REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET

DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES

Toujours plus proche

Faculté de Technologie

Département Ingénierie des Systèmes Electriques

Mémoire de Master

Présenté par

Mr Zineddine LAHBIB

Mr Riad TAFAT BOUZID

Mme Zahra CHEBOUB

Filière : Electronique

Spécialité: Electronique des **S**ystèmes **E**mbarqués

Implémentation d'un Service DCN par une Plateforme du Réseau de Transport FIBERHOME National DWDM

Soutenu le 07/ 07 /2022 devant le jury composé de :

MECHID	Samira	MAA	Université de Boumerdès	Président
BELKACEM	Samia	MCA	Université de Boumerdès	Rapporteur
MOUMEN	Radia	Ing	Algérie Télécom	Co Rapporteur
NEKAA	Messaouda	MCB	Université de Boumerdès	Examinateur

2021 /2022

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la Volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir Le jour sans l'aide et l'encadrement de Dr Samia BELKACEM Maître de Conférences [A] à la faculté de technologie M'HAMED BOUGARA BOUMERDES, nous la remercions pour la qualité de son encadrement Exceptionnel, pour sa patience, Sa rigueur et sa disponibilité durant notre Préparation de ce mémoire, ainsi notre chère encadrante madame MOUMEN Radia Ingénieur au centre de supervision d'Algérie télécom pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragements, et à toute l'équipe de la société ALGERIE TELECOM pour leur soutien.

Nous tenons à remercier aussi les membres du jury pour l'honneur d'avoir voulu examiner et évaluer ce travail, à la présidente du jury Madame MECHID Samira et à l'examinatrice madame NEKAA Messaouda.

Nous remercions aussi tous les enseignants qui ont contribué à notre formation , ceux du département génie électrique et spécialement ceux de l'ESE ainsi que notre chef de département Ingénierie des systèmes électriques Monsieur Noureddine MESSAOUDI pour sa générosité et la grande patience dont il a su faire preuve malgré sa charge académique et professionnelle.

Dédicaces

On dédie ce travail à nos chers parents qui nous donnent encore la force pour surmonter de tels épreuves, que Dieu vous garde tous en bonne santé et vous récompense pour vos efforts.

À nos frères et sœurs.

À monsieur le directeur d'Algérie Télécom Monsieur LOUBAR Moussa.

À nos collègues de group ESE et notre club scientifique ELECTRO.

Et enfin à tous ceux qui nous portent dans leurs cœurs.

ملخص

على الرغم من موثوقية شبكات النقل ، فإن الحاجة إلى شبكة إشراف ضرورية لضمان توافر أفضل لخدمات مشغل الاتصالات. والهدف من هذه الرسالة هو ترحيل شبكة DCN باستخدام شبكة Metro IP / Backbone الجديدة ، هذا الأخير على عكس القديم متشابك جيدًا ويتم نشره على الأراضي الوطنية. بعد تنفيذ طوبولوجيا شبكة النقل DWDM الخاصة بنا والتي سيتم التحكم فيها والإشراف عليها من خلال برنامج FIBREHOME "UNM 2000". تم إجراء عمليات محاكاة الحل الخاص بنا للجزء الأساسي باستخدام برنامج eNSP. من النتائج ، تم تنفيذ الاتصال بنجاح ويعتبر التكرار عامل مهم جدا في طوبولوجيا الشبكة لأنها تعكس الصلابة والتوافر والأمان.

كلمات مفتاحية: شبكات النقل ، شبكة DCN ، شبكة مترو IP / شبكة العمود الفقري ، شبكة نقل DWDM، FIBER HOME، UNM2000، eNSP ،

Résumé

Malgré la fiabilité des réseaux de transmission, la nécessité d'un réseau de supervision est primordiale afin d'assurer une meilleure disponibilité des services d'un opérateur de télécommunication. L'objectif de ce mémoire de fin d'études est de migrer le réseau DCN en utilisant le nouveau réseau Metro IP/ Backbone, ce dernier contrairement à l'ancien est bien maillé et déployé sur le territoire national. Par suite nous allons créer notre topologie de réseaux de transport DWDM qui va être contrôlé et supervisé à travers le logiciel de FIBREHOME « UNM 2000 ». Les simulations de notre solution de la partie backbone ont été réalisées à l'aide du logiciel eNSP. A partir des résultats, la connectivité a été effectuée avec succès et la redondance est un paramètre très important dans les topologies réseaux elle reflète solidité, disponibilité et la sécurité.

