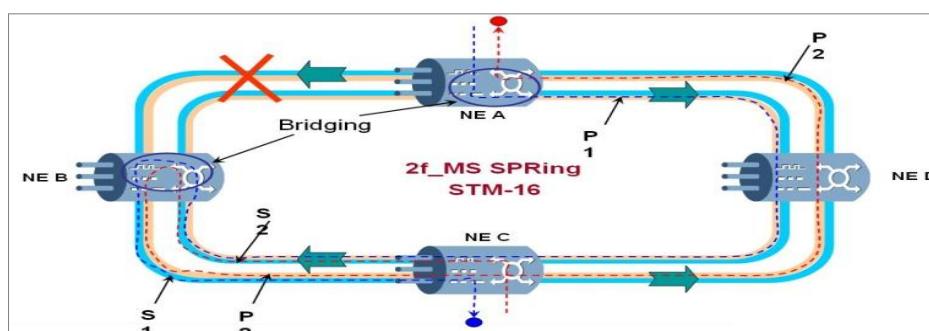


Figure 40 : 2f_MS SPRing en cas de rupture de lien.

Après la procédure de maintenance entre A et B le trafic prend le chemin normal suite à une durée WTR (Wait To Restore) fixée par le fournisseur, souvent de 10 minutes.

SNCP: Sub-Network Connection Protection :

Le SNCP est principalement utilisé pour la protection des services à travers les sous-réseaux. Cette protection utilise le mode 1+1 et se base sur le procédé du "concurrent sending and selective receiving".

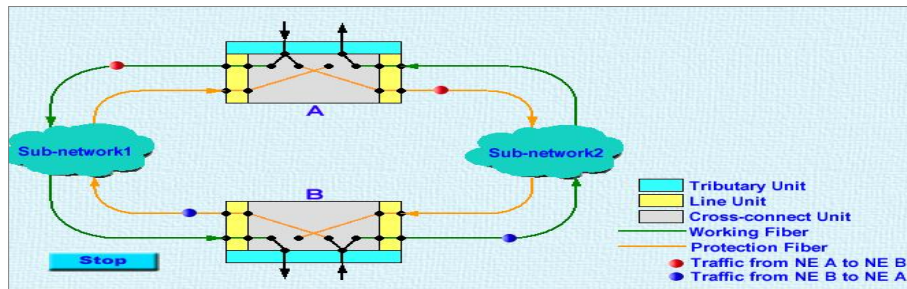


Figure 41 : Concurrent sending and selective receiving

En cas de rupture du canal actif entre les nœuds A et B, ce dernier va changer pour sélectionner les services du canal de protection.

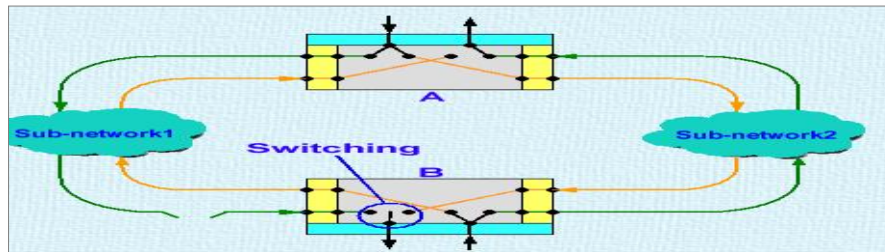


Figure 42 : Opération de Switching vers le canal de protection

Il y a plusieurs types de cartes qui contribuent à la commutation en SNCP. Pour NG-WDM, les cartes SCC et la carte de cross-connexion, contribuent en premier lors du processus de commutation, puis il y a la contribution des cartes de ligne. Les cartes de ligne contrôlent la protection SNCP.

Les figures suivantes montrent les panneaux de nos sites incluant les différentes cartes nécessaires.

Type of Subrack: 8000 Universal Platform NE ID Name of Master Subrack: 8-4000/0400/0401_M_1_C ID Name of Subrack: Oujda_M_1_C															
EF12	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Type of Subrack: 8000 Universal Platform NE ID Name of Master Subrack: 8-4000/0400/0401_M_1_B ID Name of Subrack: Oujda_M_1_B															
EF12	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Type of Subrack: 8000 Universal Platform NE ID Name of Master Subrack: 8-4000/0400/0401_M_1_A ID Name of Subrack: Oujda_M_1_A															
EF12	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Type of Subrack: 8000 Universal Platform NE ID Name of Master Subrack: 8-4000/0400/0401_M_1_B ID Name of Subrack: Oujda_M_1_B															
EF12	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Type of Subrack: 8000 Universal Platform NE ID Name of Master Subrack: 8-4000/0400/0401_M_1_A ID Name of Subrack: Oujda_M_1_A															
EF12	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Figure 43 : les panneaux des sites Oujda/Berkane

Type of Subrack: 8000 F331 NE ID Name of Master Subrack: 8-4000/0400/0401_M_1_C ID Name of Subrack: Oujda_M_1_C															
EF12	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Type of Subrack: 8000 Universal Platform NE ID Name of Master Subrack: 8-4000/0400/0401_M_1_B ID Name of Subrack: Oujda_M_1_B															
EF12	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Type of Subrack: 8000 Universal Platform NE ID Name of Master Subrack: 8-4000/0400/0401_M_1_A ID Name of Subrack: Oujda_M_1_A															
EF12	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Type of Subrack: 8000 Universal Platform NE ID Name of Master Subrack: 8-4000/0400/0401_M_1_B ID Name of Subrack: Oujda_M_1_B															
EF12	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48			
LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG	LWFG
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX	TDX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Figure 44 : les panneaux des sites Guercif/Nador

Concernant la protection de notre boucle, nous avons adopté la protection SNCP pour protéger l'ensemble du réseau parce qu'il est plus avantageux et il présente plus de flexibilité. Aussi, la protection des cartes d'affluents est réalisée par le mécanisme TPS. Tandis que la protection des cartes de brassage et des cartes de contrôle (SCC) est faite par le mode de protection 1+1. Tous ces types de protections sont déjà expliqués dans le paragraphe précédent.

IV. Conclusion

Les produits de la série OSN demeurent une solution parfaite pour les réseaux de transmission. Dans notre projet nous avons utilisés les équipements Optix OSN 8800 et les protections SNCP, TPS et 1+1 vu quels sont les plus adéquats dans la mesure qu'ils supportent le trafic demandé dans le cahier des charges. Pour voir la mise en service de cette solution, nous abordons dans le chapitre suivant le déploiement de la boucle NGWDM de IAM au nord du Maroc.

CHAPITRE IV : REALISATION DE LA BOUCLE

NGWDM LW12

I. Introduction

Après une étude théorique, Ou j'ai les différents technologies de transmission optique. Dans cette partie je vais essayer de présenter les différentes étapes d'installation et de configurations afin d'interconnecter la boucle sur laquelle j'ai travaillé.

1. Plan technique

- Etude du cahier de charges,
- visite pour les sites concernes,
- Préparer les Survey pour déclarer l'emplacement d'installation des nouveaux équipements
- Installation des nouveaux équipements,
- La configuration, comissioning et l'interconnexion des équipements,
- Manipulation des alarmes,
- Acceptance avec le client (IAM pour ce projet).

▪ **La Collecte des informations**

L'information à collecter avant l'étape de planification réseau inclue les données relatives à:

Station : nombre, emplacements actuels, distances de transmission des stations,

Service : caractéristiques, type du signal client, besoins actuels et futurs des services,

Fibre : type de fibre à utiliser,

Atténuation : atténuation Intra-station, atténuation de ligne, ...

Autres : besoins de fonctions spéciales, telles l'interconnexion avec d'autres équipements. Si c'est le cas collecter les informations nécessaires pour cette connexion.

