



Faculté : Technologie

Département : Electronique

Domaine : Science et Technologie

Filière : Télécommunications

Spécialité : Réseaux & Télécommunications

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème :

***Approche pratique dans l'évaluation des composants pour le
multiplexage-démultiplexage dans les réseaux de
communications optiques***

Présenté par : Loukil Sfa & Nakache Sfa

Encadrant : Brik Fatima

M.C.A

Université Badji Mokhtar –Annaba

Jury de Soutenance :

Harize Saliha	Professeur	Badji Mokhtar – Annaba	Président
Brik Fatima	M.C. A	Badji Mokhtar – Annaba	Encadrant
Neili Zakaria	M.C. B	Badji Mokhtar – Annaba	Examineur

REMERCIEMENTS



*Tout d'abord, Nous tenant à remercier " **DIEU** " le miséricordieux de nos avoir donné la possibilité de réaliser notre projet, d'arriver à notre souhait et d'atteindre notre objectif.*

Nous aimerons dans ces quelques lignes remercier toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué au bon déroulement de notre travail, tout au niveau humain qu'au niveau scientifique.

*Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadreur « **Brik Fatima** », on a pu bénéficier à la fois de ses compétences scientifiques, et de sa grande disponibilité, tant pour résoudre les difficultés rencontrées lors de notre réalisation, de répondre à nos questions. Nous ajoutons en particulière sa patience et ses encouragements, nous a permis de travailler dans bonnes conditions.*

On remercie également Algérie télécom et spécialement toute l'équipe EMRT-ANNABA pour tout le temps qu'il nous ont consacré, leurs directives précieuses, et pour la qualité de leur suivi durant toute la période de notre stage.

*Nos remerciements s'adressent également à tous les membres de Jury « **Harize Salíha** » et « **Neílí Zakaría** », qui ont accepté de nous honorer de leur présence et de juger notre travail. Nous exprimons également notre gratitude à tous les professeurs et enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à la fin de notre étude universitaire, merci à toute personne ayant contribué de près ou de loin à notre soutien moral.*

DÉDICACE

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail....

À mon Dieu...

La nuit n'est agréable que par Ta gratitude, le jour n'est plaisant que par Ton obéissance, les moments ne sont agréables que par Ton souvenir, l'au-delà n'est agréable que par Ton pardon, le paradis n'est agréable que par Ta vision.

Allah le Tout-Puissant

À celui qui a transmis le message, a été fidèle à la confiance et a conseillé la communauté, au prophète de la miséricorde et lumière des mondes, au chef de la création et notre noble messenger, notre seigneur "Mohammed" que la paix et la bénédiction d'Allah soient sur lui, et à ceux qui ont suivi avec bienveillance jusqu'au jour du jugement

À ma chère mère

À ma chère mère "Habiba" Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles

À mon cher père

À mon cher père "Abed el Kader" Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduise ma gratitude et mon affection

À ma chère sœur et mon cher frère

"Amina" et "Mehdi" Puisse Dieu vous donner santé, bonheur, courage et surtout réussite

À ma chère famille

À mes chères amies

Safa Nakache



DÉDICACE

*Avant tout, Dieu merci de m'avoir donné la patience d'aller
jusqu'au bout de mes rêves*

Je dédie mon travail :

*À mes parents,
Sources inépuisables d'amour et de soutien,
Je dédie ce mémoire en signe de reconnaissance profonde.*

*À mes frères & mes sœurs,
Complices de jeux, confidents et piliers de ma vie,
Merci pour votre présence constante, votre soutien
indéfectible et vos encouragements.*

*À mes grands-parents,
Qui m'ont transmis les valeurs qui me guident,
Je garde précieusement votre souvenir.*

*À ma famille et à tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé,
Je vous exprime ma gratitude la plus sincère.
Ce mémoire est le fruit de votre amour, de votre confiance et
de votre soutien.*

Que dieu vous bénisse et vous protège.

Merci du fond du cœur.

S. LOUKIL



Sommaire

Table des matières

- ✓ Liste des figures
- ✓ Liste des tableaux
- ✓ Liste des abréviations
- ✓ Résumé (Arabe, Français, Anglais)

Introduction générale..... A

CHAPITRE I : INTRODUCTION À LA TECHNOLOGIE DWDM

I.1. Introduction.....	1
I.2. Technique de multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM) 1	
I.2.1. Principe.....	1
I.2.2. Canal de transmission et grille spectrale.....	2
I.2.3. Les types de WDM (les dérives).....	3
I.2.3.1. DWDM (Multiplexage en longueur d'onde dense).....	3
I.2.3.2. CWDM (Multiplexage en longueur d'onde grossier).....	4
I.3. Composants clés des réseaux optiques multiplexés (DWDM).....	5
I.3.1. L'émetteur optique.....	5
I.3.2. Modulateurs optiques.....	5
I.3.3. Transpondeur optique.....	6
I.3.4. Multiplexeur-démultiplexeur.....	8
I.3.5. Amplificateur optique.....	8
I.3.6. Filtre optique.....	10
I.3.7. Récepteur optique.....	11
I.4. Topologie des réseaux DWDM.....	11
I.4.1. Topologie Point à Point.....	11

I.4.2. Topologie en chaine.....	12
I.4.3. Topologie en Anneau.....	13
I.5. Application des réseaux optiques multiplexés.....	14
I.5.1. Longue distance (WAM : Wide Area Network)	14
I.5.2. Réseaux métropolitains (MAN : Metropolitan Area Netwotk)	15
I.6. Conclusion	15

CHAPITRE II : ÉTUDE PRATIQUE DES OPÉRATIONS ET ÉQUIPEMENTS DU SERVICE EMRT D'ANNABA

II.1. Introduction	16
II.2. Le service EMRT	16
II.2.1. La transmission des données dans le service EMRT.....	17
II.2.2. La subdivision SDEMEO.....	17
II.3. Types de fibres optique utilisées dans le EMRT	17
II.3. 1.Caractéristiques de fibre G652 2D utilisé par l'EMRT	18
II.4. Equipement de transmission	20
II.4.1. SDH.....	20
II.4.2. Le multiplexage.....	20
II.4.3. DWDM.....	21
II.5. Instruments de mesure.....	23
II.5.1. Un photomètre optique.....	23
II.5.2. Atténuateur optique.....	23
II.5.3. Réflectomètre OTDR.....	24
II.6. Matériel et équipement de soudure optique	26
II.6.1. Ciseaux/Pinces à dénuder.....	26
II.6.2. La Cliveuse.....	27
II.6.3. Fionneuse optique.....	27
II.6.4. Stylo optique.....	28
II.7. Conclusion.....	28

CHAPITRE III : SIMULATION ET MODÉLISATION DES SYSTÈMES DE TRANSMISSION OPTIQUE MULTIPLEXÉS

III.1 Introduction :	30
III.2. Présentation du logiciel Optisystem et Rsoft	30
III.2.1 Environnement de Simulation du logiciel Optisystem.....	30
III.2.2 Introduction à RSoft Photonic CAD pour la Modélisation des Composants WDM...	32
III.3 Corrélation entre la Simulation Optique et les Résultats de Mesure au Centre EMRT	33
III.3.1 Tests effectués pour le projet de Backbone EST en NG-DWDM (NOKIA).....	33
III.3.1.a Montage de simulation équivalent au NG-DWDM sous logiciel Optisystem.....	35
III.3.1.b. Mise en Place d'une Modélisation Comparable du NG DWDM dans RSoft.....	38
III.3.2 Carte d'acquisition de trace OTDR sur 65km.....	41
III.3.2.1.a. Montage de simulation équivalent à la liaison de mesure par l'OTDR.....	43
III.3.2.1.b. Résultats de comparaison.....	46
Conclusion générale.....	A

✓ **Annexe**

✓ **Bibliographiques/webographie**

Liste des figures

<i>Figure I.1 : Principe de multiplexeur en longueur d'onde WDM.....</i>	<i>2</i>
<i>Figure I.2 : Exemple de grille spectrale.....</i>	<i>2</i>
<i>Figure I.3: Principe du DWDM.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure I.4: Principe du CWDM.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure I.5: Principe du transpondeur.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure I.6 : La configuration des trois types d'amplificateurs dans une liaison optique...</i>	<i>9</i>
<i>Figure I.7: Filtrage optique.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure I.8: Topologie point à point.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure I.9: Topologie en chaine.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure I.10: Topologie en anneaux.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure II.1 : Fibre optique</i>	<i>18</i>
<i>Figure II.2 : Multiplexage Nokia PFF 32</i>	<i>22</i>
<i>Figure II.3 : Photomètre optique.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure II.4 : Atténuateur.....</i>	<i>24</i>
<i>Figure II.5: Réflectomètre OTDR.....</i>	<i>24</i>
<i>Figure II.6: Bobine d'amorce.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure II.7: Jarretière optique</i>	<i>26</i>
<i>Figure II.8: Une pince.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure II.9: Cliveuse.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure II.10: Fionneuse.....</i>	<i>27</i>

Figure II.11: Stylo optique.....	28
Figure III.1: Le montage équivalent DWDM Annaba –CCLT sous Optisystem.....	35
Figure III.2: Le spectre à la sortie du multiplexeur.....	37
Figure III.3: Boite de dialogue WDM Router Layout.....	38
Figure III.4: Structure typique d'un multiplexeur NG Nokia sous Rsoft.....	39
Figure III.5: Spectre de sortie.....	40
Figure III.6: La trace de la liaison optique Annaba-Tarf obtenue par l'OTDR.....	42
Figure III.7: Le montage équivalent de la liaison Annaba– Tarf.....	44

Liste des tableaux

<i>Tableau II.1 : Les caractéristiques de fibre G652.2D.....</i>	<i>19</i>
<i>Tableau II.2 : Les caractéristiques géométriques de fibre G652.2D.....</i>	<i>19</i>
<i>Tableau II.3 : Plus de caractéristiques de fibre G652.2D.....</i>	<i>19</i>
<i>Tableau III.1: PV de validation de mesure OSNR issu du centre EMRT</i>	<i>34</i>
<i>Tableau III.2: Résultats de simulation obtenue de l'OSNR</i>	<i>36</i>
<i>Tableau III.3: Valeurs des pertes et de l'espacement entre canaux de simulation obtenues.</i>	<i>41</i>
<i>Tableau III.4: Les pertes de la liaison optique Annaba-Tarf de l'OTDR.....</i>	<i>43</i>
<i>Tableau III.5 : Comparaison des résultats de la liaison multiplexée.....</i>	<i>46</i>

Liste des abréviations

WDM : Wavelength Division Multiplexing

OTDR : Optical Time Domain Reflectometer

CWDM : Coarse Wavelength Division Multiplexing

DWDM : Dense Wavelength Division Multiplexing

OPA : Optical Pre-Amplifier

OBA : Optical Booster Amplifier

OADM : Optical Add-Drop Mux

FBG : Filtres à réseaux de Bragg

EDFA : Erbium Doped Fiber Amplifier

SOA : Amplificateur Optique à Semi-conducteur

GPON : Gigabit-capable Passive Optical Network

SFP : Small Form-Factor Pluggable

DBR : Distributed Bragg Reflector

FDDI : Fiber Distributed Data Interface

WAN : Wide Area Network

MAN : Metropolitan Area Network

EMRT : Établissement Maintenance Réseau et Transport

FHN : Faisceau Hertzien Network

SDMEMO : Subdivision Exploitation Maintenance Equipement Optique

Liste des abréviations

SDH : Synchronous Digital Hierachy

PDH : Plesiochronous Digital Hierachy

AWGN : Additive White Gaussian Noise

الملخص

يركز عملنا على تحليل ومحاكاة تقنية DWDM لخاصة بمعدات NG-NOKIA-DWDM باستخدام برمجيات OptiSystem و Rsoft بالتوازي، نستخدم قياسات عملية ومعلومات حقيقية من مركز EMRT في عناية لإجراء محاكاتها كجزء من تدريب عملي

تهدف هذه المقاربة المتكاملة إلى دمج المفاهيم النظرية مع الواقع العملي، مما يسمح بفهم أعمق للتطبيقات العملية لتقنية DWDM.

النتائج التي تم الحصول عليها واعدة وتمهد الطريق لأبحاث وتطويرات جديدة من أجل تحسين الاتصال بشكل متزايد.

الكلمات المفتاحية : تحليل , NG-NOKIA-DWDM, EMRT .

Résumé :

Notre travail se concentre sur l'analyse et la simulation de la technologie DWDM de l'équipement NG-NOKIA-DWDM, en utilisant les logiciels Rsoft CAD et OptiSystem. En parallèle, nous avons recours à des mesures pratiques et à des paramètres réels, issus du Centre EMRT d'Annaba, pour effectuer nos simulations dans le cadre d'un stage pratique.

Cette approche intégrée vise à fusionner les concepts théoriques et la réalité pratique, permettant ainsi une compréhension plus approfondie des applications pratiques de la technologie DWDM.

Les résultats obtenus sont prometteurs et ouvrent la voie à de nouvelles recherches et développements pour une connectivité toujours plus performante.

Mots clés : Analyse, EMRT, NG-NOKIA-DWDM.

Abstract :

Our work focuses on the analysis and simulation of the DWDM technology of the NG-NOKIA-DWDM equipment, using Rsoft CAD and OptiSystem software.

In parallel, we use practical measurements and real parameters from the EMRT Center in Annaba to perform our simulations as part of a practical internship.

This integrated approach aims to merge theoretical concepts with practical reality, thus allowing a deeper understanding of the practical applications of DWDM technology.

The results obtained are promising and pave the way for new research and developments for increasingly efficient connectivity.

Keywords : Analysis, EMRT, NG-NOKIA-DWDM.

Introduction générale

Algérie Télécom adopte actuellement la technologie du multiplexage dense (DWDM) pour augmenter la capacité de transmission de son réseau, permettant ainsi de répondre à la demande croissante en bande passante et d'améliorer la connectivité nationale et internationale.

Le DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) offre une solution efficace en utilisant plusieurs longueurs d'onde sur une seule fibre optique, ce qui maximise l'utilisation de l'infrastructure existante tout en offrant des débits élevés et une évolutivité accrue.

Ce travail a été entrepris dans le but de fournir une approche intégrant à la fois la pratique et la simulation de la technologie WDM. Les mesures pratiques ont été réalisées au sein du centre Etablissement Maintenance Réseau et Transport (EMRT) d'Algérie Télécoms à Annaba. Parallèlement, les simulations ont été menées à l'aide des logiciels Rsoft CAD et Optisystem. Rsoft Photonic CAD permet la modélisation des différents composants optiques du WDM, tandis qu'Optisystem offre des capacités de conception, de simulation et d'analyse basées sur une modélisation réaliste de systèmes de transmission optique. Notre mémoire de fin d'étude s'articule autour de trois chapitres principaux :

Chapitre 1 : Introduction à la technologie DWDM, il présente les principes fondamentaux de la technologie DWDM, ses avantages, ses défis et ses applications dans les réseaux de télécommunications modernes.

Chapitre 2 : Étude pratique des instruments et équipements du centre EMRT, dans ce chapitre, nous décrivons les aspects pratiques des mesures effectuées au centre EMRT d'Algérie Télécoms à Annaba, en détaillant les instruments et les équipements utilisés, ainsi que les résultats pratiques obtenus.

Chapitre 3 : Simulation et modélisation des systèmes de transmission optique multiplexés, qui se concentre sur les simulations réalisées à l'aide des logiciels Rsoft Photonic CAD et Optisystem, en mettant en lumière la modélisation des composants multiplexeurs-démultiplexeurs optiques et l'analyse des performances des systèmes de transmission optique multiplexés.

Enfin, une conclusion générale résumera l'ensemble du travail effectué, en mettant en évidence les principales conclusions et les perspectives futures de la technologie DWDM.



CHAPITRE I : INTRODUCTION À LA TECHNOLOGIE DWDM

I.1. Introduction

Dans ce chapitre, on présentera la technique de Multiplexage en Longueur d'Onde (WDM), ses principes de base, ses dérives et ses avantages pour augmenter la capacité de transmission des fibres optiques tout en utilisant l'infrastructure existante. On abordera également les différentes longueurs d'ondes utilisées ainsi que les composants utilisés dans cette technique et la topologie des réseaux DWDM.

I.2. Technique de multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM)

I.2.1. Principe

La notion de multiplexage repose sur le besoin de transmettre toujours plus d'informations sur une seule fibre optique. Le principe général est simple à comprendre : il s'agit de faire passer plusieurs informations sur un seul support de transmission. Grâce à ce principe, de larges économies sont possibles en réduisant les coûts d'installation et d'exploitation, puisqu'il faut moins de câbles pour transmettre la même quantité d'informations.

Le principe du multiplexage par répartition en longueurs d'onde (WDM) consiste à utiliser plusieurs canaux de transmission simultanément sur la même fibre optique, (Figure I.1). WDM, ou Wavelength Division Multiplexing, est une technologie de multiplexage en longueur d'onde, similaire aux techniques FDM (Frequency Division Multiplexing) et TDM (Time Division Multiplexing), mais spécifiquement appliquée aux transmissions par fibre optique.

WDM offre une capacité et un débit de données plus élevés que les méthodes traditionnelles. Auparavant, pour augmenter la capacité de transmission, on utilisait le SDM (System Division Multiplexing), qui nécessitait simplement d'ajouter davantage de câbles. Avec le WDM, une seule fibre optique suffit pour transmettre un grand volume de données, grâce à un multiplexeur optique situé du côté de l'émetteur, qui regroupe toutes les données, et à un démultiplexeur optique du côté du récepteur, qui les sépare de nouveau.