Généralement, une partie de ces informations est fournie par les documents client précisant le type de fibre et l'atténuation mesurée. De plus le client exprime son besoin sous forme d'une matrice de trafic.

Tableau 11 : Matrice de trafic

Site	Berkane	Nador	Guercif	Oujda	service
Oujda	STM16 « SDH »	STM16 « SDH »	STM16 « SDH »		TDM
	2.5Gbs «PDH »	2.5Gbs «PDH »	2.5Gbs «PDH »		
	4(2*GE) 4(2*GE)	4(2*GE) 3(2*G)	4(2*GE) 2(2*GE)		Paquets
	« Ethernet »	« Ethernet »	« Ethernet »		
Berkane					
Nador					
Guercif					
Oujda					

Affectation des lambdas et des cartes à intégrer :

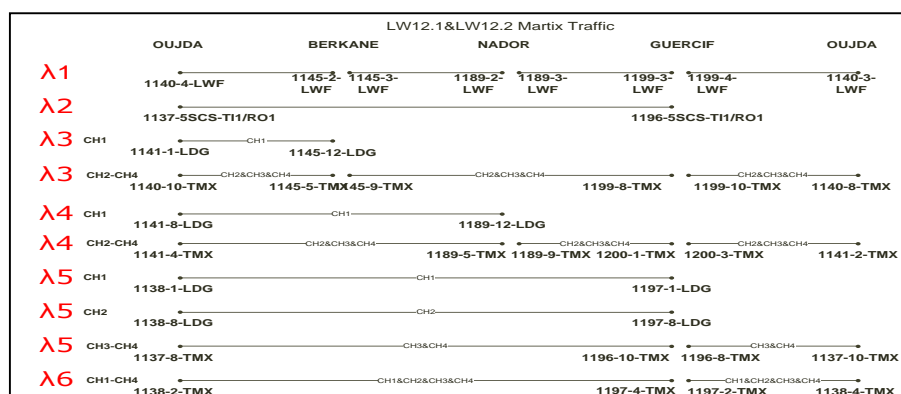


Figure 45 : matrice de trafic

2. Design de la boucle

Le cahier des charges, fournit par le client IAM, nous permet de connaître les informations suivantes, qui sont nécessaires pour le dimensionnement de notre boucle du Nord.

Ces informations sont détaillées dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Informations à collecter

L'objet considéré	L'information sur l'objet
Station	<ul style="list-style-type: none">• Nombre de station.• Localisation des stations.• La distance entre les différentes stations.
Service	<ul style="list-style-type: none">• Les différents types de service
Fibre	<ul style="list-style-type: none">• Type de fibre
Atténuation	<ul style="list-style-type: none">• Atténuation entre les stations ou bien l'atténuation de la fibre qu'on peut considérer.

▪ Site survey

La préparation des sites (site Survey) est la première étape pour déployer un réseau. Elle consiste à préciser les emplacements des équipements et étudier l'environnement de leur fonctionnement.

Cette étape est effectuée par un ingénieur Huawei accompagné d'un responsable de Maroc Télécom. Il doit fournir à la fin les informations suivantes :

- Les dimensions de la salle (largeur et longueur).
- L'emplacement de l'équipement dans la salle.
- Un compte rendu sur les sources d'énergie disponibles (en général on prend deux sources d'alimentation une pour l'alimentation directe et l'autre pour la protection).
- La longueur du câble de puissance.
- Le chemin des câbles.
- Vérifier si toutes les conditions de sécurité sont bien présentes dans la salle.
- Vérifier les conditions d'éclairage dans la salle.

Ces informations sont livrées sous format numérique, souvent un fichier Autocad. La figure suivante montre un exemple de préparation de site.

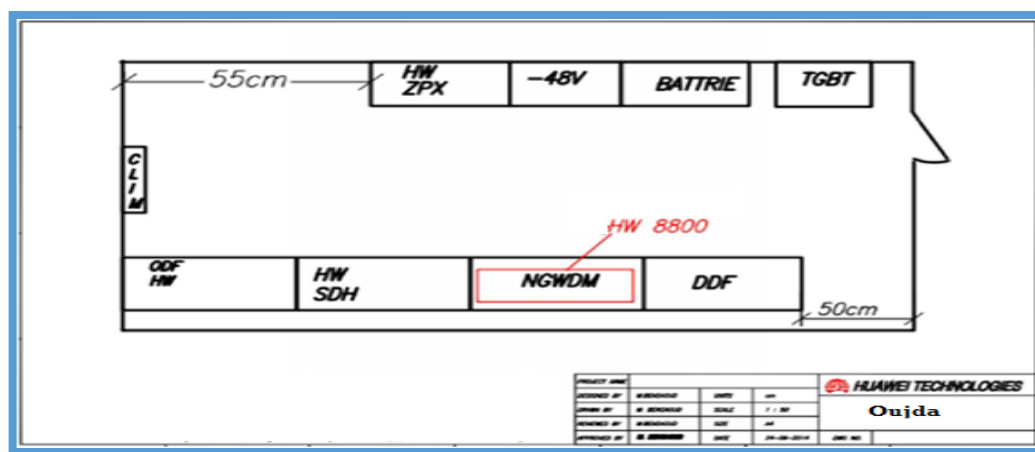


Figure 46 : croquis d'un site NGWDM

Généralement le fichier de la préparation de site contient l'emplacement des équipements, le chemin des câbles, les coffrets de climatisation, les coffrets des onduleurs, redresseurs et répartiteurs des BTS.

▪ Commissionnement

Le Commissionnement est l'ensemble de tâches à accomplir par l'équipe de commissionnement, pour aboutir à la fin, à la mise en service de la liaison, afin de valider la solution proposée. Cette phase importante du projet, à laquelle nous avons participé, inclut la vérification de l'installation hardware, la configuration des équipements et la validation à travers un ensemble de tests. Pour cela, nous avons appris l'utilisation d'un certain nombre d'outils et nous avons lu des documents ingénierie pour faire des tests et participer de façon efficace à la réalisation du commissionnement. Le tableau 13, montre les différents outils nécessaires pour cette tâche

Tableau 13: Outils nécessaires pour le commissionnement

Outil	Fonction
Analyseur WDM	Test des services WDM, tests de protection et de performance
Puissance-mètre optique	Tests de puissances reçues, la sensibilité

	et la saturation du récepteur
Atténuateurs fixes	Atténuer les puissances optiques fortes
Ordinateur portable	Avec U2000 installé, il sert à la mise en service d'un NE
Les jarretières	Transfert de signaux pendant l'essai de puissance optique
Testeur BER	Test des erreurs de bit aux interfaces électriques
Atténuateur réglable	Test de sensibilité du récepteur aux interfaces optiques
Analyseur de données	Test des services Ethernet

- **Atténuation entre les sites :**

Le tableau suivant montre l'atténuation et les distances de la fibre de transmission (Working Fiber) :

Tableau 14 : distances entres villes et atténuations

Tronçon	Distance (km)	Atténuation total (en dB) à 1550 nm
Oujda LGD -- Ahfir	46	11.25
Ahfir – Berkane	30	7.5
Berkane -- Zaio	60	12.5
Zaio – Nador LGD	43	10.75
Nado LGD -- Jbel aroui	35	8.75
Jbel aroui -- Saka	60	15
Saka -- Guercif	60	15
Guercif -- Taourirt	62	15.5
Taourirt -- Laioune	60	15
Laioune – Oujda LGD	73	17.5

- **Planification des OSNR**

Dans un système de transmission longue distance ou de réseau de transport multi-nœuds, plus d'un amplificateur optique est adopté et mis en cascade pour étendre la distance de transmission. Les amplificateurs, utilisés pour la compensation de l'atténuation, introduisent un bruit de rayonnement. Bien que la compensation soit faite, le bruit de rayonnement des amplificateurs diminue l'OSNR et contribue à la dégradation des performances de transmission. Lorsque l'OSNR est réduit dans une certaine mesure, la performance du système est sérieusement affectée.

Le tableau 15 énumère les valeurs de référence de l'OSNR conçus pour les signaux à des débits différents.

Tableau 15 : planification des OSNR

Débits	FEC Mode	Code	Exigences OSNR dB
2.5 Gbit/s	FEC	NRZ	15
	No FEC	NRZ	20
5 Gbit/s	FEC	NRZ	18
	No FEC	NRZ	23
10 Gbit/s	FEC	NRZ	20
	No FEC	NRZ	18
5 GE	FEC	NRZ	20.5

- design

Comme l'on a pu constater au niveau du chapitre précédent l'architecture adéquate pour le réseau NGWDM est l'anneau vu les avantages qu'elle offre en termes de flexibilité et de restauration (rerouting). La boucle va lier les sites suivants : Oujda LGD ,Berkane, Nador LGD, Guerif est illustrée dans le schéma ci-dessous :

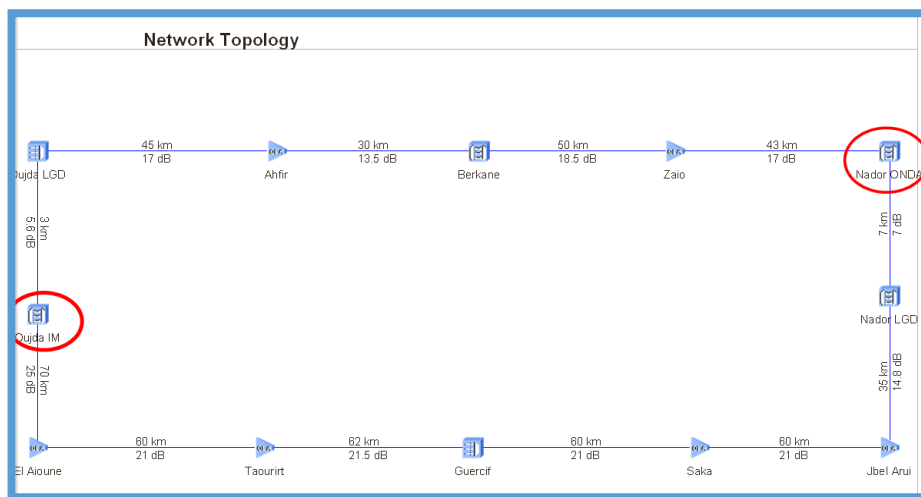


Figure 47 : La topologie de la boucle NG WDM d'IAM

II. Planification

1. Planification des MUX et DEMUX

- OADM/ROADM/OTM sont les nœuds où les services sont insérés/extraits,
- Moins de 8 longueurs d'onde, souvent RMU9 ou WSD9 sont utilisés, (ROADM),
- Plus de 8 longueurs d'onde, souvent M40/V40 et D40 sont utilisés, (OTM ou ROADM).

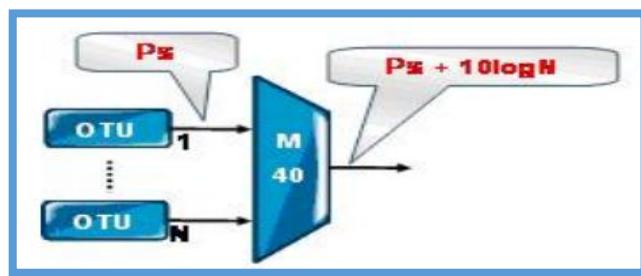


Figure 48 : puissance de sortie d'un MUX

Pour le calcul de puissance, si on a N OTU à l'entrée du MUX de puissance, la puissance de sortie du MUX est :

$$P_{\text{totale}} = P_{\text{single}} + 10 \log_{10} N$$

(N : nombre maximal de longueurs d'onde)

2. Planification des amplifications OA :

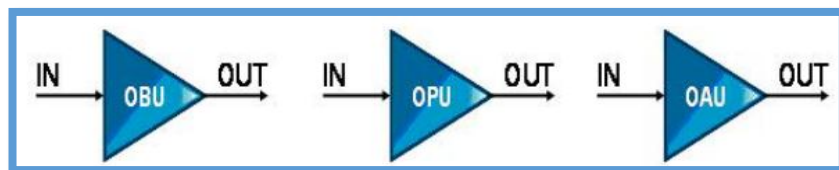


Figure 49 : amplificateur optique

Gain du canal (dB) = $P_{\text{out}} - P_{\text{in}}$

L'équipement NGWDM Optix OSN 8800 offre 9 types d'amplificateurs travaillant dans la bande C qui contient 80 canaux :

Tableau 16 : les types d'amplificateurs

Nom	Puissance d'entrée	Puissance de sortie	Gain
OBU101	-32 ~-4 dBm	16 dBm	20 dB
OBU103	-32 ~-3 dBm	20dBm	23dB
OBU104	-32 ~ -1 dBm	16dBm	17dB
OBU205	-24 ~ 0 dBm	23 dBm	13dB
OAU101	-32 ~ 0 dBm	20 dBm	20 ~31 dB
OAU102	-32 ~-3 dBm	17 dBm	20 ~31 dB
OAU103	-32 ~-4 dBm	20 dBm	24 ~36 dB
OAU105	-32 ~ 0dBm	23 dBm	23 ~34 dB

L'OAU est formé de deux étages d'amplificateurs que le DCM peut être insère entre eux. Le premier est un préamplificateur (PA), l'autre est un booster (BA), L'atténuation minimale de VOA (2dB) doit être considérée, Pendant le choix de l'amplificateur, il faut respecter les régies suivantes :

- Amplificateur a un seul étage (OPU, OBU) est prioritaire à celui avec deux étages (OAU), vu le cout important de ce dernier par rapport au premier.
- Amplificateur à deux étages est prioritaire à deux amplificateurs avec un seul étage.
- OBU05/OAU05 (7dBm/23dBm) est prioritaire à l'amplificateur de Raman.

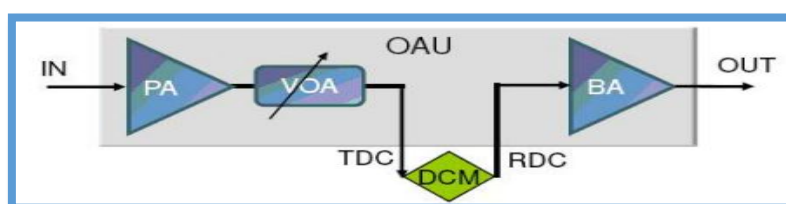


Figure 50 : interne de l'OAU

III. Bilan de la liaison optique

Vu la diversité des sites de la liaison qu'on a dimensionné, nous allons ici donner une partie de cette liaison pour montrer comment on a procédé dans la mise en œuvre de ce projet, Cette liaison comporte les trois éléments d'un réseau NGWDM : OTM, OLA et ROADM, Le schéma de la liaison est montré dans la figure 51 : Ce schéma nous donne l'atténuation entre les éléments de la ligne due à la distance.



Figure 51 : Schéma de liaison Oujda / berkane

Concernant les épissures de chaque fragment, cette information est donnée par l'opérateur (MAROC TELECOM), Due à la distance parcourue, on aura besoin de compenser la dispersion, donné avant de faire le bilan de puissance, on va tout d'abord commencer par choisir les modules de compensation de dispersion (DCM) qu'on doit utiliser, chaque DCM à sa propre atténuation.

1. Bilan de dispersion

Distance limitée par la dispersion (km) = tolérance de dispersion (ps/nm) / coefficient de dispersion (ps/nm.km).