Cette technologie est particulièrement utile pour transmettre des volumes importants de données, comme ceux échangés entre deux centres de commutation mobile, car ces données ne peuvent pas être transmises par micro-ondes. [1-2]

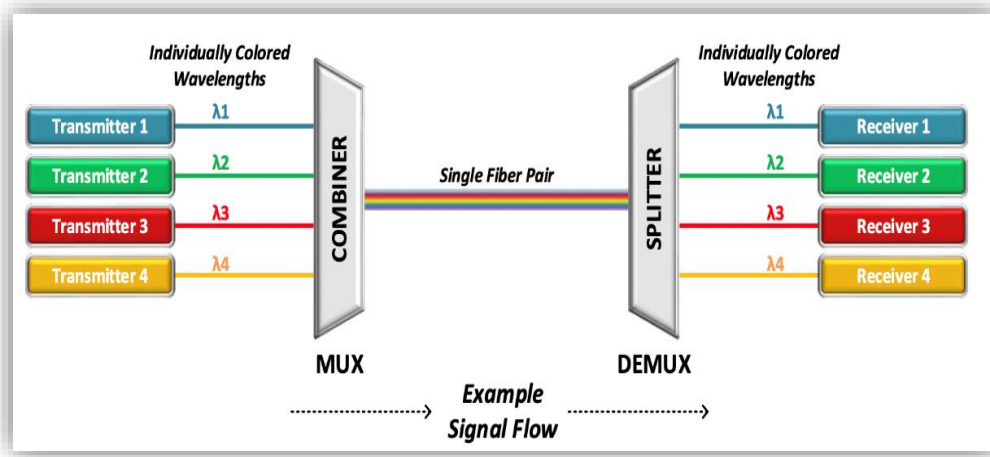


Figure I.1 : Principe du multiplexeur en longueur d'onde WDM

I.2.2. Canal de transmission et grille spectrale

Un canal de transmission est caractérisé par sa fréquence centrale ν (ou sa longueur d'onde) et par l'espacement régulier inter-canal $\Delta\nu$ (ou $\Delta\lambda$). La Figure (I.2) présente un exemple de grille spectrale.

Les divers canaux de transmission ainsi caractérisés – $\nu_1, \nu_2 \dots \nu_n$ ou $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ – déterminent une grille spectrale, également appelée grille de fréquences. Cet ensemble de fréquences de référence sert à indiquer les fréquences centrales nominales pouvant être utilisées pour définir des applications.[3]

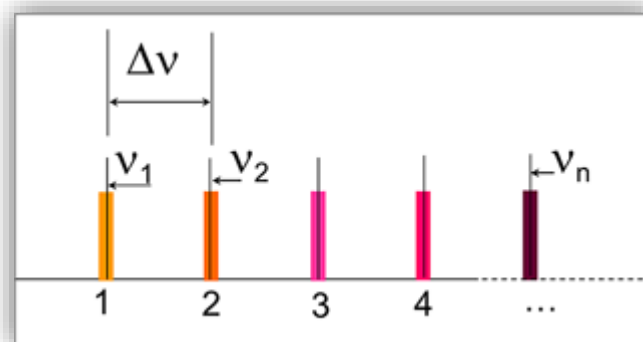


Figure I.2 : Exemple de grille spectrale

I.2.3. Les types de WDM (les dérives)

Le multiplexage grossier en longueur d'onde (CWDM) et le multiplexage dense en longueur d'onde (DWDM) sont les deux types de WDM les plus utilisés dans les réseaux à fibre optique. Ensemble, ces technologies permettent aux opérateurs de réseau d'optimiser les capacités de bande passante de leur infrastructure existante, réalisant ainsi des économies significatives. [4]

CWDM et DWDM reposent sur le même principe du WDM, Mais diffèrent par leur composition et leurs spécificités détaillées. Les principales distinctions entre ces deux technologies sont :

I.2.3.1. DWDM (Multiplexage en longueur d'onde dense)

- Utilisé pour une capacité plus élevée.
- Utilise des bandes de fréquences étroites de 1525 à 1565 nm.
- Nécessite une modulation laser refroidie pour de meilleures performances.
- Offre une sécurité accrue et une durée de vie plus longue.
- Consomme plus d'énergie.
- Nécessite un espace d'équipement plus important et une technologie plus complexe.
- Coût moyen, environ quatre ou cinq fois plus cher que le CWDM.
- Permet une transmission sur de plus longues distances.
- Utilise uniquement des câbles à fibre monomode.

La figure (I.3) Indique le principe du DWDM. [4]

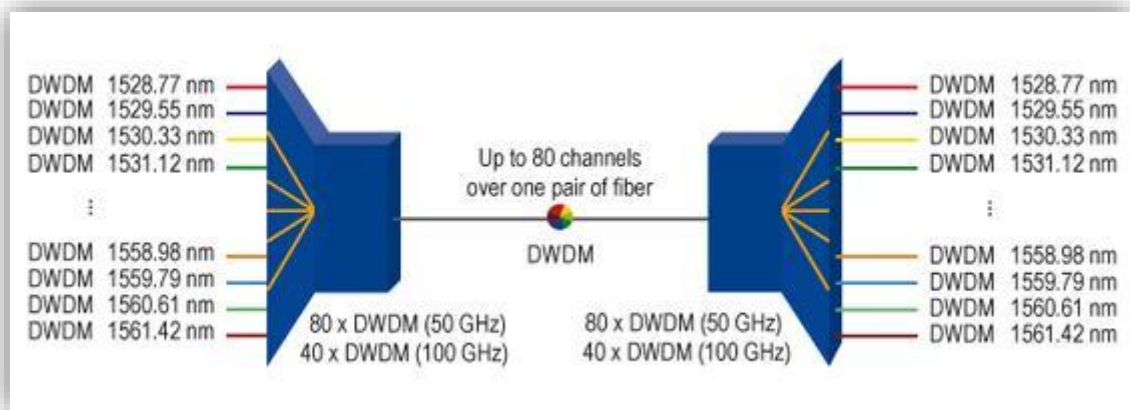


Figure I.3: Principe du DWDM

I.2.3.2. CWDM (Multiplexage en longueur d'onde grossier)

- Utilisé pour une capacité inférieure.
- Utilise des bandes de fréquences larges de 1271 à 1611 nm.
- Nécessite une modulation laser non refroidie pour des performances plus faibles.
- Offre une sécurité moindre et une durée de vie plus courte.
- Il consomme moins d'énergie.
- Nécessite moins d'espace d'équipement et une technologie plus simple.
- Moins coûteux.
- Il permet une transmission sur des distances plus courtes et peut utiliser des câbles à fibre monomode (SMF) ou multimode (MMF).

La figure (I.4) indique le principe de CWDM.[4]

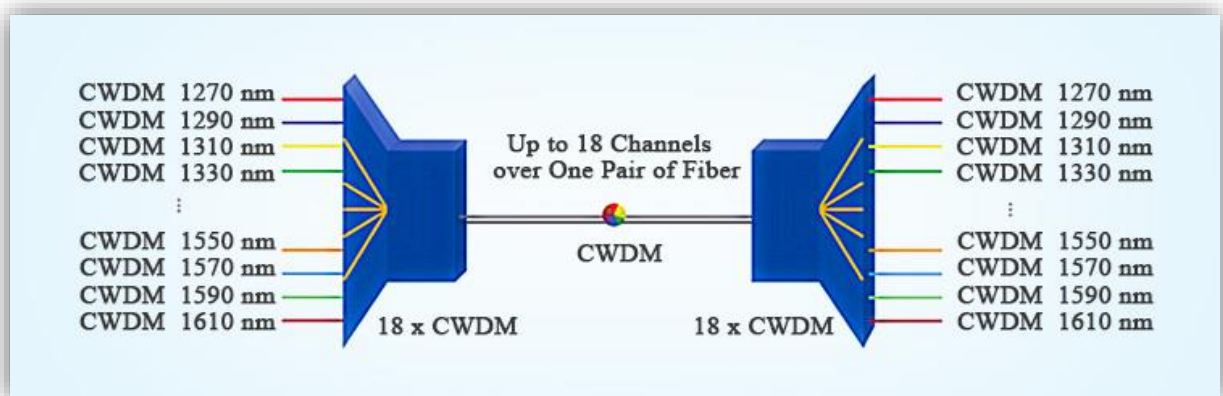


Figure I.4: Principe du CWDM

I.3. Composants clés des réseaux optiques multiplexés (DWDM)

Les réseaux optiques multiplexés dense (DWDM) reposent sur plusieurs composants essentiels, tels que les multiplexeurs, les démultiplexeurs, les transpondeurs, les filtres et les amplificateurs optiques, pour garantir une transmission efficace et fiable des données sur de longues distances.

1.3.1. L'émetteur optique

Dans un système de télécommunications optiques utilisant le multiplexage en longueur d'onde (Wavelength Division Multiplexing, WDM), les émetteurs optiques, notés TX1, TX2, ..., TXn, correspondent à chaque canal de multiplexage. Chaque émetteur transmet un signal optique avec une longueur d'onde nominale différente, notée $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, et des fréquences correspondantes $f_1, f_2, \dots, f_n$. Ces longueurs d'onde sont soigneusement sélectionnées pour minimiser les interférences et maximiser la capacité du système.

Chaque canal optique peut transporter divers types de signaux de service, notamment :

- **Signal SDH (Synchronous Digital Hierarchy)** : Un standard pour la transmission de données à haut débit, largement utilisé dans les réseaux téléphoniques et les infrastructures de transport de données.
- **Signal ATM (Asynchronous Transfer Mode)** : Une technologie de commutation de paquets conçue pour transporter des données et des services multimédias avec des exigences de qualité de service strictes.
- **Signal Ethernet** : Utilisé pour les réseaux locaux (LAN) et les connexions Internet, Ethernet est essentiel pour le transport de données informatiques.[5]

I.3.2. Modulateurs optiques

Les modulateurs optiques sont des dispositifs permettant de moduler l'amplitude, la phase ou la fréquence d'un signal optique. Ils jouent un rôle essentiel dans les systèmes de transmission WDM en convertissant les signaux électriques en signaux optiques compatibles avec le multiplexage en longueurs d'onde dense.

❖ Types de modulateurs optiques

Les principaux types de modulateurs optiques utilisés dans les systèmes DWDM sont :

- Modulateurs électro-optiques à effet Pockels : Ils permettent une modulation linéaire de l'intensité optique à haute fréquence.
- Modulateurs à électro-absorption : Ils exploitent la variation du coefficient d'absorption d'un matériau sous l'effet d'un champ électrique.
- Modulateurs interférométriques comme l'interféromètre de Mach-Zehnder : Ils permettent une modulation d'intensité par interférences.

❖ **Architecture et configuration**

Les modulateurs optiques intègrent généralement

- Un guide d'onde optique
- Une électrode pour appliquer le signal électrique de modulation
- Des isolateurs optiques pour éviter les réflexions

Leur configuration dépend du type de modulation (amplitude, phase, fréquence) et des performances souhaitées en termes de bande passante et de taux d'extinction.

I.3.3. Transpondeur optique

Un transpondeur optique est un dispositif essentiel dans les systèmes de transmission WDM (Wavelength Division Multiplexing). Sa fonction principale est de convertir un signal optique entrant, fonctionnant à une longueur d'onde spécifique, en un signal optique sortant compatible avec le système WDM. La figure (I.5) montre le principe de transpondeur.

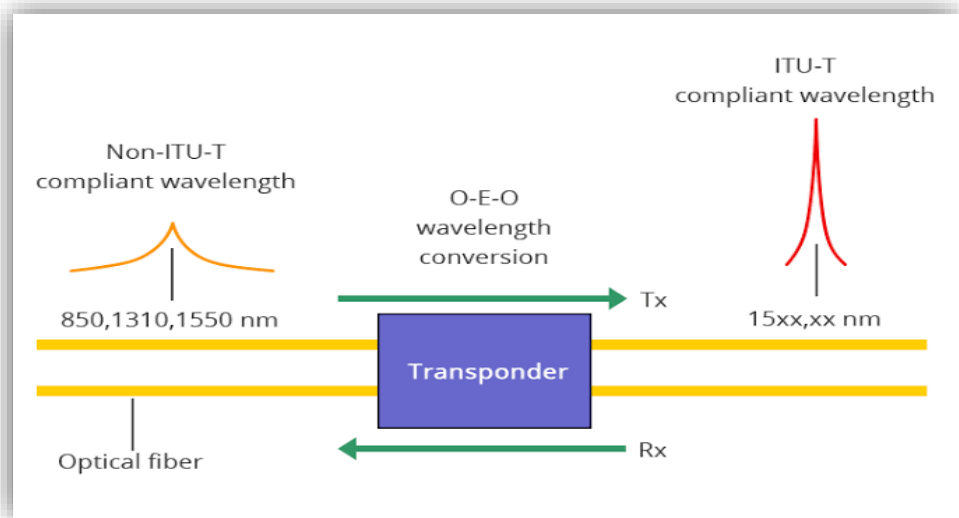


Figure I.5: Principe du transpondeur

Les principaux types de transpondeurs optiques utilisés dans les systèmes WDM sont

- Transpondeurs WDM (2,5 à 40 Gbps) : ils sont compatibles avec les systèmes DWDM et CWDM, et peuvent être équipés de différents types de ports (SFP, SFP+, XFP, etc.)
- Transpondeurs DWDM : Spécialisés pour les systèmes DWDM, ils convertissent les signaux optiques d'une longueur d'onde d'entrée vers une longueur d'onde de sortie compatible avec le multiplexage DWDM
- Transpondeurs CWDM : Adaptés aux systèmes CWDM, ils effectuent une conversion de longueur d'onde similaire mais sur une plage plus large

❖ Configuration des transpondeurs optiques

La configuration des transpondeurs optiques dans un système WDM inclut notamment :

- Le choix du type de transpondeur (DWDM, CWDM, etc.) en fonction des besoins
- La sélection des longueurs d'onde d'entrée et de sortie compatibles avec le multiplexage WDM
- L'intégration des transpondeurs entre les équipements clients et le réseau WDM
- La gestion des débits de transmission supportés par le transpondeur [7]

1.3.4. Multiplexeur-démultiplexeur

Le multiplexeur optique joue un rôle crucial en combinant les différents signaux optiques Tx1, ..., TXn en un seul faisceau lumineux. Ce faisceau est ensuite amplifié par un amplificateur optique (Optical Booster Amplifier, OBA) pour compenser les pertes de puissance optique avant d'être injecté dans la fibre optique pour la transmission sur de longues distances. Le multiplexeur optique garantit que les signaux restent distincts en conservant leurs longueurs d'onde spécifiques, ce qui permet une transmission simultanée et efficace de multiples canaux sur une seule fibre optique.

Dans les systèmes DWDM, on utilise souvent le OADM.

- **Multiplexeur optique à insertion et extraction**

Un multiplexeur optique à insertion et extraction, également appelé OADM (Optical Add-Drop Mux), permet de retirer un ou plusieurs signaux d'un flux de signaux multiplexés transitant à différentes longueurs d'onde et/ou d'ajouter ces signaux sans risque de chevauchement avec les signaux déjà présents dans le flux. Les OADM, utilisés en conjonction avec la technique de multiplexage en longueur d'onde WDM, offrent l'avantage de garantir une manipulation rapide et efficace des flux optiques. Sans les OADM, il serait nécessaire de déployer un nœud à chaque emplacement où l'extraction ou l'insertion d'un signal dans le flux est envisagé, ce qui entraînerait évidemment des coûts d'investissement supplémentaires.

1.3.5. Amplificateur optique

Un amplificateur optique est un dispositif utilisé dans les systèmes de communication optique pour amplifier directement un signal optique sans nécessiter sa conversion préalable en signal électrique. Il permet d'accroître la puissance du signal lumineux sur de longues distances sans altération du signal, en utilisant des mécanismes tels que l'émission stimulée dans un milieu de gain spécifique.

Tout au long de la chaîne de transmission, on distingue généralement trois types d'amplifications :

- **Les boosters** : Ils sont utilisés uniquement dans les systèmes comportant un seul canal et sont positionnés au début de la chaîne, directement après l'émetteur. Les boosters se caractérisent par des puissances de sortie très élevées, ce qui permet de commencer la transmission avec un signal de niveau élevé.
- **Les amplificateurs en ligne** : Ces amplificateurs sont placés le long de la ligne de transmission et ont pour fonction de compenser les pertes induites par la fibre optique. Généralement disposés tous les 70 km environ, ils offrent un gain élevé et un faible niveau de bruit.
- **Les préamplificateurs** : Situés à la fin de la chaîne de transmission, les préamplificateurs servent à augmenter le niveau du signal avant qu'il n'atteigne le récepteur. Ils se caractérisent par un gain élevé et un faible niveau de bruit.

La figure (II.6) illustre la configuration des trois types d'amplificateurs dans une liaison optique.

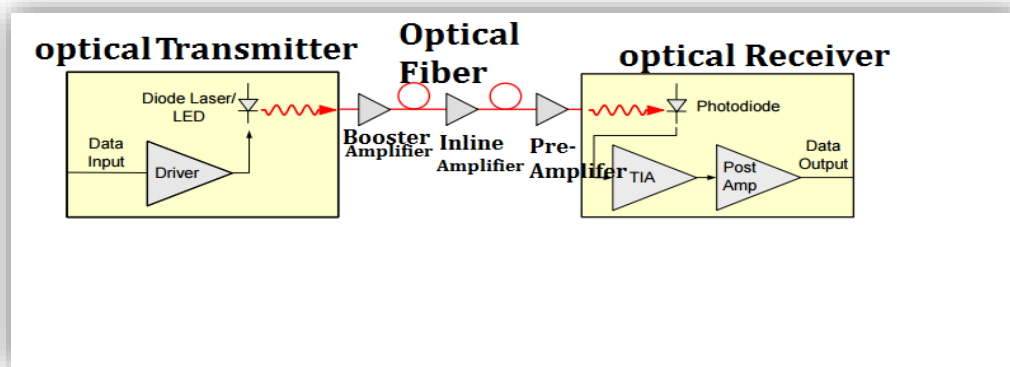


Figure I.6: La configuration des trois types d'amplificateurs dans une liaison optique.