- Fibre G.652 : coefficient de dispersion = 17ps/nm.km (20ps/nm.km)
- Fibre G.655 : coefficient de dispersion = 4,5ps/nm.km (6ps/nm.km)
- Caractéristiques des modules DCM

Tableau 17 : caractéristiques des modules DCM

Elément type	Distance	Max perte D'insertion	PMD(ps)	Max puissance permise(dbm)	Longueur D'onde (nm)
DCM(A)	20	4	0.4	20	1525-1565
DCM(B)	40	5	0.5	20	1525-1565
DCM(C)	60	7	0.6	20	1525-1565
DCM(D)	80	8	0.7	20	1525-1565

DCM(E)	100	9	0.8	20	1525-1565
DCM(S)	5	2.5	0.3	20	1525-1565

2. Ou installer la DCM ?

La DCM peut être insérée avant l'OPU, l'OBU ou entre PA et BA de l'OAU, Il ne faut jamais insérer la DCM avant l'amplificateur de Raman,

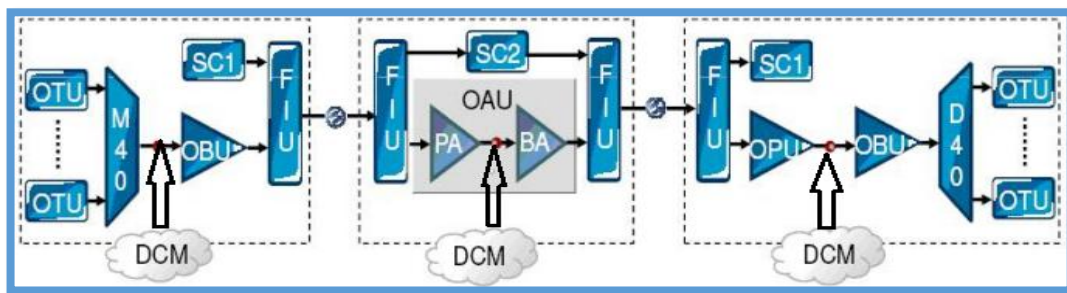


Figure 52 : emplacement du DCM

La puissance d'entrée de la DCM doit être inférieure à -3dBm , Pour la partie démonstrative du projet, on a trouvé la solution suivante :

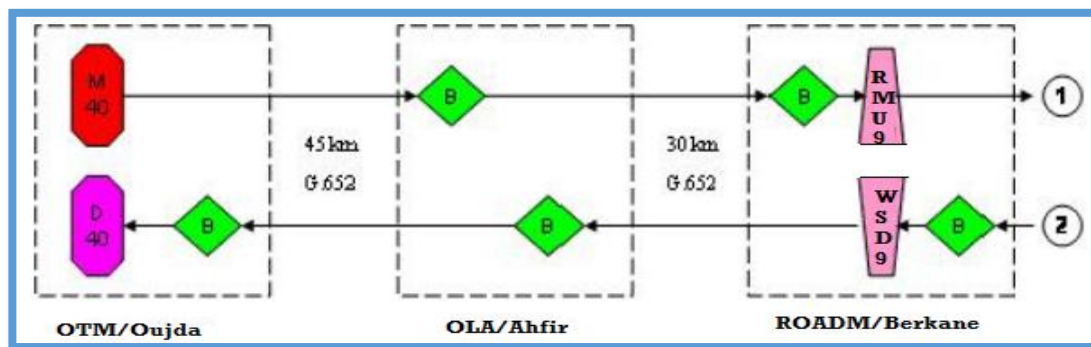


Figure 53 : choix du DCM

Dans le sens 1, la distance entre le site de Oujda et celui de Ahfir est 45km, donc on doit utiliser à la réception (Ahfir) un DCM de type B qui compense une distance de 40km, la même chose entre Ahfir et Berkane, la distance est de 30km, donc on doit utiliser le DCM (B). On suit le même raisonnement pour le sens 2.

3. Bilan de puissance

Pour faciliter notre travail, on a veillé que toutes les sorties des différents éléments du réseau soit de puissance égale a +3dBm,

On va considérer calculer le bilan de puissance dans le sens de Oujda vers Berkane, Le schéma de la liaison est le suivant :

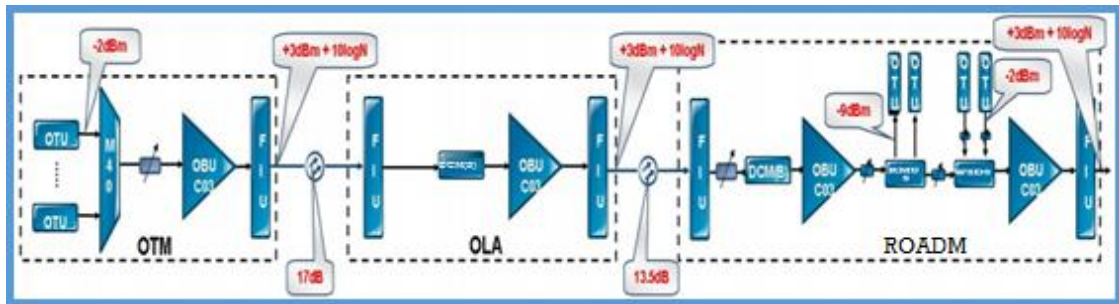


Figure 54 : bilan de puissance

Pour les équipements utilisés, les pertes d'insertion sont :

Tableau 18 : pertes d'insertion

Equipement	Pertes d'insertion en DB
FIU	1
M40	6
D40	6
WSD 9	2
RMU 9	2
VOA	2

La puissance de sortie de chaque OTU est -2dBm, On place avant chaque amplificateur un atténuateur optique variable pour ramener la puissance d'entrée de l'amplificateur à sa valeur standard, Ces atténuateurs ont une atténuation minimale de 2dB qu'on doit tenir en compte. La puissance de sortie du premier amplificateur est :

$$3 + 1 (FIU) + 10 \log N = +4dBm + 10$$

Avec N le nombre de longueurs d'ondes (OTU) injecté dans le multiplexeur, Sa puissance à l'entrée

$$2 (OTU) - 6 (M 40) - (2 + a)(VOA) + 10 \log N = -10dBm - a + 10 \log N$$

Donc d'après la table des amplificateurs on peut utiliser un OBUC03 ou un OAUC01, et puisque un amplificateur à un seul étage est préférable à celui de deux étages, on doit utiliser l'OBUC03.

De même, la puissance de sortie du deuxième amplificateur :

Sa puissance à l'entrée

$$3 + 1(FIU) + 10\log N = +4dBm + 10\log N$$

Et sa puissance d'entrée est

$$+3 - 17(\text{Fibre}) - 1(FIU) - (2+a)(VOA) - 5(DCMB) + 10\log N = -22dBm - a + 10\log N$$

On peut enlever donc l'atténuateur pour augmenter la puissance d'entrée à la valeur standard de l'amplificateur, et pour qu'on puisse utiliser un amplificateur à un seul étage, on va utiliser donc l'OBUC03.

Pour la troisième amplification, celui de ROADM, on a :

La puissance d'entrée est.

$$+3 - 13.5(\text{Fibre}) - 1(FIU) - (2+a)(VOA) - 5(DCMB) + 10\log N = -18.5dBm - a + 10\log N$$

Donc utiliser UN OBUC03,

Pour le quatrième amplificateur, on a :

La puissance d'entrée

$$2(OTU) - (2 + a)(VOA) - 2(RMU9/WSD9) + 10\log N = -6 - a \text{ dBm} +$$

La puissance de sortie

$$+3 + 1(FIU) + 10\log N = +4dBm + 10\log N$$

Donc on doit utiliser POBUC03.

La puissance d'entrée des 2 OTUs extraites est

$$+4 - (2 + a) (VOA) - 2(RMU9/WSD9) = -a \text{ dBm}$$

On ajuste l'atténuateur de telle façon à ce qu'on aura à l'entrée de l'OTU une puissance entre sa puissance de sensibilité et sa puissance de saturation, sachant que le détecteur optique des OTU utilisées est de nature PIN, On prendra la puissance d'entrée de l'OTU = -9dBm,

On insère un atténuateur variable entre les deux WSD9 et RMU9 pour que toutes les longueurs d'onde aient la même puissance à la sortie De RMU9 et WSD9,

Le schéma représentant le bilan de cette liaison complet est le suivant :

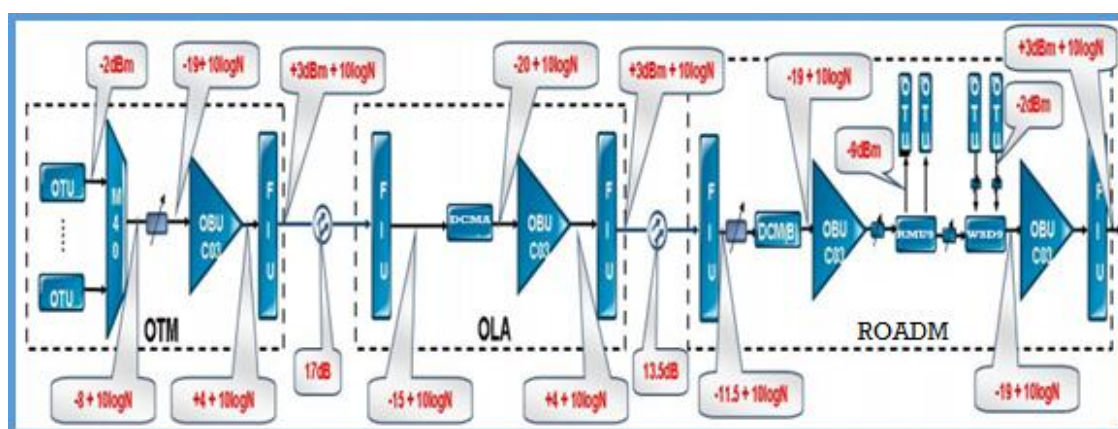


Figure 55 : bilan complet de la liaison

▪ **Remarque :**

Dans cet exemple que nous venons de voir, on a utilisé amplificateur DCM(B) cela est dû aux distances proches des deux fragments de la liaison, Nous avons suivi le même raisonnement pour les autres parties du projet, pour lesquelles on a utilisé d'autres types d'amplificateur et de DCM.

▪ **Présentation du logiciel U2000**

iManager U2000 Unified Network Management System (U2000 pour faire court) a été conçu pour gérer efficacement et uniformément les transports, l'accès et l'équipement IP à la fois l'élément de réseau (NE) et la couche réseau. L'U2000 fournit une gestion unifiée et visuelle O & M pour aider les opérateurs à réduire l'exploitation et de maintenance et les coûts à transformer les réseaux tout-IP des réseaux.

L'U2000 hérite de toutes les fonctions du T2000, N2000 BMS, et N2000 DMS, et est capable de gérer de manière uniforme le transport, l'accès et l'équipement IP.

Son architecture système utilisé est flexible. Les modules fonctionnels peuvent être personnalisés pour satisfaire les exigences de divers scénarios de déploiement.

En outre, l'U2000 prend en charge une évolution en douceur de la simple gestion de domaine à multi-domaine de la gestion dans le contexte de la convergence des réseaux. L'annexe décrit la mise en service en utilisant l'U2000.[4],[5].

V. Acceptance avec le client

En ce qui concerne l'acceptance, nous réalisons en présence des représentants de l'opérateur, l'ensemble des tests sur les services qu'offre le NG-WDM. Nous vérifions également, si l'installation respecte les termes de contrat. Si tout marche comme prévu, le document est alors signé par les représentants des deux parties (HUAWEI-Maroc Télécom) et l'équipement devient désormais, sous la responsabilité de Maroc Télécom. Dans le cas contraire, ou une grave anomalie est constatée et qu'elle ne peut pas être résolue sur le champ, le client dresse un rapport de réserves et l'envoie à HUAWEI pour des interventions ultérieures. Lorsque le problème est résolu un procès-verbal, dit « PV de levées de réserves » est alors élaboré et signé par les deux parties.

Une fois l'ensemble des procès-verbaux des levées de réserves rassemblés, les responsables de HUAWEI et ceux de l'opérateur Maroc Télécom se réunissent pour finaliser la procédure de paiement.

Il est à noter, que les termes du contrat n'exigent pas l'opérateur de payer l'intégralité du montant après l'acceptance. Il procède par tranches, en payant une partie après l'acceptance et le reste après la signature des « PV de levées de réserves ».

VI. Etat des lieux avant et après le projet

Pendant ce projet, j'étais membre d'une équipe du projet NG-WDM pour Maroc Télécom, donc ce bilan sera celui d'IAM, car l'opérateur qui bénéficiera de ce projet et cette nouvelle technologie (NG-WDM). Cependant j'étais comme ingénieur

de transmission à part entier dans ce projet.

1. Etat avant le projet

L'opérateur utilisait la technologie WDM, cette technologie grâce à l'équipement 1600 BWS&METR06100 permet le multiplexage juste des trames SDH c'est à dire les STM-1 & STM- 4 & STM-16 & STM-64, STM-256 n'est utilisable au Maroc. la configuration des services reste plus complexe d'autant que le réseau est étendu et l'expansion des capacités est coûteuse en temps, en plus d'une sous-utilisations en débit comme en efficacité de la bande passante (dans une topologie en anneau par exemple, la moitié de la bande passante doit être réservée pour la protection de liens), sans oublier sa pauvreté en terme de topologies (réduite aux seules topologies chaîne et anneau) déployées peu flexibles pour le routage et en terme de performances des schémas de protection utilisées.

2. Etat après le projet

La télécommunication moderne se dirige de plus en plus vers les réseaux tout IP, ce qui rend la technologie NG- WDM primordiale, car cette technologie multiplexe les trames TDM(SDH) et les paquets IP. Ce qu'on appelle la technologie Hybride

NG-WDM est la plateforme intelligente de transport optique de prochaine génération d'HUAWEI conçue pour suivre la tendance de développement du réseau métropolitain (MAN). Avec une architecture toute nouvelle, elle réalise le grooming (Agrégation) dynamique de la couche optique, le multiplexage NG-WDM est possède également des fonctionnalités de haute intégration, haute fiabilité et de multiples services.

La plateforme multiservices, OSN8800, prend en charge les services SDH, SONET, Ethernet, Fibre Channel, OTN).

Maroc Télécom bénéficiera de tous les avantages de NGWDM ci-dessous :

- Transmission à longue distance.
- Capacité élevée.

- Utilisation des fibres optiques existantes.
- Rapport performance/cout élevé.
- Fiabilité (grâce à l'ASON).
- Méthode simple pour augmenter la capacité des artères optiques du réseau de transmission.
- Equipements de ligne réduits.
- Fonctionnalités de réseau améliorées au niveau des artères optiques
- (souplesse d'exploitation)

VII. Conclusion

Les différentes phases primordiales de déploiement de la boucle configurée NGWDM du réseau de transmission d'IAM ont été abordé. En accord avec les clauses du cahier des charges, différents outils de commissionnement, de tests, de configurations de services, et de protections ont été effectués durant la phase de déploiement et celle de la mise en service du réseau IAM pour la boucle Nord-Est Le logiciel utilisé pour la configuration et la maintenance est l'U2000 (propriété Huawei). La boucle a été configurée avec les services demandés en liaison avec sa synchronisation et sa protection. Des configurations des services paquets Ethernet ont été réalisées.

Le résultat obtenu sur cette boucle est probant Il reste valable sur toute autre liaison même celle qui adopte des schémas de protection ou des équipements différents. La boucle déployée renforcera un accès large à la bande passante et à l'Internet.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

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 Maroc Télécom qui a fait le choix de baser son réseau de transport de prochaine génération sur la dite technologie qui se distingue des autres par sa flexibilité, sa fiabilité et son évolutivité.