• Types d'amplificateurs optiques

Les principaux types d'amplificateurs optiques utilisés dans les systèmes WDM sont :

1. **Amplificateur à fibre dopée à l'erbium (EDFA)** : C'est le type d'amplificateur le plus largement déployé. Il utilise une fibre optique dopée aux ions d'erbium comme milieu amplificateur, permettant d'amplifier directement les signaux optiques sur une large plage de longueurs d'onde autour de 1550 nm.

2. **Amplificateur Raman** : Basé sur l'effet de diffusion Raman stimulée, il offre une plus grande plage de longueurs d'onde de fonctionnement, un gain optique constant et une réduction du bruit.
3. **Amplificateur optique à semi-conducteur (SOA)** : Utilise un milieu de gain à semi-conducteur pour amplifier les signaux optiques. Il est compatible avec les longueurs d'onde de 1310 nm et constitue une solution intéressante pour l'amplification dans les réseaux DWDM.[8]

I.3.6. Filtre optique

Un filtre optique est généralement utilisé pour diriger sélectivement les signaux optiques entrants vers différentes voies de transmission en fonction de leur longueur d'onde spécifique. Cela permet de multiplexer ou de démultiplexer plusieurs signaux optiques sur une seule fibre optique. Le filtre optique dans le WDM agit comme un séparateur de longueurs d'onde.

La figure (I.7) illustre le filtrage optique.

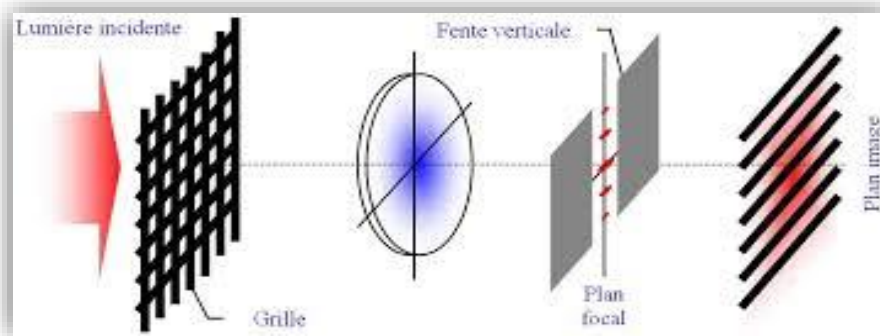


Figure I.7: Filtrage optique

- **Types de filtres utilisés dans le DWDM**

Les filtres les plus utilisés en technologie DWDM peuvent être

- 1- **Filtres à réseaux de Bragg (FBG)** : Ces filtres utilisent des réseaux de Bragg pour réfléchir sélectivement des longueurs d'onde spécifiques, permettant ainsi de séparer ou de combiner des signaux optiques à des longueurs d'onde précises.

- 2- **Filtres interférentiels** : Les filtres interférentiels exploitent les interférences optiques pour séparer ou combiner les longueurs d'onde. Les filtres de type Fabry-Pérot et les filtres de Mach-Zehnder sont des exemples courants de filtres interférentiels utilisés en DWDM.
- 3- **Filtres à couches minces (Thin-film filters)** : Ces filtres utilisent des couches minces de matériaux à indice de réfraction variable pour séparer ou combiner les longueurs d'onde de lumière. Ces filtres offrent une grande flexibilité pour répondre aux besoins spécifiques des systèmes DWDM.[9]

1.3.7. Récepteur optique

Après que le faisceau optique ait traversé l'amplification par l'amplificateur optique (Optical Pre-Amplifier, OPA), les signaux des différents canaux optiques arrivent au démultiplexeur optique. Le rôle du démultiplexeur est crucial : il sépare le faisceau combiné en ses composants individuels, chacun correspondant à une longueur d'onde spécifique ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$). Ce processus est l'inverse du multiplexage et permet de récupérer les signaux distincts initialement transmis par les émetteurs.

Une fois démultiplexés, ces signaux optiques sont dirigés vers les récepteurs optiques correspondants, notés RX1, RX2, ..., RXn. Chaque récepteur est accordé pour détecter et convertir la longueur d'onde spécifique d'un canal optique en un signal électrique. Ces récepteurs optiques jouent un rôle essentiel dans la reconversion des signaux pour leur traitement ultérieur, en garantissant la récupération fidèle des données transmises.[10]

I.4. Topologie des réseaux DWDM

I.4.1. Topologie Point à Point

Une topologie point à point est une configuration réseau où chaque appareil est connecté à exactement un autre appareil, formant un lien direct entre eux.

❖ *Principe et caractéristiques*

Chaque appareil communique avec le suivant dans la séquence, chaque appareil ayant une connexion dédiée au suivant. Cette disposition est illustrée dans la Figure (I.8).

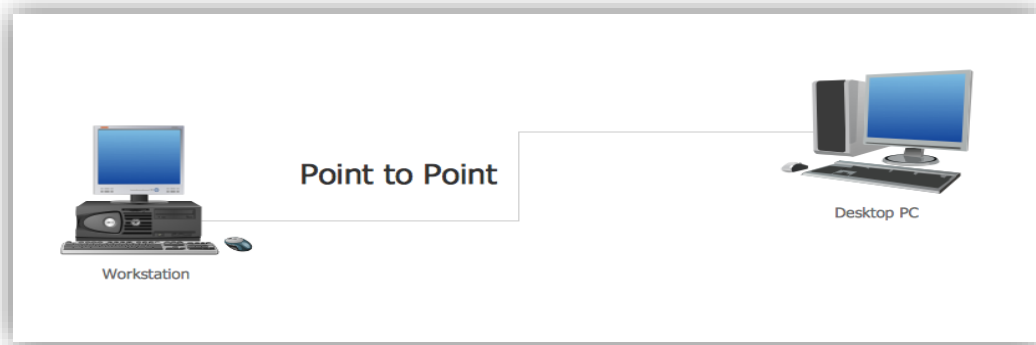


Figure I.8: Topologie point à point

Cette topologie offre des vitesses élevées sur de longues distances, avec deux chemins possibles en cas de panne, offrant sécurité et débits élevés.

❖ **Inconvénients**

Elle nécessite plusieurs segments, est sensible aux interruptions et nécessite un double anneau pour améliorer la sécurité.

❖ **Application Pratique**

Des exemples de topologie point à point incluent Token Ring (Norme 802.5 annulaire token) et Ethernet (full duplex)

I.4.2. Topologie en chaîne

Une topologie en chaîne est une configuration linéaire où les appareils sont connectés en séquence, chaque appareil étant connecté au suivant dans la ligne.

❖ **Principe**

Chaque appareil est connecté au suivant dans la ligne, formant une chaîne linéaire. Cette configuration est représentée sur la Figure (I.9).

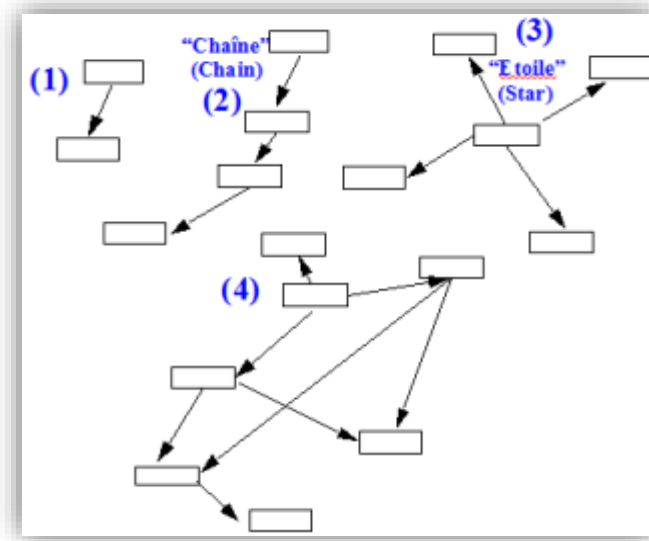


Figure I.9: Topologie en chaîne

❖ Caractéristiques

Cette topologie n'est pas considérée comme très robuste, car elle manque de redondance complète. Si un lien échoue, la chaîne est interrompue au point de défaillance.

❖ Application Pratique

Les commutateurs SG350XG et SG550XG peuvent être empilés pour former une topologie en chaîne, qui n'est pas très robuste.

I.4.3. Topologie en Anneau

Une topologie en anneau est une configuration où les appareils sont connectés de manière circulaire, chaque appareil étant connecté au suivant dans la ligne, formant une boucle fermée.

❖ Principe

Chaque appareil est connecté au suivant dans la ligne, formant une boucle circulaire. Cette structure est démontrée sur la figure (I.10).

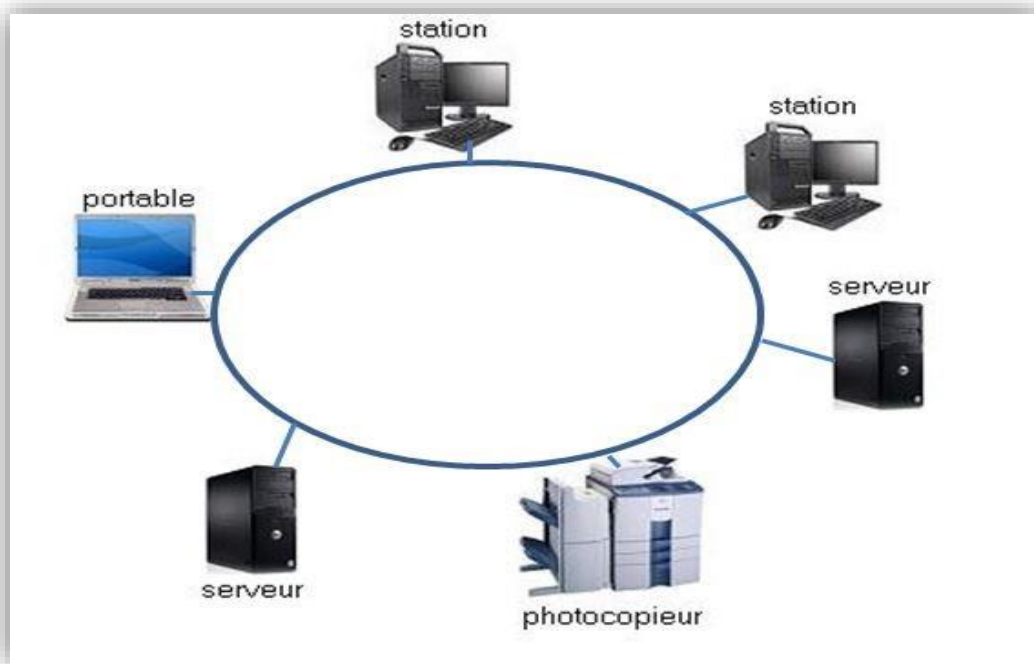


Figure I.10: Topologie en anneaux

❖ Caractéristiques

Cette topologie offre des vitesses élevées sur de longues distances, avec deux chemins possibles en cas de panne, offrant sécurité et débits élevés. Elle est plus robuste qu'une topologie en chaîne, car une défaillance dans un lien ne casse pas l'ensemble du réseau.

❖ Application Pratique

Token Ring et FDDI (Fiber Distributed Data Interface) sont des exemples de topologies en anneau. [11-12]

I.5. Application des réseaux optiques multiplexés

I.5.1. Longue distance (WAM : Wide Area Network)

Technologie WDM employée : DWDM.

Applications : grandes artères sur des longues distances (> 100 km), câbles sous-marins internationaux.

Topologie : point à point, avec un nœud de régénération ou un multiplexeur optique d'insertion-extraction tous les 80 km environ.

I.5.2. Réseaux métropolitains (MAN : Metropolitan Area Network)

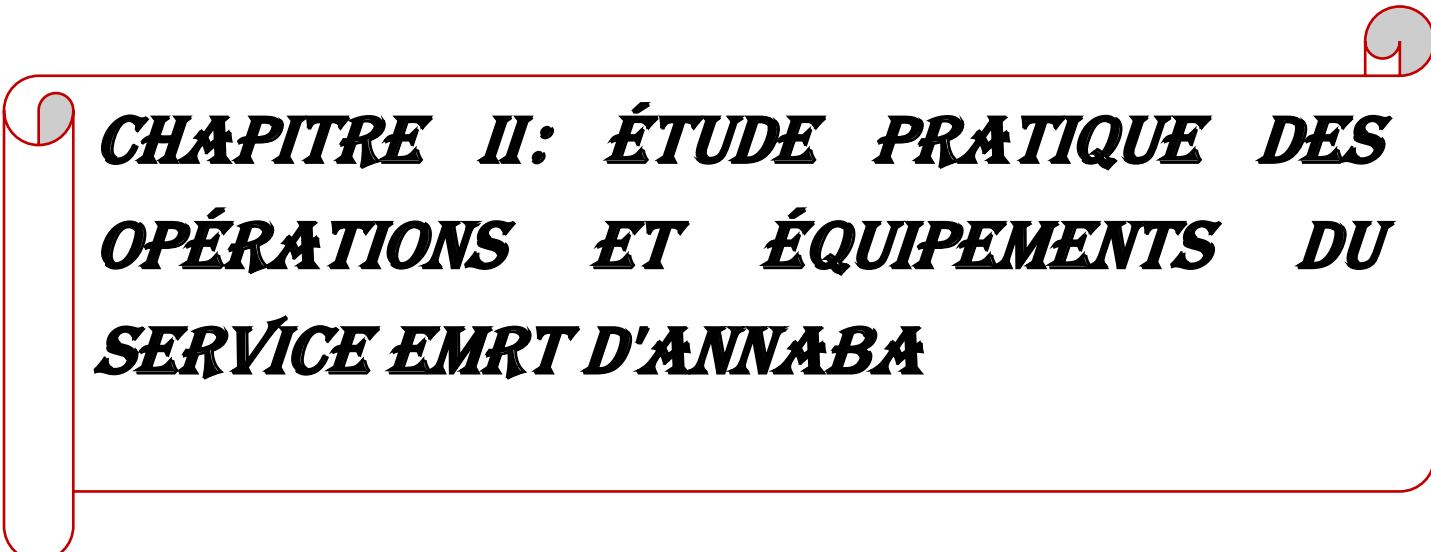
Technologies WDM employées : CWDM et DWDM.

Applications : liaisons entre les établissements d'une entreprise, boucles optiques au niveau d'une agglomération, distance typiquement inférieure à 100 km.

Topologie : point à point, boucle ou maillage. Généralement sans nœud de régénération ou d'amplification.[13]

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le concept général du multiplexage en longueur d'onde et ses applications dans les réseaux de communication optique. Le chapitre suivant contiendra une description du matériel DWDM utilisé au centre EMRT d'Annaba.



CHAPITRE II: ÉTUDE PRATIQUE DES OPÉRATIONS ET ÉQUIPEMENTS DU SERVICE EMRT D'ANNABA

II.1. Introduction

Ce chapitre présente une vue d'ensemble approfondie des opérations et des équipements du centre EMRT d'Algérie Télécom ANNABA, soulignant son rôle prééminent dans le secteur des télécommunications en Algérie. Réalisé dans le cadre d'un stage pratique, ce chapitre détaille les différentes méthodes de transmission utilisées, avec une attention particulière portée à la fibre optique et ses supports associés. Il examine également les équipements de transmission tels que le SDH, le multiplexage et la technologie DWDM en particulier.

En outre, le chapitre aborde les techniques de mesure et de maintenance des réseaux de fibres optiques, en présentant divers équipements de mesure et les préparations nécessaires avant l'installation des équipements.

II.2. Le service EMRT

Le Service Établissement Maintenance Réseau et Transport (EMRT) est une division régionale d'Algérie Télécom d'Annaba. L'EMRT est chargé de la maintenance et de la gestion des réseaux de télécommunications dans la région, ainsi que du transport des données à travers ces réseaux. Voici quelques détails supplémentaires sur le fonctionnement et les responsabilités de l'EMRT :

- 1. Couverture géographique :** L'EMRT d'Annaba dessert plusieurs villes de la région, notamment Annaba, El-Taref et Souk-Ahras. Cela signifie que l'EMRT est chargé de fournir des services de télécommunications à ces villes, y compris la maintenance et la gestion des infrastructures de réseau.
- 2. Maintenance du réseau :** L'une des principales responsabilités de l'EMRT est d'assurer la maintenance et la réparation des équipements de télécommunication dans sa zone de couverture. Cela peut inclure la maintenance des lignes terrestres et des câbles sous-marins, des équipements de commutation et de routage, ainsi que des équipements de transmission de données.
- 3. Gestion du transport des données :** L'EMRT est également chargé de gérer le transport des données à travers les réseaux de télécommunications de la région. Cela implique de s'assurer que les données sont correctement acheminées entre les différents points du réseau, en garantissant leur intégrité, leur sécurité et leur disponibilité.
- 4. Support technique :** En plus de la maintenance et de la gestion des réseaux, l'EMRT fournit également un support technique aux clients et aux entreprises de la région. Cela

peut inclure le dépannage des problèmes de connexion Internet, la configuration des équipements réseau, et la résolution des problèmes liés aux services de téléphonie fixe et mobile.

II.2.1. La transmission des données dans le service EMRT

La transmission des données consiste en l'émission d'informations de l'endroit A à l'endroit B et la réception de ces informations de l'endroit B à l'endroit A. Le service EMRT est subdivisé en deux modes de transmission principaux :

- La transmission par fibre optique
- La transmission par radio

Généralement, la fibre optique est utilisée pour les opérations de transmission lorsque les conditions de visibilité directe sont satisfaites. La fibre doit être protégée et ne doit rencontrer aucun obstacle. Cependant, dans les zones isolées ou sur des hauteurs où il est impossible d'installer la fibre optique, on utilise les Faisceaux Hertziens Numériques (FHN), ce qui constitue la transmission par radio.