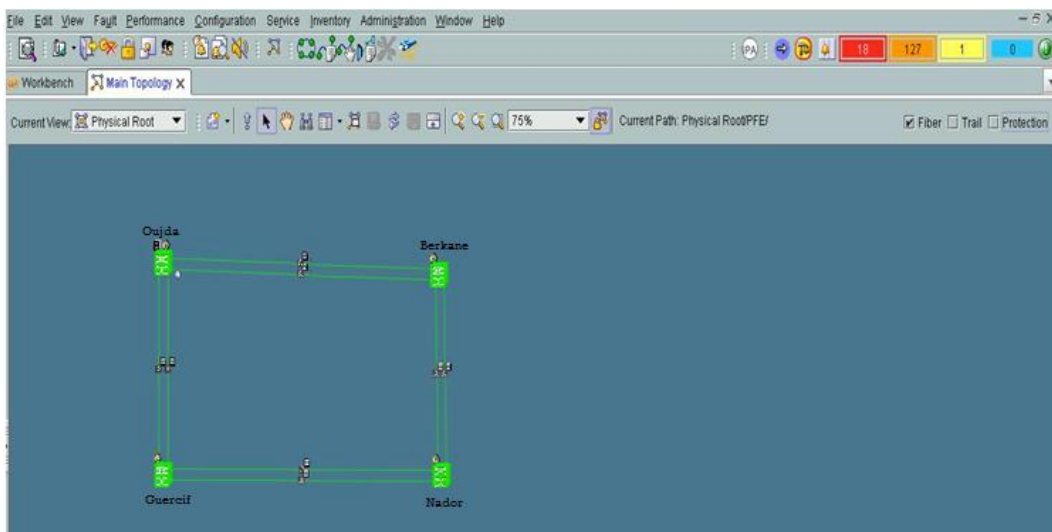
Dans ce Projet de fin d'étude, effectué au sein MRS, j'ai contribué à une phase du déploiement du réseau NG-WDM de Maroc Télécom, j'ai travaillé en particulier sur le site de Oujda, où j'ai manipulé les équipements OSN 8800 tout en détaillant les étapes de l'installation et la configuration de ces équipements, ainsi que l'Acceptance avec le client (Maroc Télécom).

J'ai eu également la chance de travailler avec une équipe d'ingénieurs compétents qui m'ont épaulé et orientés tout le long de la réalisation de ce travail. Il s'agit, en effet, d'une expérience dans un secteur très intéressant et durant laquelle, j'ai développé mon savoir-faire dans un domaine formateur et très dynamique. J'espère que mon travail sur la NG-WDM sera intéressant pour d'autres personnes pour acquérir des informations sur cette nouvelle technologie.

En perspectives, nous envisageons une extension de cette technologie pour le mettre en place sur tout le réseau de Maroc Télécom, également pour les deux autres opérateurs au Maroc à court terme, à moyen et long terme et pourquoi ne pas envisager d'implémenter cette nouvelle technologie dans d'autres pays africains.

ANNEXES:

- **Configuration des NE (Network Element)**



The 'Add Object' dialog box is shown with a tree view on the left and a configuration table on the right. The tree view shows a hierarchy of network element types, with 'OptiX OSN 6800' selected. The configuration table contains the following data:

Attribute	Value
Type	OptiX OSN 6800
ID	87
Extended ID	9
Name	83
Remarks	
Gateway Type	Gateway
Protocol	Non-Gateway
IP Address	Gateway
Connection Mode	Common
Port	1400
Affiliated ONE	
NE User	root
Password	*****

Figure 56 : Création d'un NE (Network Element).

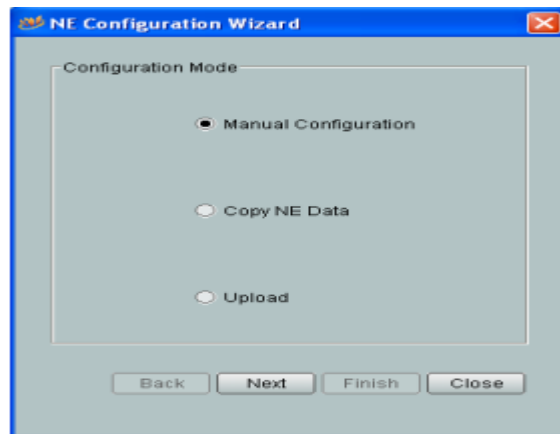


Figure 57 : mode de configuration

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)

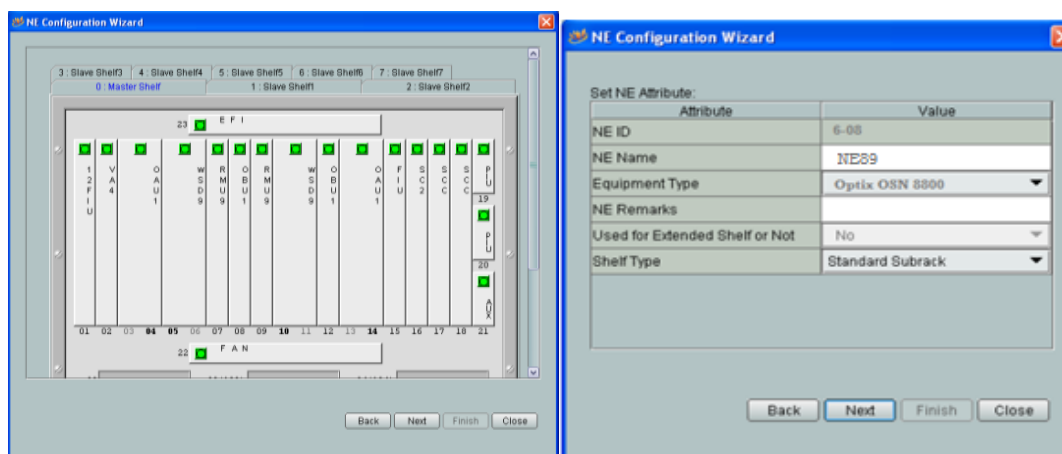


Figure 58: configuration du NE

▪ Configuration de l'ID du NE :

1. Chaque ASON NE est attribué avec un ID de nœud unique au sein d'un réseau.
2. L'ID de nœud doit être spécifié lors de la planification du réseau.
3. ID de nœud doivent être définies avant la fonction de ASON est activée.
4. ID de nœud doit satisfaire aux exigences suivantes :
 - ID de nœuds ne peuvent pas être en double dans le même domaine ASON.
 - ID et l'adresse IP sont indépendants.

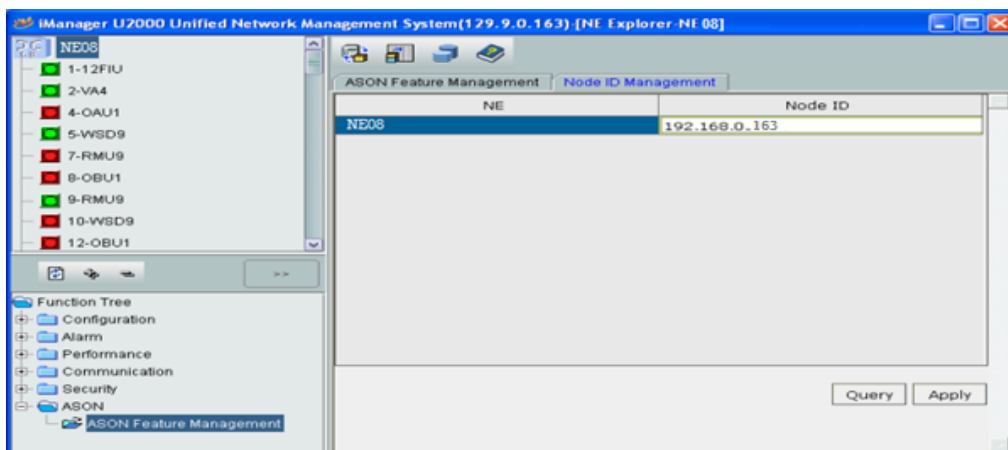
Le format d'une ID de nœud est le même que celui d'une adresse IP. L'ID de nœud ne peut pas être 0.0.0.0 ou 255.255.255.255.