II.2.2. La subdivision SDEMEO

La Subdivision Exploitation Maintenance Équipement Optique (SDEMEO) est chargée de l'entretien et de l'exploitation des équipements optiques.

II.3. Types de fibres optiques utilisées dans le EMRT

Le G 652 2D est une fibre optique monomode standard utilisée principalement pour les télécommunications. Elle est optimisée pour des performances élevées à des longueurs d'onde de 1310 nm et 1550 nm, offrant une faible atténuation et une grande capacité de transmission de données sur de longues distances.

La figure (II.4) montre une photo réelle de tombou de fibre.



Figure II.1 : Tombou de fibre

On relie la fibre optique entre les deux bandes de bases des sites et on choisit la capacité selon le nombre d'utilisateur.

II.3.1. Caractéristiques de fibre G652 2D utilisée par l'EMRT

- Cœur = 8-9 μm
- Gain = 62.5 μm
- Protection = 125 μm

Le tableau (II.1) présente Les caractéristiques de fibre G652.2D, le tableau (II.2) Les caractéristiques géométriques de fibre G652.2D, et le Tableau (II.3) plus de caractéristiques de fibre G652.2D. [14]

CARACTÉRISTIQUES OPTIQUES			
PARAMÈTRE	VALEUR	UNITÉ	MÉTHODE D'ESSAI
Tip. /Max. Affaiblissement linéique Individuel à 1310 nm (*)	0,32 / 0,35	dB/km	UNE-EN 188000-303 IEC 60793-1-40
Tip. /Max. Affaiblissement linéique Individuel à 1383 nm (*)	0,28 / 0,31	dB/km	
Tip. /Max. Affaiblissement linéique individuel à 1550 nm (*)	0,19 / 0,21	dB/km	
Tip. /Max. Affaiblissement linéique Individuel à 1625 nm (*)	0,20 / 0,24	dB/km	

At. Uniformité (Point discontinuités à 1310 ou 1550 nm)	< 0,05	Db	UNE-EN 188000-309 IEC 60793-1-42 IEC 60793-1-48 UNE-EN 188000-313 IEC 60793-1-44
Longueur d'onde à dispersion nulle	$1302 < \lambda_0 < 1322$	nm	
Pente de dispersion à λ_0 (S0)	$\leq 0,092$	ps/nm ² ·km	
Dispersion chromatique max (1285 nm - 1330 nm)	$\leq 3,5$	ps/nm·km	
Dispersion chromatique max à 1550 nm	$\leq 18,0$	ps/nm·km	
Dispersion chromatique max à 1625 nm	$\leq 22,0$	ps/nm·km	
Dispersion du mode de polarisation (PMD) (*)	$\leq 0,2$	ps/√km	
PMD de la liaison raccordée (PMDQ) (**)	$\leq 0,06$	ps/√km	
Longueur d'onde de coupure (fibre câblée)	$\lambda_{cc} < 1260$	Nm	

Tableau II.1 : Les caractéristiques de fibre G652.2D

CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES			
PARAMÈTRE	VALEUR	UNITÉ	MÉTHODE D'ESSAI
Diamètre de champ de mode à 1310 nm	$9,2 \pm 0,4$	μm	UNE-EN 188000-315 IEC 60793-1-45
Diamètre de champ de mode à 1550 nm	$10,4 \pm 0,5$	μm	
Diamètre de la gaine optique	$125 \pm 0,7$	μm	
Non-Circularité de la gaine optique	< 1	%	IEC 60793-1-20
Erreur de concentricité cœur - gaine optique	< 0,5	μm	IEC 60793-1-21
Diamètre du revêtement (Non coloré)	245 ± 5	μm	
Erreur concentricité revêtement- gaine optique	≤ 12	μm	IEC 60793-1-34
Rayon de courbure de la fibre	≥ 4.0	m	

Tableau II.2 : Les caractéristiques géométriques de fibre G652.2D

AUTRES CARACTÉRISTIQUES			
PARAMÈTRE	VALEUR	UNITÉ	MÉTHODE D'ESSAI
Résistance à la traction ("Proof test")	$\geq 1\%$ (100kpsi / 0,7GPa)	%	IEC 60793-1-30
Indice effectif de groupe à 1330 nm	1,467		
Indice effectif de groupe à 1550 nm	1,468		
Dénudabilité du revêtement (valeur de pic)	$1,3 \leq F_p \leq 8,9$	N	IEC 60793-1-32

Tableau II.3 : Plus de caractéristiques de fibre G652.2D

II.4. Equipement de transmission

II.4.1. SDH

Est un système de transmission numérique qui organise les canaux de communication en niveaux de concentration successifs, offrant une solution améliorée par rapport au PDH. Il soutient des débits élevés, comme le débit de base de 155,520 Mbits/s en Europe, et utilise la fibre optique pour la transmission. Il intègre également des fonctionnalités de sécurité telles que le basculement sur une liaison de secours. La transmission des données se fait dans une trame de base à 155,520 Mbits/s appelée module de transport STM-1, avec des débits supérieurs transmis dans des trames multiples de cette base.

Il utilise comme équipement :

- ADR155 METRO 1000 (HUAWEI) 155MB/S
- OSN550 (HUAWEI) 622MB/s
- OSN3500 (HUAWEI) 2,5GB/s-10GB/s
- OSN2000 (HUAWEI) 622MB/s ADR155C (SAGEM) 155MB/S

II.4.2. Le multiplexage

Permet de transmettre plusieurs flux d'informations sur une seule fibre optique, réduisant ainsi les coûts d'installation et d'exploitation en nécessitant moins de câbles pour transporter la même quantité de données.

Il utilise comme équipement :

- FMX19 (SIEMENS)
- FMX ZTE
- FMX EFACE

II.4.3. DWDM

Le Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) est une technologie d'extension des réseaux optiques. Les dispositifs DWDM, tels que les multiplexeurs (Mux) et les démultiplexeurs (Demux), combinent les signaux de plusieurs émetteurs optiques pour les transmettre sur une seule fibre optique. À la réception, un autre dispositif DWDM sépare ces signaux optiques combinés et transmet chaque canal à un récepteur optique. Ainsi, une seule fibre optique est utilisée par sens de transmission, ce qui permet à plusieurs canaux optiques de partager un même câble en fibre optique.

En adoptant la technologie Gaussienne AAWG de haute qualité, les Mux/Demux DWDM de FS offrent une faible perte d'insertion (3,5 dB typique) et une grande fiabilité. Grâce à une structure améliorée, ces multiplexeurs et démultiplexeurs DWDM sont plus faciles à installer.

Composants :

- **Émetteur/récepteur optique**
- **Filtre MUX/DEMUX**
- **Multiplexeurs optiques d'ajout**
- **Amplificateurs optiques**
- **Transpondeurs**, comprenant :
 - Une source lumineuse (laser)
 - Un modulateur (pour les transpondeurs longue portée)
 - Une photodiode

Équipements utilisés par le EMRT :

- NOKIA figure (II.2) Fournir un visuel du multiplexage PSS 32 en application. (voir l'annexe).
- ZTE
- HUAWEI

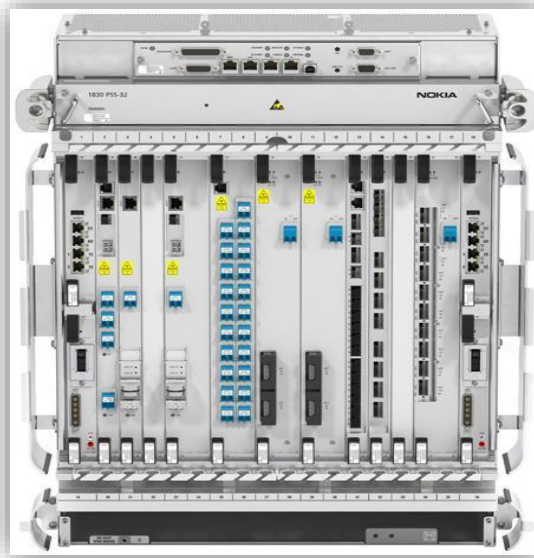


Figure II.2 : Multiplexage Nokia PFF 32

Caractéristiques du NG-NOKIA : (voir l'annexe).

- 88 longueurs d'onde
- Fréquence maximale : 196000 THz
- Fréquence minimale : 191100 THz
- Type de fibre : G.652.D (cœur = 8-9 μm , gaine = 62,5 μm , protection = 125 μm)
- Longueur d'onde : 1510 nm - 1511 nm
- Espacement : 100G
- Amplificateurs :
 - RAMAN (bande C, supportant 96 canaux)
 - EDFA (switched gain, bandes C et L)
- Protocole de transmission : 1+1

Applications du NG-NOKIA DWDM :

- Expansion de la capacité réseau
- Convergence de services
- Connectivité multisite pour les entreprises
- Backhaul mobile et haut débit

II.5. Instruments de mesure

L'EMRT dispose de plusieurs instruments sophistiqués notamment :

II.5.1. Un photomètre optique

Un photomètre optique mesure la puissance du signal émis (Tx) et reçu (Rx) dans une liaison de transmission optique, permettant de déterminer si le signal a été correctement reçu ou non. La figure (II.3) présente une photo réelle du photomètre optique utilisée.



Figure II.3 : Photomètre optique

II.5.2. Atténuateur optique

Les atténuateurs optiques sont des dispositifs conformes aux normes industrielles qui permettent de réguler la puissance des signaux lumineux dans les réseaux de fibres optiques, assurant ainsi une transmission fiable des données. Figure (II.4) montre une photo réelle de l'Atténuateur utilisée.



Figure II.4 : Atténuateur

II.5.3. Le Réflectomètre OTDR

Le réflectomètre OTDR (Optical Time Domain Réflectomètre) est un instrument utilisé pour mesurer la réflectivité des fibres optiques, fournissant des informations précises sur la qualité de la fibre et les pertes de signal sur une seule longueur d'onde. La figure (II.5) présente une photo réelle de l'OTDR utilisé.



Figure II.5: Réflectomètre OTDR

Exemple de mesure effectuée par l'OTDR (entre Annaba – Tarf)

- Longueur de section : 65.2665 km
 - Perte de section : 13.113 dB
 - ORL de section : 27.02 dB
-
- **Bobine d'amorce**
 - Un court câble à fibre optique (150 m à 2 km) utilisé pour les tests de réflectométrie.
 - Outil d'extension pour les mesures de réflectométrie sur fibres optiques.
 - Câble de référence pour l'analyse de connecteurs fibre optique avec un réflectomètre.

Figure (II.6) montre une photo réelle de la bobine d'amorce utilisée.

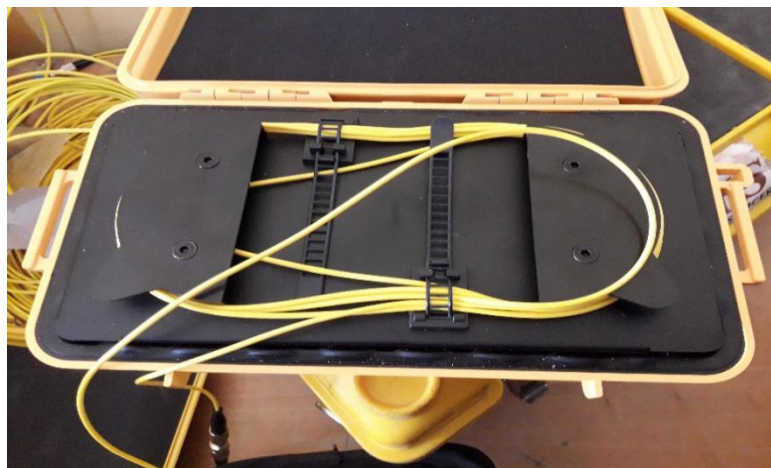


Figure II.6: Bobine d'amorce

- **Jarretière**

Ces câbles optiques canalisent un seul flux lumineux, garantissant une transmission pure et sans interférence, idéale pour les applications de télécommunication qui exigent une grande fiabilité. La figure (II.7) présente une photo réelle d'une Jarretière.



Figure II.7: Jarretière optique

II.6. Matériel et équipement de soudure optique

II.6.1. Ciseaux/Pinces à dénuder

Outil pour retirer la gaine protectrice des fils électriques. La figure (II.8) Montre une photographie représentant la réalité d'une pince.



Figure II.8: Image réelle d'une pince

II.6.2. La Cliveuse

Une cliveuse de fibre optique est un outil de haute précision utilisé pour couper la fibre optique lors de la pose de réseaux de télécommunications. La figure (II.9) affiche une image authentique de la cliveuse.



Figure II.9: Cliveuse

II.6.3. Fusionneuse optique

L'appareil de soudure optique assure une fusion délicate des fibres optiques, assurant des connexions solides et à faible perte pour garantir une transmission efficace des données dans les réseaux de fibres optiques. La figure (II.10) présente un visuel correspondant fidèlement à la réalité de la fusionneuse



Figure II.10: Fusionneuse optique

II.6.4. Stylo optique

Stylo localisateur visuel de défaut sur fibre optique, permet de trouver les points de cassure, mauvaise connexion, courbure importante sur la fibre. La figure (II.11) Mettre à disposition une photographie capturant l'état réel de stylo optique.



Figure II.11: Stylo optique

Comment souder deux fibres optiques

- Glisser le manchon de protection.
- Dénuder la fibre.
- Nettoyer la fibre en utilisant de l'alcool isopropylique.
- Cliver les fibres.
- Lancer l'opération de soudure sur la soudeuse.
- Utiliser le manchon de protection pour protéger la soudure.

II.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une description du matériel utilisé par Algérie Télécom. Le chapitre suivant contient une comparaison entre les résultats du système NG NOKIA DWDM et leur modélisation dans Rsoft, ainsi qu'une analyse de leurs performances dans

Optisystem. Nous comparerons également les résultats obtenus par un test OTDR et leur simulation dans Optisystem.



CHAPITRE III : SIMULATION ET MODÉLISATION DES SYSTÈMES DE TRANSMISSION OPTIQUE MULTIPLEXÉS

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous visons à comparer les résultats obtenus à partir des tests pratiques avec ceux générés par des simulations à l'aide des logiciels OptiSystem et RSoft CAD. Nous détaillerons d'abord les fonctionnalités de ces logiciels, les critères de qualité d'une liaison simulée, ainsi que la modélisation des composants optiques du DWDM.

Nous entamerons la simulation d'une chaîne DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) avec un espacement de 50GHz et leur modélisation dans RSoft et OptiSystem. Ensuite, nous explorerons la trace d'une liaison multiplexée de 60 km de longueur reliant Annaba et Taref obtenue par l'OTDR.

III.2. Présentation du logiciel Optisystem et Rsoft

III.2.1 Environnement de Simulation du logiciel Optisystem

A) Caractéristiques

OptiSystem est un logiciel de simulation autonome spécifiquement conçu pour la modélisation réaliste des systèmes de communication par fibre optique. Il se distingue par son environnement de simulation puissant et sa définition hiérarchique des composants et des systèmes. Cela permet aux utilisateurs de créer et de modéliser des systèmes complexes de manière modulaire et organisée [15-16].

OptiSystem est utilisé pour automatiser la conception de pratiquement tout type de liaison optique dans la couche physique et pour analyser un large spectre de réseaux optiques. Voici quelques-unes des principales applications d'OptiSystem :

- **Conception de systèmes de communication optique** : du niveau composant au niveau système, incluant des formats de modulation avancés et le traitement du signal numérique (DSP).
- **Conception de réseaux CATV et TDM/WDM** : adapté pour les réseaux de télévision par câble et les multiplexages en longueur d'onde et en temps.
- **Réseaux FTTx basés sur des réseaux optiques passifs (PON)** : pour la conception et l'optimisation des réseaux d'accès en fibre optique.
- **Systèmes optiques en espace libre (FSO)** : utilisés pour les communications optiques sans fil à travers l'atmosphère.

- **Systèmes micro-ondes radio sur fibre (ROF)** : Intégration des technologies radio et fibre optique pour les applications haut débit.
- **Conception de bagues SONET/SDH** : Pour les réseaux de télécommunications synchrones et les standards de hiérarchie numérique synchrone.
- **Conception des composants de la chaîne de transmission** : incluant les émetteurs, les canaux, les amplificateurs et les récepteurs.
- **Conception de cartes de dispersion** : pour la gestion et la compensation de la dispersion dans les systèmes de transmission optique.

B) Critères de qualité d'une liaison DWDM modélisée sous Optisystem.

OptiSystem utilise des indicateurs spécifiques pour évaluer la qualité des liaisons optiques, notamment le **SNR (Signal-to-Noise Ratio)** et l'**OSNR (Optical Signal-to-Noise Ratio)**. Ces critères sont cruciaux pour déterminer la performance et la fiabilité des systèmes de communication par fibre optique.

➤ Signal-to-Noise Ratio (SNR)

Le SNR est une mesure de la qualité du signal par rapport au bruit de fond dans un système de communication. Il est défini comme le rapport de la puissance du signal utile à la puissance du bruit indésirable. Un SNR élevé indique que le signal est beaucoup plus puissant que le bruit, ce qui se traduit par une meilleure qualité de transmission et une moindre probabilité d'erreurs.

$$SNR = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{bruit}}} \right)$$

$$SNR = 10 \log_{10} (P_{\text{bruit}} P_{\text{signal}})$$

Où : P_{signal} : Puissance du signal utile et P_{bruit} : Puissance du bruit.