Procédure : dans le NE Explorer,

Sélectionnez un NE → ASON → ASON Feature.

The Function Tree → Management → Cliquez sur l'onglet Gestion Node ID.

- Cliquez sur la requête pour afficher l'ID de nœud actuel de la NE.
- Double-cliquez sur le champ d'ID de nœud permet d'entrer un ID de nœud pour le NE.
- Cliquez sur Appliquer. Après avoir confirmé l'opération deux fois, une invite s'affiche indiquant que l'opération a réussi.



- **Querying the DCC Configuration:**

ASON utilise le mot binaire (D4-D12) pour transmettre les informations du contrôle de canal.

- Cliquez sur Créer
- sélectionner la carte correspondante et octets (D4-D12)
- choisir le type de protocole
- Activer la configuration.

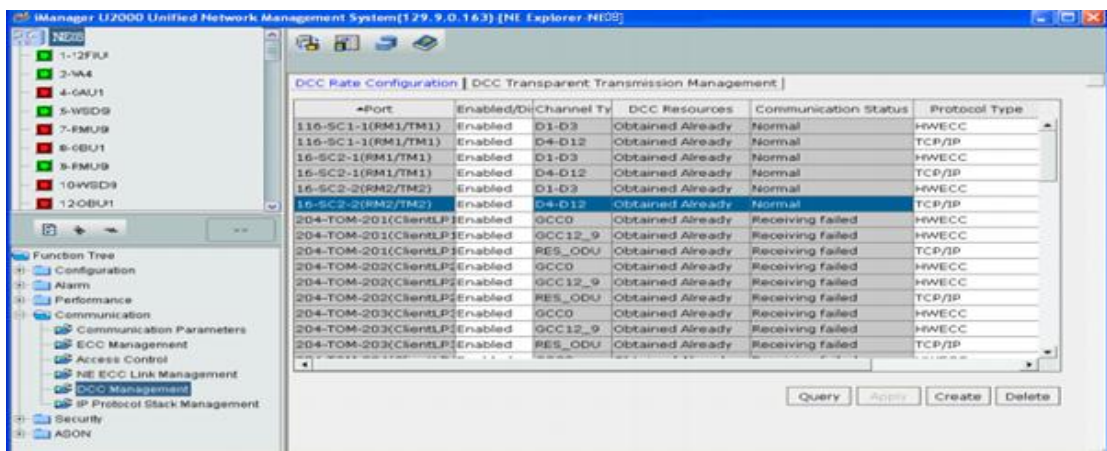


Figure 59 : Querying the DCC configuration

- **activer ASON feature:**

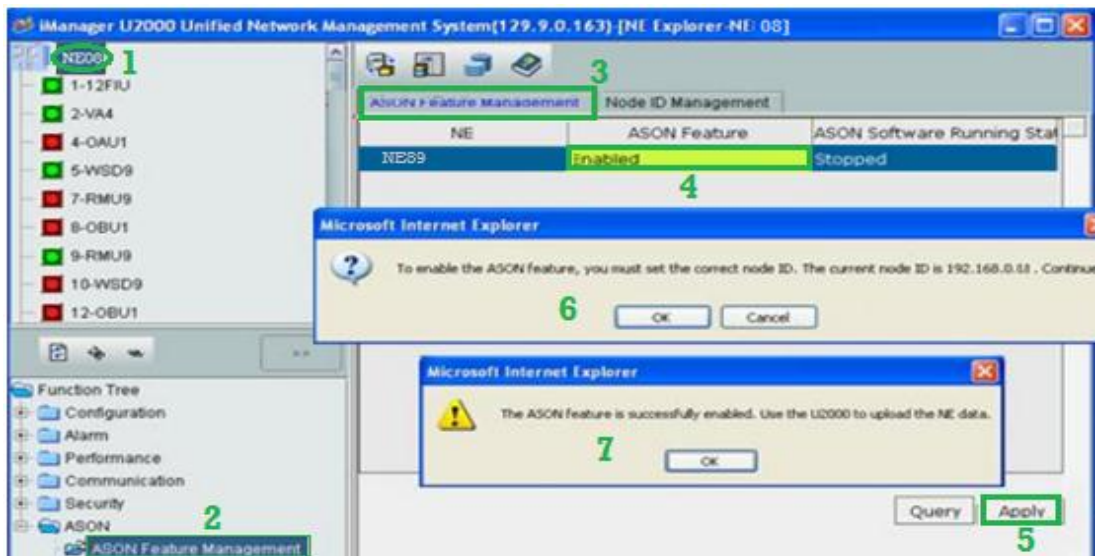


Figure 60 : activation de l'ASON feature

pour activer ASON :

- Le NE doit être dans l'état de fonctionnement ;
- Le NE doit être créé sur le U2000 et les données de NE doit être déjà téléchargé.

▪ **Procédure pour activer ASON feature :**

- Dans le NE Explorer → sélectionnez un NE → choisissez ASON → ASON Feature Management
- Cliquez sur la requête pour afficher l'état actuel de la fonctionnalité d'ASON.
- activer ASON feature.
- Cliquez sur Appliquer. Après avoir confirmé l'opération deux fois, une invite s'affiche indiquant que l'opération a réussi.
- Après avoir activé la ASON feature, synchroniser les données de NE pour maintenir la cohérence des données entre le U2000 et le NE.

▪ **Uploading NE Configuration Data**

Après que ASON feature de l'ASON NE est activé ou désactivé, les données de la NE doivent être téléchargés sur le U2000 (Assurer que les données sur le U2000 sont compatible avec celle de la NE).



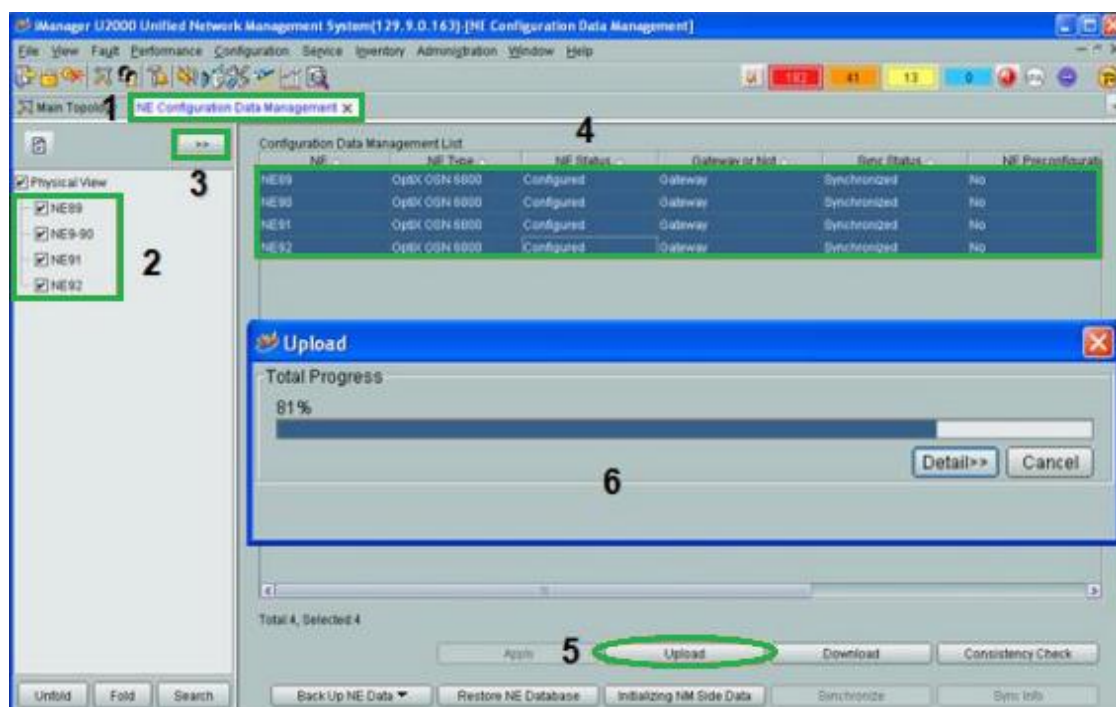


Figure 61 : uploading NE config DATA

Procédure:

- Choisissez **Configuration>NE Configuration Data Management** dans le menu principal.
 - Sélectionnez un ou plusieurs éléments de réseau dans la fenêtre inférieur gauche, et cliquez.
 - Sélectionnez un ou plusieurs éléments de réseau dans la liste de gestion des données de configuration, puis cliquez sur Télécharger.
 - Dans la boîte de dialogue de confirmation, cliquez sur OK pour commencer le téléchargement.
 - Dans la boîte de dialogue Opération de résultat, cliquez sur Fermer.
- **Création d'ASON topologie :**



Figure 62 : création de l'ASON topologie

L'U2000 gère un réseau ASON basé sur les domaines d'ASON, les domaines ASON sont automatiquement créés.

Vous pouvez créer un domaine de ASON et attribuez les éléments de réseau ASON.

Le primaire NE est l'ASON NE qui va communiquer avec l'U2000. Il obtient les informations du plan de contrôle ASON et signale les événements ASON à l'U2000. Pour améliorer la fiabilité, un autre NE peut être définie comme la veille de la NE primaire. Si le NE primaire échoué, le NE secondaire prend le relais pour communiquer avec le U2000.

Procédure :

- Choisir Service >**WDM ASON**>**ASON Topology Management** dans le menu principal.
- ASON NEs qui n'appartiennent pas à n'importe quel domaine sont affichés sous la racine de l'arborescence d'objets. Faites un clic droit et choisissez un NE >**Créer domaine**.
- Dans la boîte de dialogue Attributs de domaine, entrez le nom actuel et sélectionner le NE primaire.
- Cliquez sur OK. Le domaine a été créé correctement.

- **Synchronizing TE Links**

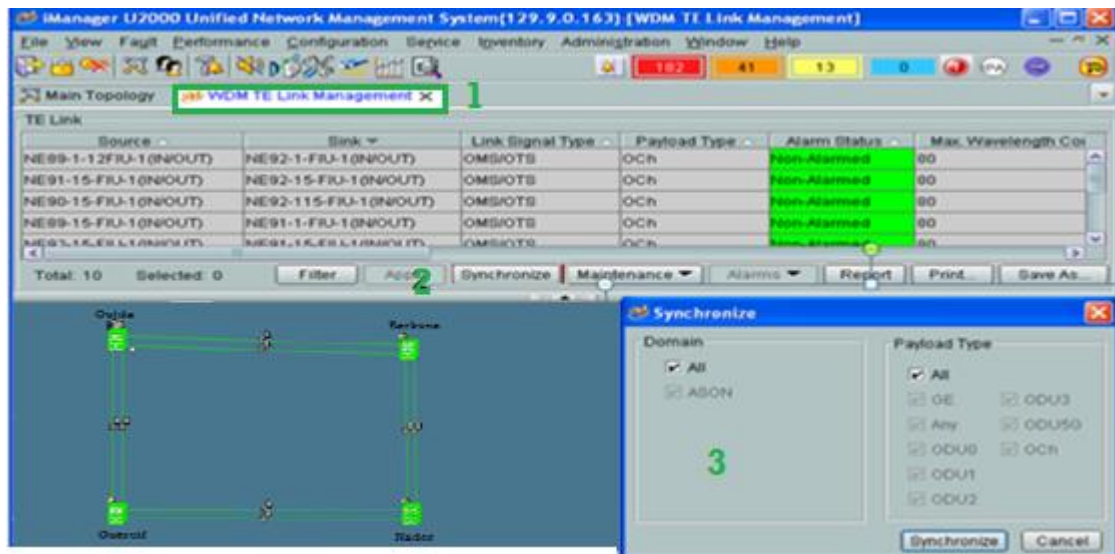


Figure 63 : synchroniser TE links

- **Procédure :**

- Choisissez le **service>WDM ASON>TE Link Management** dans le menu principal.
- Dans la boîte de dialogue **Filtre** s'affiche, choisissez **Nom, Domaine, Link Signal Type**, Payload Type, et Source/Sink NE de TE link qui doivent être synchronisés, puis cliquez sur Filtre.
- Cliquez sur Synchroniser. Dans la boîte de dialogue **Synchroniser** s'affiche, choisissez **Domaine, Payload Type et Extended Attributes**.
- Cliquez sur **Synchroniser** pour terminer.

- **Configuration de la protection SNCP :**

La protection SNCP utilise le principe d'émission simultanée et réception sélective c'est-à-dire que la station d'émission émet le signal sur le « Working route » et sur « la protection route » mais la station de réception ne sélectionne que le service envoyé sur le « working route ». Et lorsqu'il y'a dégradation du signal du « Working route », la station de réception switch vers le signal de « protection route ».

Donc nous avons défini deux chemins (Working route et protection route) et 2 cartes de ligne ND2 pour chaque service ceci a été fait pour réaliser la protection SNCP.

Create SNCP Service

Protection Type: ODUK SNCP SNCP Type: SNC/N

Service Type: ODU1 OTN Level: PM

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

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

SD Enable Status: Disabled Direction: Bidirectional

Attribute	Working Service	Protection Service
Source Slot	Shelf2(Kenitra 1-3)-1-12ND2	Shelf2(Kenitra 1-3)-1-12ND2
Source Optical Port	51 (ODU1LP1/ODU1LP1)	51 (ODU1LP1/ODU1LP1)
Source Optical Channel(e.g. 1, ...)	1	1
Sink Slot	Shelf2(Kenitra 1-3)-7-TOM	
Sink Optical Port	51 (ODU1LP1/ODU1LP1)	
Sink Optical Channel(e.g. 1, 3-6)	1	
South Port Slot		
South Port		

Activate Immediately

OK Cancel Apply

BIBLIOGRAPHIE

- **[1]:**Optix OSN 8800 Product Documentation, Configuration Guide, V100R005C00, Huawei Proprietary and Confidential Copyright, Issue 02 (2010-11-20).
 - **[2]:**Optical Transport Network (OTN) Tutorial, ITU Document, Timothy P. Walker.
 - **[3]:**G.709 – The Optical Transport Network (OTN), white paper, by Andreas Schubert.
 - **[4]:**iManager U2000 Unified Network Management System V100R002C01.
 - **[5]:**HUAWEI, Copy of OTC107204 OptiX OSN 8800 Data Configuration ISSUE1.00.
 - **[6]:**Rapport de PFE « Étude et ingénierie d'un réseau NGWDM » de M ;GHANAM Ibrahim, année 2013 , FST fes Université sidi mohamed ben abdellah.
 - **[7]:** Cours Transmission Optique Pr : Mr ABDI FARID ,FST fes, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah.
 - **[8]:**Rapport de PFE « Étude et ingénierie d'un réseau NGWDM » de M.MOUDIR YASSINE, année 2013 , ENSA TANGER Université Abdelmalek Essaadi.
 - **[9]:**Dominique Seret - Les réseaux- Eyrolles 2011.
 - **[10]:**Réseaux et Télécoms. Claude Servin (Ed. Dunod. Collection Sciences Sup - 2006).
-