➤ Optical Signal-to-Noise Ratio (OSNR)

L'OSNR est une mesure plus spécifique utilisée dans les systèmes de communication optique. Contrairement au SNR, qui peut inclure diverses sources de bruit, l'OSNR se concentre sur le rapport entre la puissance du signal optique et la puissance du bruit optique sur une bande de référence spécifiée. L'OSNR est particulièrement pertinent pour les systèmes DWDM, où plusieurs canaux optiques sont transmis simultanément.

$$OSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{signal optique}}}{P_{\text{bruit optique}}} \right)$$

$OSNR=10\log_{10}(P_{\text{bruit optique}}/P_{\text{signal optique}})$ avec : $P_{\text{signal optique}}$: Puissance du signal optique dans la bande de référence et

$P_{\text{bruit optique}}$: Puissance du bruit optique dans la bande de référence.

III.2.2 Introduction à RSoft Photonic CAD pour la Modélisation des Composants WDM

RSoft Photonic CAD est un logiciel de modélisation utilisée pour la conception et l'analyse de composants et systèmes photoniques. Il est particulièrement apprécié pour son efficacité dans la modélisation des dispositifs dédiés au multiplexage en longueur d'onde (WDM).

RSoft Photonic CAD se compose de plusieurs outils intégrés, chacun dédié à des aspects spécifiques de la conception photonique.

a) Fonctionnalités Clés pour les Composants WDM

RSoft permet de modéliser comment différentes longueurs d'onde se propagent à travers des composants WDM tels que les multiplexeurs, les démultiplexeurs, les filtres et les coupleurs.

RSoft dispose des outils qui permettent d'analyser les pertes d'insertion dans les composants WDM et DWDM.

Les utilisateurs peuvent optimiser la conception de leurs composants pour minimiser les interférences entre les canaux et maximiser l'efficacité de la transmission.

b) Analyse des Réponses Spectrales

RSoft offre des capacités de caractérisation des réponses spectrales des composants WDM, permettant une analyse détaillée de la performance à différentes longueurs d'onde.

Il donne la main d'ajuster les paramètres de conception pour minimiser les pertes et la diaphonie entre les canaux, en utilisant les outils d'optimisation intégrés dans RSoft.

Il permet d'effectuer une analyse complète de la réponse spectrale et des performances globales du multiplexeur.

III.3 Corrélation entre la Simulation Optique et les Résultats de Mesure au Centre EMRT

III.3.1 Tests effectués pour le projet de Backbone EST en NG-DWDM (NOKIA)

Lors de notre stage au sein du service EMRT, ainsi que du service SEA ME WE 4 situé à Sidi Salem, nous avons réalisé plusieurs manipulations pratiques en utilisant l'appareil de mesure OTDR, et nous avons reçu un procès-verbal (PV) de validation de l'OSNR (rapport signal sur bruit) de Sidi Salem depuis le CCLT (centre), sur une distance de 8 km avec un espacement de 50 GHz comme illustre le tableau (III.1).

Direction : From Annaba CCLT

Channel	Wavelength	Power	OSNR
1	193.65THz	-16.24 dBm	27.48 dB
2	193.70THz	-16.30 dBm	26.65 dB
3	193.60THz	-16.91 dBm	27.41 dB
4	193.75THz	-16.89 dBm	27.75 dB
5	193.55THz	-19.03 dBm	24.44 dB
6	193.50THz	-17.48 dBm	25.54 dB
7	193.85THz	-18.80 dBm	24.18 dB
8	193.45THz	-17.24 dBm	25.07 dB
9	193.90THz	-16.96 dBm	27.47 dB
10	193.40THz	-17.07 dBm	25.10 dB
11	193.35THz	-17.07 dBm	26.55 dB
12	194.00THz	-16.91 dBm	28.29 dB
13	193.30THz	-16.83 dBm	26.31 dB
14	194.05THz	-16.86 dBm	26.86 dB
15	194.10THz	-16.91 dBm	25.55 dB
16	193.20THz	-16.83 dBm	26.64 dB
17	194.20THz	-15.66 dBm	29.81 dB

Tableau III.1: PV de validation de mesure OSNR issu du centre EMRT

III.3.1.a Montage de simulation équivalent au NG-DWDM sous logiciel Optisystem

La chaîne de transmission que nous avons simulée est représentée par la figure (III.1).

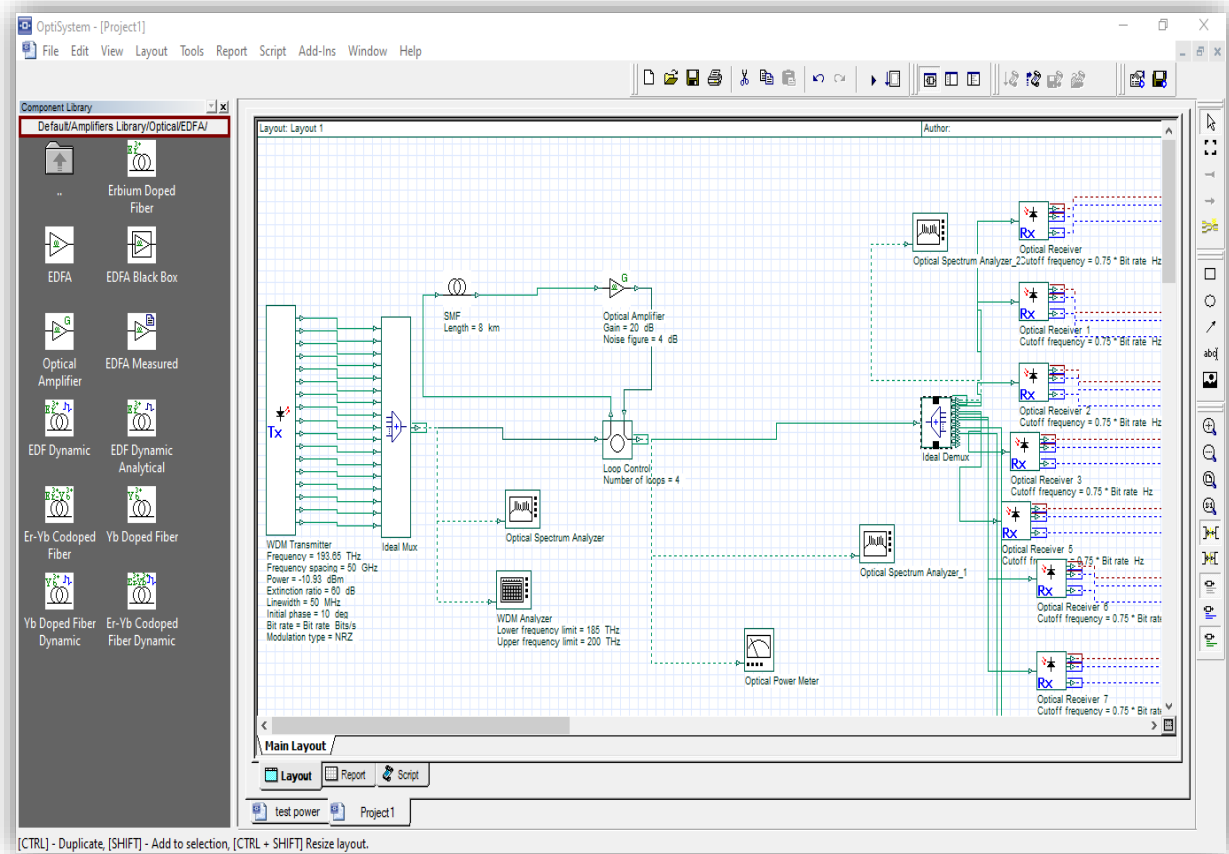


Figure III.1: Le montage équivalent DWDM Annaba –CCLT sous Optisystem

Le modèle simulé est constitué des principaux blocs :

- **Emetteur :** C'est une source optique possédant plusieurs sorties, une fréquence centrale équivalente à 193.3 THz, avec un espacement entre canaux de 50 GHz et une puissance de 0dbm ainsi qu'une modulation du type NRZ.
- **WDM Transmitter :** C'est un multiplexeur ajouté au transmetteur, il est chargé de combiner tous les canaux pour qu'ils soient transmis à travers la fibre optique.
- **Un amplificateur de type EDFA**
- **Démultiplexeur :** qui fait l'opération inverse du WDM transmitter, donc décombine le signal en Nsignaux.

❖ **Evaluation des résultats**

On utilise les outils de visualisation d'optisystem : Optical Spectrum Analyzer, nous présentons le résultat de simulation obtenu sur le tableau (III.2).

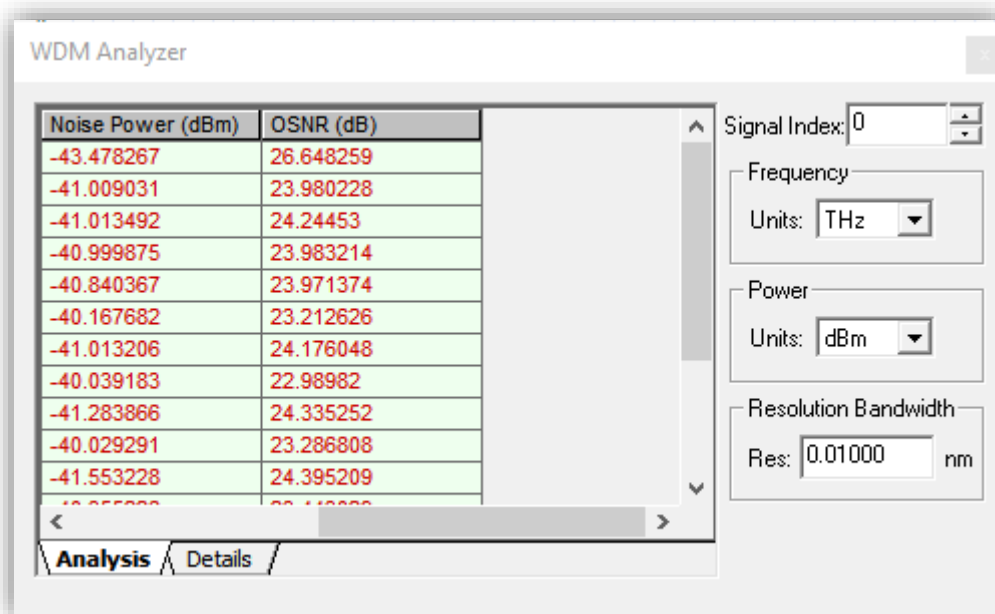
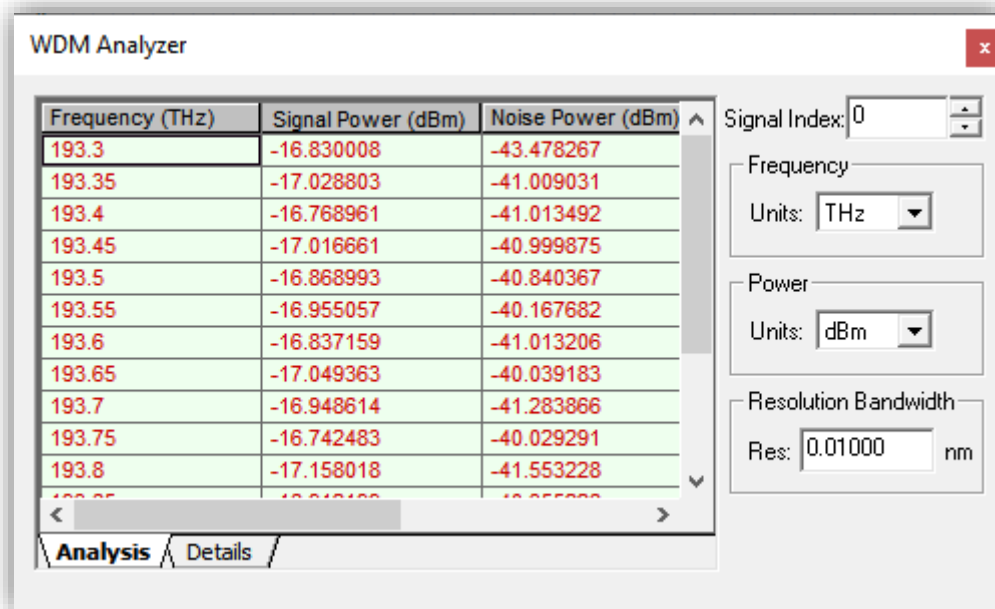


Tableau III.2: Résultats de simulation obtenue de l'OSNR

En comparant les tableaux (III.1) des mesures et (III.2) des simulations, nous constatons ce qui suit :

- Le résultat de la mesure à la fréquence 193.3 GHz a un power de -16.83 dB et un OSNR de 26.31 dB.
- Le résultat de la simulation à la même fréquence donne un power de -16.83 dB et un OSNR de 26.64 dB.

Nous remarquons que les valeurs simulées sont très proches des valeurs mesurées, ce qui indique une bonne corrélation entre la pratique et la simulation.

Sur le graphe de la figure (III.2), on présente le spectre de sortie du multiplexeur.

On constate que le spectre est composé de 17 composantes sinusoïdales, chacune correspondant à la longueur d'onde d'un des canaux optiques.

Espacement des canaux : Les composantes sinusoïdales sont espacées de 50 GHz dans la bande (1510 nm à 1511 nm).

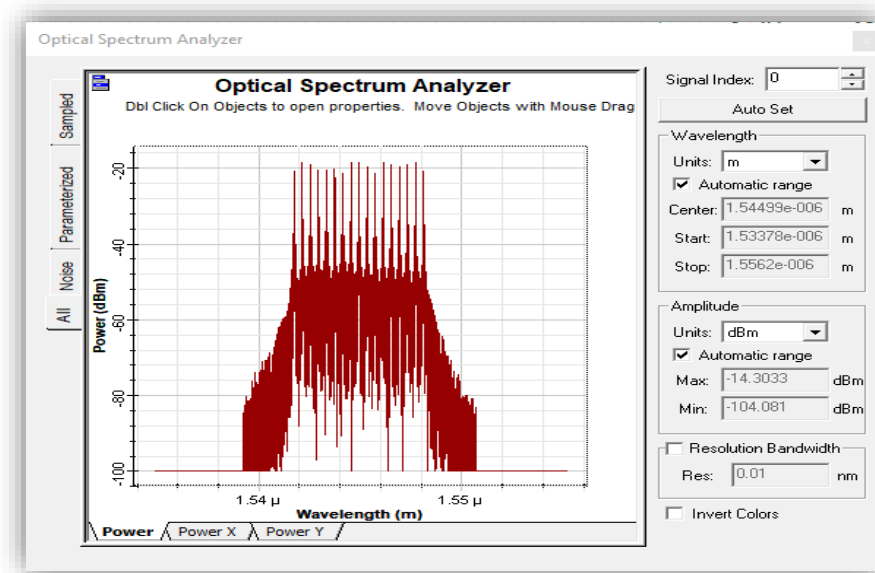


Figure III.2: Le spectre à la sortie du multiplexeur

III.3.1.b. Mise en Place d'une Modélisation Comparable du NG DWDM dans RSoft

Dans le logiciel RSoft, pour accéder à la fonction de modélisation du routeur WDM, on possède comme suit : tout d'abord, on ouvre le programme BeamPROP, puis on clique sur l'onglet "Utility" (Utilitaire) et sélectionnez "WDM Router Layout"

Une boîte de dialogue s'affichera comme illustré dans la figure (III.3) :

Dans cette boîte de dialogue, on définit les paramètres de simulation :

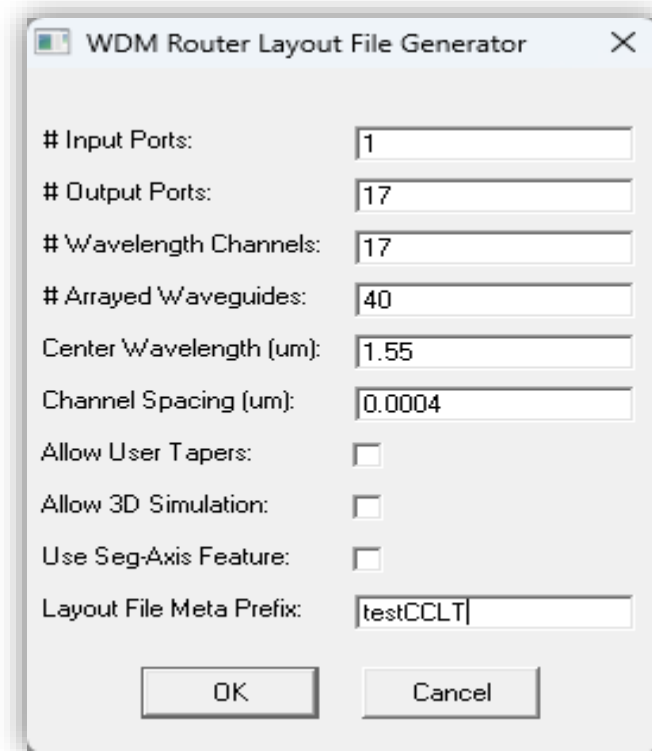


Figure III.3: Boite de dialogue WDM Router Layout

Les paramètres nécessaires pour la conception du 17 canaux sont :

- La longueur d'onde centrale est : $1.55 \mu\text{m}$.
- Un réseau de guide d'onde de 40.
- L'espacement entre les canaux de : $0.0004 \mu\text{m}$.
- Une seule entrée et 17 longueurs d'ondes de sortie.

Le routeur WDM ainsi conçu est présenté ci-dessous, Figure (III.4).

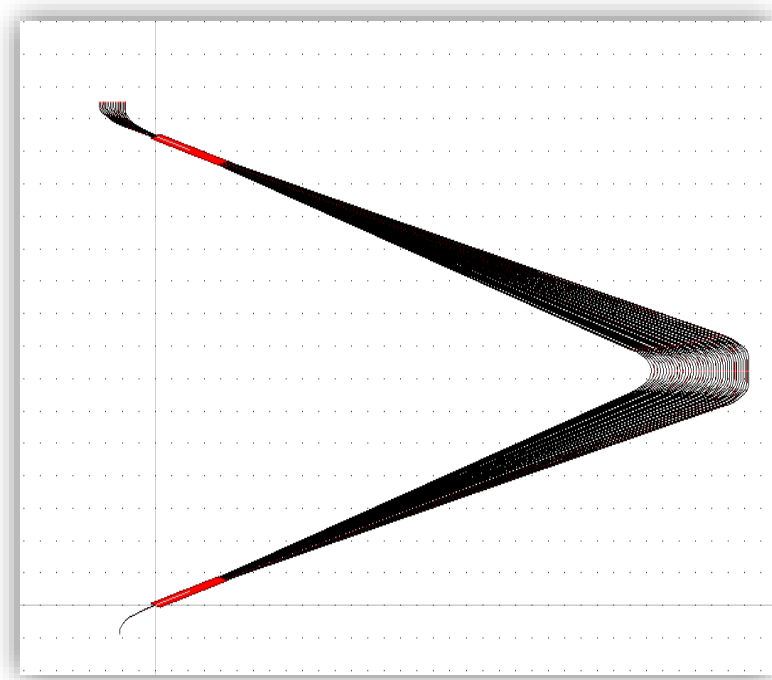


Figure III.4: Structure typique d'un multiplexeur NG Nokia sous Rsoft

❖ Evaluation des résultats

En pratique, nous utilisons la fréquence plutôt que la longueur d'onde correspondante. Cependant, RSoft affiche les spectres de sortie en indiquant la longueur d'onde.

Ainsi, les canaux de sortie obtenus à la sortie du démultiplexeur sont à des longueurs d'onde respectives de :

1549.18 nm (λ_1), 1548.78 nm (λ_2), 1549.58 nm (λ_3) et 1548.38 nm (λ_4) nm et 1549.98 nm (λ_5) et 1550.38 nm (λ_6) et 1547.58 nm (λ_7), 1550.78 nm (λ_8), 1547.18 nm (λ_9), 1551.18 nm (λ_{10}), 1551.59 nm (λ_{11}), 1546.39 nm (λ_{12}), 1551.99 nm (λ_{13}), 1547.99 nm (λ_{14}), 1545.59 nm (λ_{15}), 1552.79nm (λ_{16}), 1544.79 nm (λ_{17}).

Le spectre de sortie obtenu est schématisé sur la figure (III.5)

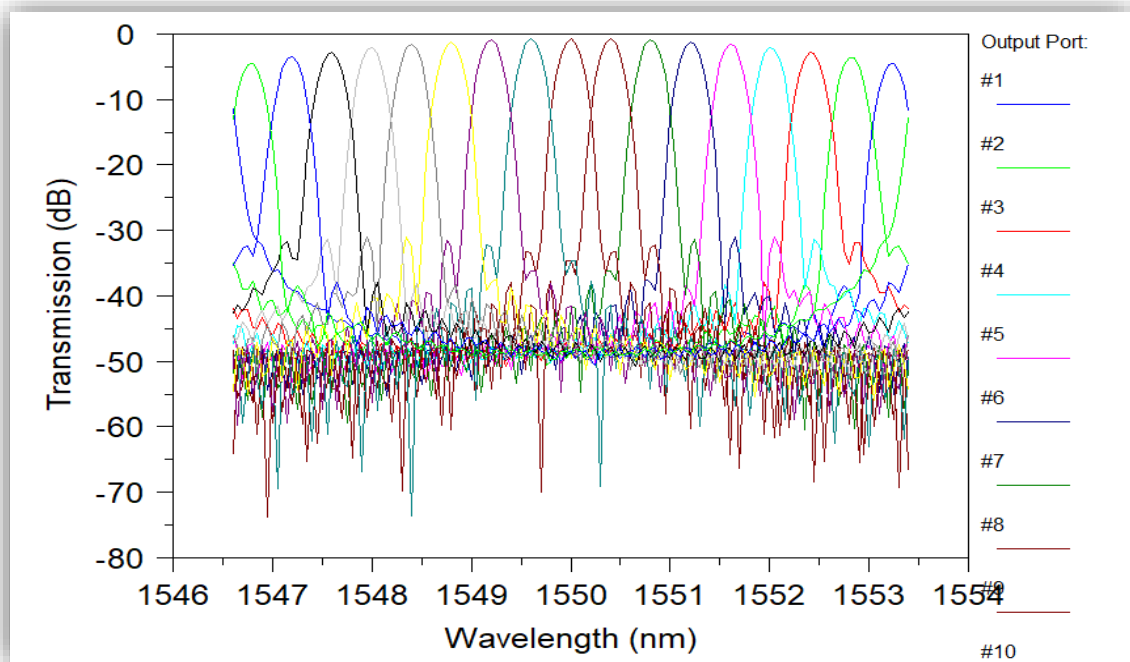


Figure III.5: Spectre de sortie du multiplexeur

Le tableau (III.3) présente les valeurs de simulation obtenues, y compris la perte d'insertion pour chaque canal de sortie.

Canal	LONGUEUR D'ONDE (nm)	Espacement entre canaux (nm)	PERTES (dB) dans chaque canal
1	1546.8	0.4	-4.329
2	1547.2	0.4	-3.29
3	1547.6	0.4	-2.4242
4	1548	0.4	-2.0779
5	1548.4	0.4	-1.3853
6	1548.8	0.4	-1.2121
7	1549.2	0.4	-0.6926
8	1549.6	0.4	-0.6926
9	1550	0.4	-0.6926
10	1550.4	0.4	-0.6926
11	1550.8	0.4	-0.6926
12	1551.2	0.4	-1.039
13	1551.6	0.4	-1.2121
14	1552	0.4	-1.9048
15	1552.4	0.4	-2.4242
16	1552.8	0.4	-3.29

17	1553.2	0.4	-4.1558
----	--------	-----	---------

Tableau III.3: Valeurs des pertes et de l'espacement entre canaux de simulation obtenues

L'analyse de ces résultats indique que :

- Les pertes pour chaque longueur d'onde varient entre -0.6926 dB et -4.329 dB.
 - Les longueurs d'ondes correspondantes aux fréquences de mesure se situent entre 1544.79 nm et 1552.79 nm, tandis que les longueurs d'ondes simulées sont entre 1546.8 nm et 1553.2 nm.
- L'écart entre les longueurs d'ondes mesurées et simulés est relativement minime.

III.3.2 Carte d'acquisition de trace OTDR sur 65km

La liaison de mesure effectuée avec l'OTDR s'étend du Centre de Transmission, situé au centre d'Annaba jusqu'à Targuiyine sur une distance de 65.2665 km.

Les paramètres fixés avec l'OTDR sont les suivants :

- La longueur d'onde de mesure (fixée à 1.55 μ m).
- Single Fibre Mode de type G652, de 9 μ m de diamètre, avec une atténuation de 0.2dB/km.
- Distance max (L max=80km)
- Impulsion laser de 1 μ s.

Le graphe de la figure (III.6) montre la trace obtenue sur l'écran de l'OTDR, suivie par le tableau (III.4).

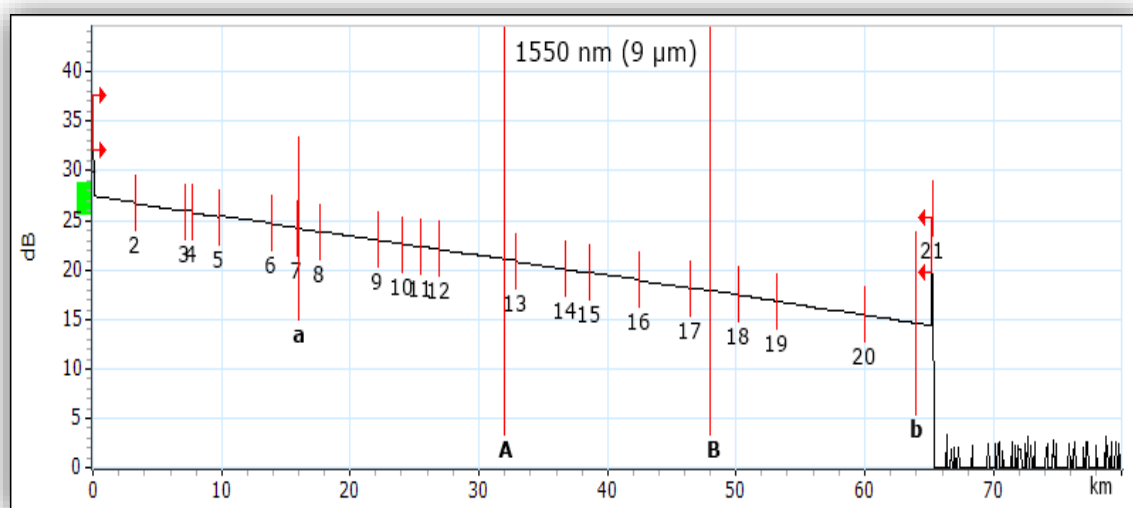


Figure III.6: La trace de la liaison optique Annaba-Tarf obtenue par l'OTDR

Type	N°	Pos./Long. (km)	Perte (dB)	Réflectance (dB)	Atténuation (dB/Km)	Cumulé (dB)
Premier connecteur	1	0,0000	---	-29,0		0,000
Section		3,2566	0,635		0,195	0,635
Non réfléchissant	2	3,2566	0,164			0,798
Section		3,9380	0,764		0,194	1,563
Positif	3	7,1945	-0,147			1,416
Section		0,5462	0,101		0,185	1,517
Non réfléchissant	4	7,7407	0,226			1,742
Section		2,0494	0,375		0,183	2,117
Positif	5	9,7901	-0,120			1,997
Section		4,0554	0,725		0,179	2,722
Non réfléchissant	6	13,8455	0,129			2,851
Section		2,0494	0,378		0,185	3,229
Non réfléchissant	7	15,8949	0,082			3,311
Section		1,7533	0,327		0,186	3,638
Positif	8	17,6482	-0,057			3,581
Section		4,5326	0,882		0,195	4,464
Non réfléchissant	9	22,1809	0,028			4,492
Section		1,9218	0,353		0,184	4,845
Non réfléchissant	10	24,1026	0,051			4,896
Section		1,3731	0,255		0,186	5,151
Positif	11	25,4757	-0,050			5,102
Section		1,4624	0,267		0,183	5,369
Non réfléchissant	12	26,9381	0,082			5,452
Section		5,9695	1,078		0,181	6,529
Non réfléchissant	13	32,9076	0,140			6,669

Section		3,8104	0,733	0,192	7,402
Non réfléchissant	14	36,7180	0,059		7,461
Section		1,8554	0,343	0,185	7,804
Positif	15	38,5734	-0,068		7,736
Section		3,9380	0,707	0,180	8,443
Non réfléchissant	16	42,5114	0,173		8,617
Section		3,9329	0,699	0,178	9,316
Positif	17	46,4443	-0,038		9,278
Section		3,7900	0,679	0,179	9,957
Non réfléchissant	18	50,2342	0,085		10,042
Section		2,9044	0,589	0,203	10,631
Non réfléchissant	19	53,1386	0,025		10,656
Section		6,9240	1,363	0,197	12,020
Non réfléchissant	20	60,0626	0,025		12,044
Section		5,2039	1,068	0,205	13,113
Réfléchissant	21	65,2665	---	-15,2	13,113

Tableau III.4: Les pertes de la liaison optique Annaba-Tarf de l'OTDR

III.3.2.1. Montage de simulation équivalent à la liaison de mesure par l'OTDR

Pour cette simulation, nous avons utilisé l'outil OptiSystem pour simuler une liaison qui s'étend sur une distance de 65km.

Les principaux composants de notre simulation sont les suivants :

- **Émetteur** : Nous avons remplacé l'émetteur original par une diode laser, un choix courant pour les systèmes de communication optique en raison de sa cohérence spectrale et de sa capacité à émettre des longueurs d'onde spécifiques avec une puissance élevée.
- **Récepteur** : Le récepteur a été remplacé par une photodiode PIN, qui est largement utilisée dans les systèmes de détection optique pour ses performances fiables et son efficacité à convertir les signaux optiques en signaux électriques.
- **La fibre optique** : est modélisée avec ses caractéristiques réelles, incluant les pertes d'insertion dues aux connecteurs et les pertes de propagation de chaque tronçon de fibre sur une distance de 65.2665 km.
- **OTDR** : Au lieu d'utiliser un réflectomètre optique temporel (OTDR) pour la mesure, nous avons employé un wattmètre optique. Le wattmètre optique permet de mesurer précisément la puissance optique à différents points de la liaison, ce qui est crucial pour l'évaluation des performances du système.

Le schéma synoptique du système de transmission que nous avons simulé est représenté par la Figure (III.7).

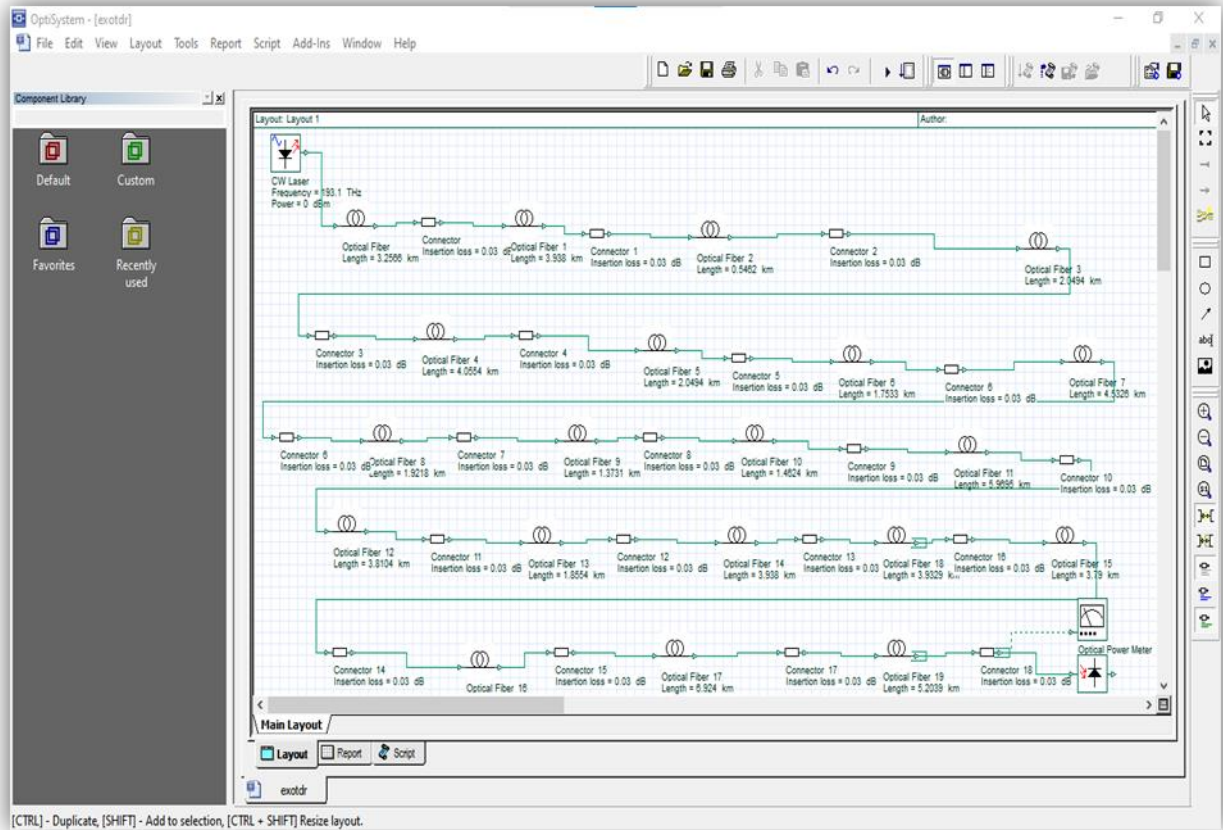


Figure III.7: Le montage équivalent de la liaison Annaba– Tarf

❖ Résultats et Analyse

Les résultats de cette simulation nous permettent de comparer les performances théoriques du système avec les mesures pratiques obtenues sur le terrain. Les données obtenues à partir de la simulation fournissent des insights précieux sur les performances de la liaison multiplexée

La perte totale indiquée par le wattmètre est :



- La puissance à l'émission est de 0dBm c'est-à-dire 10-3 Watt.
- La puissance à la réception est de 43.1110-6Watt.
- On remarque une diminution de la puissance en fonction de la distance.
- On relève un taux de la puissance totale transmise à la sortie de 43.1110-6Watt.

Donc 13.65 dBm de perte : c'est la perte totale, qui est indiquée par le wattmètre.

En utilisant le bilan de liaison théorique, on a calculé la perte totale avec l'équation mathématique suivante : $P_s = P_e - A \cdot L$

P_s : la puissance de sortie (dBm)

P_e : la puissance d'entrée (dBm)

A : atténuation de fibre G652 (0.2dB/km)

L : la distance maximale de la liaison en km

On trouve donc: $P_s = 0 - 0.2 \cdot 65.2665 = 13.05 \text{ dB}$

❖ **Evaluation comparative :**

Nous avons évalué les résultats obtenus par des mesures pratiques à l'aide de l'OTDR, en les comparant avec ceux simulés à l'aide d'OptiSystem et avec les valeurs calculées théoriquement. Les résultats sont résumés dans le Tableau (III.5) ci-dessous :

Liaison	OTDR	Calcul théorique	Simulation OTDR
Annaba-Tarf	13.13 dBm	13.21dBm	13.65 dBm

Tableau III.5 : Comparaison des résultats de la liaison multiplexée

III.3.2.1.b. Résultats de comparaison

Cette alternative fournit une comparaison claire et concise des différentes méthodes d'évaluation, en soulignant les valeurs obtenues pour la liaison Annaba-Tarf.

Les valeurs indiquées dans le tableau montrent une forte concordance entre les résultats des mesure pratique (OTDR), les calcule théoriques (bilan de liaison) et les simulations (OptiSysteme).

La légère différence observée entre les valeurs peut être attribuée à plusieurs facteur tels que les pertes d'insertion, les variations de la température, et les tolérances de composants utilisés dans les liaisons optiques.

Conclusion générale

Ce mémoire a exploré en profondeur la technologie du multiplexage dense en longueurs d'onde (DWDM) et son application au sein d'Algérie Télécoms pour améliorer la capacité de transmission de son réseau. À travers une approche intégrée alliant théorie, pratique et simulation, nous avons démontré comment le DWDM peut répondre efficacement à la demande croissante en bande passante et optimiser l'utilisation des infrastructures de télécommunications existantes.

Dans le premier chapitre, nous avons introduit les principes fondamentaux du DWDM, mettant en lumière ses avantages, ses défis et ses applications. Nous avons illustré comment cette technologie permet de multiplier les canaux de transmission sur une seule fibre optique, offrant ainsi des débits élevés et une évolutivité accrue.

Le deuxième chapitre a été consacré à l'étude pratique des dispositifs et équipements du centre EMRT d'Algérie Télécoms à Annaba. Les mesures effectuées ont permis de valider l'efficacité du DWDM dans un environnement réel, en détaillant les procédures, les instruments utilisés et les résultats obtenus.

Le troisième chapitre a abordé la simulation des systèmes de transmission optique multiplexés à l'aide des logiciels Rsoft Photonic CAD et Optisystem. Ces outils ont permis de modéliser les composants optiques du WDM et d'analyser les performances des systèmes DWDM installés.

Les résultats de simulation obtenus ont corroboré les observations pratiques, confirmant la validité des modèles théoriques.

Les résultats de l'analyse obtenus ont souligné une proximité remarquable entre les performances simulées et les mesures réelles. Cette cohérence entre la théorie et la pratique offre une perspective précieuse sur la conception, la maintenance et l'optimisation des réseaux optiques pour les futurs professionnels du domaine des télécommunications.

Annexe

Nokia 1830 PSS-4, PSS-8, PSS-16 and PSS-32 Platforms

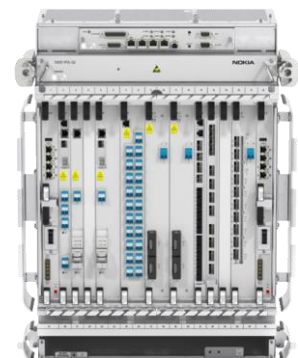
The 1830 Photonic Service Switch (PSS) portfolio consists of platforms optimized for varying optical network deployment environments ranging from interconnecting data centers to efficiently scaling large metro, regional and long-haul multi-layer, multiservice optical networks. Each platform leverages common software, hardware, management and control to offer seamless operations across the portfolio.

The 1830 PSS-4, PSS-8, PSS-16 and PSS-32 packet optical platforms support multiple transport network applications including: multiservice metro transport and aggregation, optical core/long-haul deployments and photonic switching configurations supporting colorless, directionless, contentionless with Flexgrid

(CDC-F) wavelength routing. The platforms support Nokia 1830 PSS-8 next-generation dense wavelength division multiplexing (DWDM) multiservice transport from access to core and help optical network operators build agile and scalable networks that can accelerate the delivery of mobile, video, business, wavelength, Ethernet, data center interconnect (DCI) and cloud services.

An efficient evolution to scalable 100G services Nokia 1830 PSS-16 deployment is made possible with support for 100G to 600G transport wavelengths optimized for capacity and distance, industry-leading service port densities including 100G client interfaces, multilayer switching agility and intelligence to dynamically reconfigure network resources, and compact and low-power platforms for maximum network operational efficiency. These capabilities enable continued revenue streams as customers demand more bandwidth and enterprises move towards 100G connectivity between their routers and data centers.

Nokia 1830 PSS-32



Benefits

- Significantly and simultaneously scales network capacity, reach and density, making feasible the mass delivery of sub-10G, 10G, 40G and 100G and 400G services
- Extremely efficient DWDM transport wavelengths:
 - Flexible, rate-adaptive 100G to 600G coherent DWDM lines
 - Optimizes transport wavelength spectral efficiency for both capacity and distance, maximizing achievable fiber bandwidth without compromising wavelength availability
 - 300G wavelength distances of 2,000 km, supporting an evolution from 100G to 200G DWDM long haul
 - 200G wavelength distances of 3,000 km to 7,500 km, supporting ultra-long without costly regeneration
 - The first 400G+ single carrier solution addressing both metro and regional distances providing a combination of leading spectral density
- Optimizes transport wavelength spectral efficiency for both capacity and distance, maximizing achievable fiber bandwidth without compromising wavelength availability
- Eliminates the need to regenerate at landing sites by simplifying the interconnection of sub-sea and terrestrial systems
- Delivers reliable, high-density, environmentally friendly multiservice transport:
 - Redundant control, power and timing for supporting high-availability networks
 - Multiservice packet/OTN switching
 - Large-scale 1G to 400G services transport
 - High-capacity, slot-to-slot interconnectivity, supporting “pay as you grow” packet/OTN networking or mate-to-mate interface card protection
- High-density, small-footprint platforms with low power consumption
- Efficient and reliable multi-layer networking:
 - Efficient bandwidth management capabilities at the 100G and sub-100G levels
 - Carrier Ethernet and Multiprotocol Label Switching – Transport Profile (MPLS-TP) services and networking
 - Compact, single card per degree, integrated ROADMs (iROADM) for improved deployment simplicity, performance density, and power consumption
 - Advanced ROADM solutions based on Colorless-Flexgrid (C-F) and Colorless Directionless Contentionless - Flexgrid (CDC-F) technologies for optimized scale and agility
 - Ultra-wideband C- plus L-band (C+L) technology to double fiber capacity
 - IP/optical integration via Generalized Multiprotocol Label Switching (GMPLS) user–network interface (UNI)
 - Support for ITU-T G.8262 SyncE for frequency synchronization distribution and IEEE 1588v2 packet-based time/phase synchronization distribution
 - Advanced wavelength frequency and highspeed phase recovery capabilities enable 50-ms protection.
 - Ultra-fast wavelength multi-layer protection and restoration

Technologies

- Nokia designed PSE-3 Super Coherent (PSE-3s) electro-optics:
 - Multiple modulation formats to support maximum wavelength scale over various geographic distances and qualities of fiber

- 2 flexible-rate DWDM coherent interfaces with aggregate payload capacity ranging from 100G to 600G
- Next-generation, latency-adjustable, soft decision forward error correction (SD-FEC)
- Adaptable to a wide range of fiber impairments for operation over extreme distances and challenging fiber environments
- Provides the first implementation of probabilistic constellation shaping (PCS), pushing fiber-optic performance close to theoretical limits at any distance – from 10 km to 10,000 km and beyond
- OTN switching:
 - Card-based and multi-card distributed switching
 - Seamless single network element management and control with 1830 PSS-36, PSS-64, PSS-8x, PSS-12x and PSS-24x high-capacity switching platforms
- Wavelength routing
 - Colorless, directionless, contentionless add/drop with Flexgrid (CDC-F)
 - Massively scalable 32-port twin-wavelength selective switch (WSS) ROADM for maximum flexibility and degree support
 - iROADM for compact metro deployments
- Embedded multi-layer capability
 - Multi-layer multi-region networking (MRN) support including coordinated multi-layer protection and restoration
 - GMPLS UNI support for IP/optical integration
- Integrated packet transport
 - MEF CE 2.0, SR OS-based packet interface cards
 - IEEE 1588v2 time/phase synchronization support
 - Enables a fully managed, end-to-end packet solution with a common service, operations and management model across the optical and Ethernet/IP/MPLS portfolio
- Management
 - Nokia Network Service Platform (NSP), Network Functions Manager for Transport (NFM-T) module
- Software-defined networking (SDN)
 - Centralized, multi-layer control via Nokia Network Services Platform (NSP)
- Network design and planning
 - Integrated network planning tools for optimized multi-layer network planning/ deployment
 - Commissioning and power balancing tool

Applications

- Optical and packet transport and aggregation for:
 - Business services
 - Mobile and broadband backhaul
 - Multicast video
 - Secure data center interconnect (DCI)
 - Cloud services
 - Multiservice transport

Product descriptions

1830 PSS-4

The 1830 PSS-4 extends the 1830 PSS portfolio to the customer premises. Its cost-effective small footprint, low power consumption and extended temperature operation design give it the deployment flexibility for many applications including:

- Cost-effective multiplexing of any bit rate services and transport over OTU1, OTU2 and OTU4
- Terminal, fixed optical add/drop multiplexer (FOADM) or inline amplifier (ILA) applications
- Cost-effective, high-capacity, highly secure, multiprotocol-capable, low latency and resilient optical DCI for large enterprises and managed service providers (MSPs), both for private and community clouds.

1830 PSS-8 and PSS-16

The 1830 PSS-8 and PSS-16 pack extensive multilayer packet optical transport features into metrooptimized physical form factors including support for outside plant

extended temperature operation. OTN and packet service grooming is achieved by using a pay-as-you-grow distributed switching fabric that scales as service take-up rates increase. Their support for extensive multi-layer packet optical transport features together with their compact and low-power architecture design allow for maximum network operational efficiency and deployment flexibility and high-capacity transport in metro environments.

1830 PSS-32 and PSS-16

The 1830 PSS-32 and PSS-16 supports maximum levels of multi-layer packet optical transport feature scale and multifunction capabilities. It is ideally suited for:

- Multiple degree CDC-F wavelength routing and photonic switching
- Large-scale wavelength 100G to 600G transponder/muxponder transport
- Ultra-long-haul transport wavelength regeneration and amplification.

Related Nokia products

- 1830 Photonic Service Switch (PSS)-36, PSS64, PSS-8x, PSS-12x and PSS-24x packet/OTN switching devices
- Network Services Platform (NSP) Network Functions Manager for Transport (NFM-T)
- 1390 Network Planning Tool (NPT)
- 1830 Engineering and Planning Tool (EPT)
- Network Service Platform (NSP) IP/Optical SDN controller
- IP/Optical Integration with 7750 Service Router (SR) and 7950 Extensible Routing System (XRS)
- 7210 Service Access Service (SAS) Carrier Ethernet access
- 9500 Microwave Packet Radio (MPR) Carrier Ethernet access
- 7705 Service Access Router (SAR) multiservice access over packet

Note: References to PSS-16 in this document refer to the PSS-16 version 2 chassis. Please refer to release notes and user documentation for earlier PSS-16 chassis specifications and capabilities.

Technical specifications

Overview

Specifications	1830 PSS-4	1830 PSS-8	1830 PSS-16	1830 PSS-32
Capacity and performance	400 Gb/s	1.6Tb/s	3.2 Tb/s	6.4 Tb/s
Interface card slots (full/half height)	2/4	4/8	8/16	16/32
Dimensions (Height/Width/Depth)	88 mm (3.46 in)/ 440 mm (17.32 in)/ 289.75 mm (11.41 in)	133 mm (5.2 in)/ 438.9 mm (17.2 in)/ 325 mm (12.7 in)	DC version: 354.8 mm (13.9 in)/ 440 mm (17.3 in)/ 325 mm (12.7 in) AC version: 399.25 mm (15.64 in)/ 440 mm (17.3 in)/ 325 mm (12.7 in)	622 mm (24.5 in)/ 483 mm (19 in)/ 325 mm (12.7 in)

Weight	3.318 kg (7.3 lb), 4.366 kg (9.6 lb) with complete shelf kit	7.2 kg (15.9 lb)	DC version: 10.55 kg (23.25 lb) AC version: 13.10 kg (28.87 lb)	15.77 kg (34.77 lb)
Packet/OTN fabric options	Card based	Distributed fabric	Distributed fabric	Card based
Controller card slots	1 unprotected	2 protected	2 protected	2 protected
Network timing	SyncE (ITU-T G.8261/G.8262/G.8264/G.781), IEEE 1588v2	SyncE (ITU-T G.8261/G.8262/G.8264/G.781), IEEE 1588v2	SyncE (ITU-T G.8261/G.8262/G.8264/G.781), IEEE 1588v2	SyncE (ITU-T G.8261/G.8262/G.8264/G.781), IEEE 1588v2
Power modules	Redundant power modules	Redundant power modules	Redundant power modules	Redundant power modules
Power options	-48V DC or +24V DC 110/220V AC Mixed AC & DC power supply configuration	48V DC, 110/220V AC with integrated AC power filter	DC version: 48V DC, 110/220V AC with external converter AC version: 48V DC, 110/220V AC	48V DC, 115/240 V AC with external converter
Power requirements	Max. 347 W (up to 125 W/slot), Typical: 220 W	Max. 1200 W (up to 240 W/slot), Typical: 520 W	Max. 2400 W (up to 240 W/slot) Typical: 1350 W	Max. 2800 W (up to 240 W/slot) Typical: 400 W – 1270 W
Operating temperature	-40 °C to +65 °C (-40 °F to +149 °F) for outside plant deployments	-5 °C to +55 °C (23 °F to 131 °F) -40 °C to +65 °C (-40 °F to +149 °F) for outside plant deployments	-5 °C to +55 °C (23 °F to 131 °F)	0 °C to +50 °C (32 °F to 122 °F)
Humidity	CO environment: 85% long term 95% short term Outside environment: 100% long term	5% to 95% non-condensing	5% to 95% non-condensing	5% to 95% non-condensing
Multi-shelf management	Up to 8 1830 PSS-4 shelves	Up to 24 1830 PSS shelves per single NE, 120 shelves per cluster	Up to 24 1830 PSS shelves per single NE, 120 shelves per cluster	Up to 24 1830 PSS shelves per single NE, 120 shelves per cluster

Note: References to PSS-16 in this document refer to the PSS-16 version 2 chassis. Please refer to release notes and user documentation for earlier PSS-16 chassis specifications and capabilities.

Interface cards

Transponder/Muxponder

Platform	Card ID	Card description	Half, full height	Notes
PSS-8, -16, -32	D5X500, D5X500Q, D5X500L, D5X500 Subsea	500G Muxponder	2 full slots	Configurable 100G – 500G DWDM line with up to 5 x 100G clients CFP4 and QSFP28 (D5X500Q) client options C & L (D5X500L) band options Subsea option (D5X500 Subsea)
PSS-8, -16, -32	S4X400H	600G Muxponder	Full	1 x 100G - 600G DWDM line 4 x QSFP28 (100GE/OTU4) clients 200G client backplane connectivity
All	12P120	12 x 10G Flexible Transponder/Client	Full	Full-slot 6 x 10G transponder or 12 x 10G as programmable 10G ports

All	20P200	20 x 10G Multiservice Client	Full	High-density multiservice clients with distributed packet/OTN fabric
PSS-8,-16,-32	S13X100R, S13X100E	100G Universal: transponder, muxponder, uplink, ADM	Full	10G, 40G, and 100G clients: 100 GE/OTU4, 40GE/OTU3, 10GE, OTU2, OC-192/STM-64, CFP4, QSFP28/QSFP+, SFP+ • Low latency, 100G wire speed encryption (AES-256) (S13X100E)
All	11DPM8	8 x ANY Card	Full	8 x SFP clients: OC-3/-12/STM-1/-4, OC-48/STM-16, 10/100 base T, GE 2 x XFP lines: OTU2 (CWDM, DWDM, B&W)
PSS-4, -8, -16	11QPA4B	4 x 10G Transponder	half	4 x 10G SFP+ (OTU2/2e) network ports 4 x 10G SFP+ 10GE client ports
All	8P20	10G Dual 8xAny Muxponder	half	2 x SFP+ lines 8 x SFP clients for 1 GE, OC3/STM1, OC48/STM16
All	S2AD200R, S2AD200H	200G Muxponder	half	1 x 100G QPSK/200G 16QAM line 2 x QSFP28 clients for 100GE, OTU4 Regional "R" and long Haul "H" variants

Note: Support for interface cards and related features depends on the software release. Please refer to release notes and user documentation for additional details. All supported cards may not be shown, modern cards with similar functionality may be shown in place of older cards

References to PSS-16 in this document refer to the PSS-16 version 2 chassis. Please refer to release notes and user documentation for earlier PSS-16 chassis specifications and capabilities..

Packet

Platform	Card ID	Card description	Half, full height	Notes
All	11OPE8	8 x 10G Carrier Ethernet Switching Muxponder	Full	SR OS-enabled for fully managed, end-to-end packet solutions across Nokia Optical and IP/MPLS portfolios
All	11QCE12X	4 x 10G WDM, 12/22 x GE/FE Client Carrier Ethernet Switching Muxponder	Full	SR OS-enabled for fully managed, end-to-end packet solutions across Nokia Optical and IP/MPLS portfolios Extended temperature operation
PSS-8,-16	1CE100/ 1CE100Q 12CE120, 12CE121	Carrier Ethernet Switch Cards 1 x 100GE 1CE100/1CE100Q (QSFP28) 12 x 10GE, ODU2/2e/1e (12CE120) 12 x 10GE (12CE121)	Full	Up to 480 Gb/s switching capacity over a mix of Ethernet and/or OTN interfaces SR OS-enabled for fully managed, end-to-end packet solutions across Nokia Optical and IP/MPLS portfolios
PSS-8,-16	1ETY100	• 100GE QSPF28 extension port for 1CE100Q/1CE120	Half	Provides flexible line packet networking: 100GE B&W NNI 200G DWDM Ethernet rings In-band SyncE and PTP

Security/Encryption

Platform	Card ID	Card description	Half, full height	Notes
----------	---------	------------------	-------------------	-------

All	11QPEN4	4 x 10G Encrypted Transponder	Full	4 x XFP tunable line, 4 x XFP clients AES-256 encryption per line/client
-----	---------	-------------------------------	------	---

Amplifiers

Platform	Card ID	Card description	Half, full height	Notes
PSS-8, -16, -32	RA2P-96	Long Haul – 2 Pump Raman, no mid-stage access	Full	2 pump C band Raman amplifier supporting 96 channels
PSS-16, -32	AAR-8A	Amplifier Array – 8 Amps	Full	Amplifier array for add/drop block amplification in CDC-F configuration One amplifier connects to a single MCS
PSS-16, -32	AAR2X8A, AAR2X8AL (L-band)	Double drop capacity amplifier array	Full	Amplifier array for add/drop block amplification in CDC-F configuration One amplifier connects up to two MCS
PSS-8, -16, -32	ASWG	Switched Gain EDFA Amplifier	Full	Switched gain C band EDFA amplifier
PSS-16, -32	AWBING	Ultra-Wideband EDFA Ingress Amp	2 full slots	Switched gain C+L band EDFA ingress amplifier
PSS-16, -32	AWBEGR	Ultra-Wideband EDFA Egress Amp	2 full slots	SSwitched gain C+L band EDFA egress amplifier
PSS-16, -32	AWBILA	Ultra-Wideband ILA 2	full slots	Switched gain C+L band EDFA ILA amplifier

Note: Support for interface cards and related features depends on the software release. Please refer to release notes and user documentation for additional details. All supported cards may not be shown, modern cards with similar functionality may be shown in place of older cards.

References to PSS-16 in this document refer to the PSS-16 version 2 chassis. Please refer to release notes and user documentation for earlier PSS-16 chassis specifications and capabilities.

Note: Support for interface cards and related features depends on the software release. Please refer to release notes and user documentation for additional details. All supported cards may

Wavelength routing

not be shown, modern cards with similar functionality may be shown in place of older cards.

Platform	Card ID	Card description	Half, full height	Notes
PSS-16, -32	WR20-TFM	1 x 20 Twin Flex WSS, with MPO connectors	2 full slots	Enables 20-degree node configurations. Standard 50 GHz wavelength spacing and Flexgrid with MPO connector Supports up to 8 degree CDC-F node configuration
PSS-16, -32	MCS8-16	Multicast switch 8-degree & 16 port	Full	Multicast switch used in CDC-F add/drop block Supports up to 8 degrees CDC-F node configuration
PSS-16, -32	MSH-FSM	Mesh fiber shuffle for 8-degrees	2U passive module	• Enables WR20TFM based CDC-F architecture with one centralized fiber shelf Supports up to 8 optical degrees
All	OTDR	Optical Time Domain Reflectometry	Full	OTDR is used for fiber characterization and fault locating Enables WR20TFM based CDC-F architecture with one centralized fiber shelf Supports up to 8 optical degrees
All	MONOTDR	OTDR Monitoring	Half	MONOTDR is an external filter to support OTDR function on cards that don't have an embedded OTDR filter

PSS-8,-16,-32	IROADMF	Integrated iROADM Short Span	Full	Single degree for 2D to 4D ROADMs Short-span fixed gain ingress amplifier, suitable for spans of up to ~50 km
PSS-8,-16,-32	IROADMV	Integrated iROADM Long Span	Full	Single degree for 2D to 4D ROADMs Long-span variable gain ingress amplifier, suitable for spans of up to 100 km
PSS-8,-16,-32	WR8-88AF	8-degrees, 96 channels, FlexGrid	2 full slots	WSS card used in ROADM configurations Flexible grid, 96 channels
PSS-16, -32	WR20-TF	Twin 1x20 WSS Flexgrid	2 full slots	Enabling 20-degree node configurations; standard 50 GHz wavelength spacing and Flexgrid support
All	WTOCM-F	Flexgrid OCM card	Half	OCM solution for Flexgrid support. Supports both standard fixed grid & Flexgrid Monitors input signals on all 4 ports via separate optical taps
PSS-8,-16,-32	IROADM9R	1x9 Integrated ROADM card	Full	Integrated ROADM, 1x9 WSS Supports an optical degree per card, including the amplifier and WSS Supports terminal, classic mux/ demux ROADM and C-F ROADM architectures
PSS-8,-32	SFD5	5ch SFD	Half	5ch SFD (DWDM FOADM) for access/metro applications
PSS-8, -16, -32	SFDC8	8ch SFD	Half	8ch SFD (DWDM FOADM) for access/metro applications
PSS-16, -32	IRDM20	Twin 2x20 integrated ROADM card	Full	Integrated ROADM, twin 2x20 WSS Supports an optical degree per card, including amplifier and WSS Ideal for CDC-F applications 96 channel capable Integrated test signal
PSS-16, -32	IRDM32	Twin 2x32 integrated ROADM card	Full	Integrated ROADM, twin 2x32 WSS Supports an optical degree per card, including amplifier and WSS Ideal for CDC-F applications 96 channel capable Integrated test signal
PSS-16, -32	MLFSB	MPO to LC break out fiber shuffle, 1U passive module	1U passive module	High capacity 12-fiber-MPO cable to LC break out Six MPO-LC break out modules in one shelf Enables iROADM20/32 C-F architectures

Other

Platform	Card ID	Card description	Half, full height	Notes
PSS-4, -8, -16, -32	MVAC	Multiple Variable Attenuation Card (8 ports)	Half	Inserts Wavelength Tracker OAM on alien optics transmission
All	OPSA	Optical Protection Switch Card	Half	Provides 1+1 OCh, OMSP or OLP protection over DWDM lines
All	OPSB	Optical Protection Switch Card	Half	Provides 1+1 protection with shelf diversity
All	OPS-Flex	Optical Protection Switch Card	Half	Provides 1+1 OCH protection

PSS-8, -16, -32	OPSB	Multi-port Optical Protection Switch Card	Full	Supports 5 independent client-side OPS modules, with each module supporting the same functionality as the OPSB card
-----------------	------	---	------	---

Carrier Ethernet

Specifications	1830 PSS-4	1830 PSS-8	1830 PSS-16	1830 PSS-32
Layer 2 switching compliant with IEEE 802.1ad PB	✓	✓	✓	✓
MEF services: E-Line, E-LAN, E-Tree, E-Access	✓	✓	✓	✓
IGMPv2 snooping	✓	✓	✓	✓
Sophisticated quality of service (QoS): classification, policing, queuing, scheduling, shaping	✓	✓	✓	✓
Ethernet OAM (IEEE 802.3ah, IEEE 802.1ag, ITU-T Y.1731	✓	✓	✓	✓
IEEE 802.1ax Link Aggregation (LAG)	✓	✓	✓	✓
ITU-T G.8032 (v2) ERP (UNI/NNI)	✓	✓	✓	✓
MPLS-TP	✓	✓	✓	✓

SDN

Capabilities	1830 PSS-4	1830 PSS-8	1830 PSS-16	1830 PSS-32
Controllable via Nokia Network Services Platform (NSP) SDN controller	✓	✓	✓	✓

Note: Support for interface cards and related features depends on the software release. Please refer to release notes and user documentation for additional details. All supported cards may not be shown, modern cards with similar functionality may be shown in place of older cards. References to PSS-16 in this document refer to the PSS-16 version 2 chassis. Please refer to release notes and user documentation for earlier PSS-16 chassis specifications and capabilities.

Synchronization

	1830 PSS-4	1830 PSS-8	1830 PSS-16	1830 PSS-32
Frequency				
G.8262.1 – Clock specifications of eEEEC		✓	✓	
G.8262 – Clock specifications of EEC	✓	✓	✓	✓
G.8264 - ESMC and distribution via packet network	✓	✓	✓	✓
G.781 – Synchronization layer functions	✓	✓	✓	✓
G.8261 – SyncE based network limits	✓	✓	✓	✓
G.703 – BITS interface (2MHz, 2Mbit/s, DS1)	✓	✓	✓	✓

Time/Phase				
G.8273.2 – Timing characteristics of T-BCs and T-TSCs	✓	✓	✓	✓
G.8273 – Framework for packet clock for Time/phase	✓	✓	✓	✓
G.8271 – ToD format and the level of time accuracy	✓	✓	✓	✓
G.8271.1 -Network Limits for FTS Time/ phase synchronization	✓	✓	✓	✓
G.8275.1 - PTP profile for time/phase sync (FTS)	✓	✓	✓	✓
G.703 – 1PPS+ToD, 1PPS(50 ohm)	✓	✓	✓	✓
IEEE Std 1588-2008	✓	✓	✓	✓
G.8273.2 Class B T-BC/T-TSC PTP clock and G.8275.1 FTS Telecom profile	✓	✓	✓	✓

Management

Capabilities	1830 PSS-4	1830 PSS-8	1830 PSS-16	1830 PSS-32
Web GUI & CLI	✓	✓	✓	✓
SNMPv3 (AES-256)	✓	✓	✓	✓
TL1	✓	✓	✓	✓
CFM framework (MD, MEL, MEG, up/down MEP, MIP configuration)	✓	✓	✓	✓
Fault propagation/LPT	✓	✓	✓	✓
Ethernet port for local access	✓	✓	✓	✓
Integrated remote management via GCC/OSC Selectable rates for OSC: 100 Mb/s, 155 Mb/s	✓	✓	✓	✓
Network Services Platform (NSP) Network Functions Manager for Transport (NFM-T)	✓	✓	✓	✓
YANG 1.0	✓	✓	✓	✓
NETCONF	✓	✓	✓	✓

Note: References to PSS-16 in this document refer to the PSS-16 version 2 chassis. Please refer to release notes and user documentation for earlier PSS-16 chassis specifications and capabilities.

Certifications

Certifications	1830 PSS-4	1830 PSS-8	1830 PSS-16	1830 PSS-32
MEF CE 2.0	✓	✓	✓	✓

Brocade SAN and security

✓

✓

✓

✓

EMC SAN and security

✓

✓

✓

✓

Regulatory and standards compliance

ANSI

Specifications	1830 PSS-4	1830 PSS-8	1830 PSS-16	1830 PSS-32
EMC level: Class A	✓	✓	✓	✓
ICES-003, Issue 4, February 2004, Class A (Canada)				
Telcordia GR-1089-CORE, Issue 6, May 2011 (NEBS Level 3)				
Telcordia Special Report SR-3580, Issue 3, January 2007				
FCC 47 CFR15, Class A Part B (2006)				
Supported countries	✓	✓	✓	✓
Canada				
United States				
Safety	✓	✓	✓	✓
UL/CSA 60950 - 1				
Telcordia GR-1089-CORE, Issue 6				
Telcordia GR-63-CORE (NEBS Requirements: Physical Protection)				
FDA 21 CFR 1040, Laser Notice No. 50 to CDRH				
ITU-T G.664 (2006) - G.783 (ALS/APR)				
Environmental	✓	✓	✓	✓
Telcordia GR-63-CORE, Issue 4				
Telcordia GR-3108-CORE (Equipment, Class 2) (-40C~+65C)				
Power and grounding	✓	✓	✓	✓
Telcordia GR-1089-CORE, Issue 6, section 10 (DC)				
ANSI T1-315 [DC module] (PSI)				
Acoustic noise	✓	✓	✓	✓
• Telcordia GR-63-CORE				
(78 dB at 27C ambient temperature)				
• Telcordia GR-3108-CORE (acoustic refers to GR-63)				
Miscellaneous	✓	✓	✓	✓
• Mechanical Shock & Bumps				
– Telcordia GR-63 Zone-4 (earthquake)				
– YD-5083				
• Country-specific requirements:				
– AS/NZS 60950.1:2003: Information technology equipment -				
Safety - General requirements				

Note: References to PSS-16 in this document refer to the PSS-16 version 2 chassis. Please refer to release notes and user documentation for earlier PSS-16 chassis specifications and capabilities.

ETSI

Specifications	1830 PSS-4	1830 PSS-8	1830 PSS-16	1830 PSS-32
----------------	------------	------------	-------------	-------------

EMC level: Class A	✓	✓	✓	✓
EN 300 386 v1.6.1 (2012-4) (CE)				
CISPR 32 – (2008) Class A (1G ~ 6 GHz)				
CISPR 24 – First edition (1997-09), Amendment 1 (2001-07) and Amendment 2 (2002-10)				
EN 55032: Ed2006 + A1:2007: Class A (Class B is objective)				
EN 55024:1998 – CENELEC Amendment A1:2001 and Amendment A2:2003				
VCCI V-3/2006.04 (Japan)				
EU Directive 2014/30/EU				
EC Directive 93/465/EEC				
ES 201468 (1.3.1), ITC (Class A)				
Supported countries	✓	✓	✓	✓
Europe				
Latin America				
Asia Pacific				
Middle East and Africa				
Safety	✓	✓	✓	✓
IEC 60950-1:2005 (2nd Edition); Am 1:2009				
EN 60950-1-1:2006 + A11:2009				
EN 60825-1, Edition 2.0, 2007-03				
EN 60825-2, Third Edition, 2010-09				
Environmental	✓	✓	✓	✓
EN 300 019-1-1 (Storage, Class 1.2)				
EN 300 019-1-2 (Transportation, Class 2.3)				
EN 300 019-1-3 (Operational, Class 3.2) - 5C~+45C				
EU WEEE directive 2002/96/EC				
EU RoHS6: RoHS2.0 Directive 2011/65 EC				
China RoHS regulation				
Power and grounding	✓	✓	✓	✓
ETS 300 132-2 (DC)				
ETS 300 132-1 (AC)				
Acoustic noise	✓	✓	✓	
EN 300 753, Environmental Class 3.2				
YDT 1816-2008				
Miscellaneous	✓	✓	✓	✓
• Mechanical Shock & Bumps				
– Telcordia GR-63 Zone-4 (earthquake)				
– YD-5083				
• Country-specific requirements:				
– AS/NZS 60950.1:2003: Information technology equipment - Safety - General requirements				

Note: References to PSS-16 in this document refer to the PSS-16 version 2 chassis. Please refer to release notes and user documentation for earlier PSS-16 chassis specifications and capabilities.

Specifications	1830 PSS-4	1830 PSS-8	1830 PSS-16	1830 PSS-32
Railway		✓		
EN 50121-4: Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 4				
IEC 62236-4 (2008-12): Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 4				
Power substation		✓		
IEEE 1613				
IEC 61850-3: Communication networks and systems in substations – Part 3				
IEC 61000-6-5 (2001-7,HV): Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-5				

About Nokia

We create the technology to connect the world. Powered by the research and innovation of Nokia Bell Labs, we serve communications service providers, governments, large enterprises and consumers, with the industry's most complete, end-to-end portfolio of products, services and licensing.

From the enabling infrastructure for 5G and the Internet of Things, to emerging applications in digital health, we are shaping the future of technology to transform the human experience. networks.nokia.com

Nokia is a registered trademark of Nokia Corporation. Other product and company names mentioned herein may be trademarks or trade names of their respective owners.

© 2020 Nokia

Nokia Oyj
Karaportti 3
FI-02610 Espoo, Finland
Tel. +358 (0) 10 44 88 000

Document code: SR2001040977EN (March) CID 194066

[17]

Bibliographiques/webographie

- [1] : Pierse Lecoy ; Télécommunication sur fibre optique, Lavoisier 2009.
- [2] : Jeon Michel mw , les fibres optiques : notions fondamentales (câbles connectique , protocole , réseaux ...) ; emi / Epsilon
- [3] : <https://www.editions-eni.fr/livre/les-reseaux-en-fibres-optiques-notions-fondamentales-4e-edition-9782409044489/multiplexage-en-longueurs-d-onde>
- [4] : <https://www.fibermall.com/fr/blog/types-of-wavelength-division-multiplexing-0000wdm.htm>
- [5] : https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.692-199810-I!!PDF-F&type=items
- [6] : https://theses.hal.science/tel-01444701v1/file/PRADES_JEREMIE_2016.pdf
- [7] : <https://fr.fiber-optical-transceivers.com/info/what-is-the-main-function-of-the-wdm-transpond-79197949.html>
- [8] : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/telecommunications-technologies-optiques/3-l-amplification-optique-et-le-multiplexage-en-longueur-d-onde/magnetism.org/fr/amplificateurs-optique>
- [9] : <https://fr.fibresplitter.com/info/things-you-should-know-about-filter-wdm-38208776.html>
- [10] : <https://www.fftelecoms.org/etudes-et-publications/livre-blanc-sur-lamelioration-du-raccordement-en-fibre-optique>
- [11] : https://www.cisco.com/c/fr_ca/support/docs/smb/switches/cisco-350x-series-stackable-managed-switches/smb5237-chain-and-ring-topologies-on-the-sg550xg-and-sg350xg-switches.html
- [12] : https://sti2d.ecolelamache.org/ii_rseaux_informatiques___7_topologie_des_rseaux.html

[13] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Multiplexage_en_longueur_d%27onde.

[14] : https://www.cablescom.com/wpcontent/uploads/sites/3/2015/11/SM09_G652D_f.pdf

[15] : Fares.A, Saouchi.K, Brik.F and Djellab.H, "Analysis of the performance of a coherent SAC-OCDMA–OFDM–DWDM system using a flat optical frequency comb generator for multiservice networks", *Opt Quant Electron* , 54, 547 (2022), <https://doi.org/10.1007/s11082-022-03966-4>

[16] : F.Brik, F.Benmeddour and A. Fares, "Study and performance optimization of an integrated Mach-Zehnder modulator for optical telecommunications", The 1st International Conference of advanced Technology in Electronic and Electrical Engineering (ICATEEE), 26 and 27th November (2022), M'sila, Algeria. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10093748>

[17] : <https://fr.scribd.com/document/462207598/DT-Nokia-1830-PSS-32> « manuel d'Algérie télécom »