Mots clés: réseaux de transmission, réseau DCN, réseau métro IP/backbone, Réseau de transport DWDM, FIBRE HOME, UNM2000, eNSP

Abstract

Despite the reliability of transmission networks, the need for a supervision network is essential in order to ensure better availability of the services of a telecommunications operator. The objective of This dissertation is to migrate the network DCN using the new Metro IP/ Backbone network, the latter unlike the old one is well meshed and deployed on the national territory. Following the implementation of our DWDM transport network topology which will be controlled and supervised through the software of FIBREHOME "UNM 2000". The simulations of our solution of the backbone part were carried out using the eNSP software. From the results, the connectivity was carried out successfully and the redundancy is a very important parameter in the network topologies it reflects solidity, availability and security.

Key words: transmission networks, DCN network, IP metro/backbone network, DWDM transport network, FIBER HOME, UNM2000, eNSP,

Liste des abréviations

ADSL: Asymetrical Data Suscriber Line/ Ligne d'abonné data asymétrique.

AT: Algérie Telecom.

ATM : Asynchronous Transfer Mode / Mode de Transfert Asynchrone.

BTS: Base transceiver station/ Station de base de l'émetteur-récepteur.

CPU: Central Processing Unit / Unité centrale de traitement.

CWDM : Coarse Wavelength Division Multiplexing / Multiplexage Grossière en longueur d'onde.

DCN: Data Collection Network / Réseau de collecte de données.

DEMUX : Demultiplexer / Démultiplexeur.

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol / Protocole de configuration d'hôte dynamique.

DNS: Domain Name System / Système de noms de domaines.

DWDM : Dense Wavelength Division Multiplexing / Multiplexage Dense en longueur d'onde.

EDFA : Erbium Doped Fiber Amplifier / Amplificateur à Fibre Dopée Erbium.

ENMSR: Etablissement national maintenance supervision réseaux.

FTP: File Transfer Protocol / Protocole de transfer de fichier.

GNE: Gateway network element / Élément de réseau passerelle.

ID: Identifier / Identifiant.

IETF: Internet Engineering Task Force / Groupe de travail sur l'ingénierie Internet.

IP : Protocole Internet /Internet Protocol.

MAC: Media Access control / Contrôle d'accès au support.

MIB: Management Information Base/ Base d'informations de gestion.

MMS: Multimedia Messaging Service / Service de messagerie multimédia.

MSAN: Multi-Service Access Node / Nœud d'accès multiservice.

MUX : Multiplexer / Multiplexeur.

NE: Network element/ Élément de réseau.

NTP: Network Time Protocol / Protocole de temps réseau.

OAM: Operation Administration and Maintenance / Exploitation Administration et Maintenance.

OEO : Optique-Électro-Optique.

OID: Objet Identifier.

OLA : Optical Line Amplifier / Amplificateur de ligne optique.

OMC: Operation and Maintenance Centre / Centre d'exploitation et de maintenance.

OPEX: Operating expenses / Dépenses d'exploitation.

OSI: Open system Interconnections / Interconnexions en système ouvert.

OSNR: Optical Signal-to-Noise Ratio / Rapport Signal sur Bruit Optique.

OSPF: Open Short Path First/ Ouvrir le chemin court en premier.

PDU: Protocol Data Unit / Unité de données de protocole.

PRA: Disaster Recovery Planning / Plan de Reprise d'activité.

PRC: Business Continuity Planning/Plan de Continuité d'Activité.

RFC: Request For Commets / Demande de commentaires.

RIP: Routing Information Protocol / Protocole d'informations de routage.

SAN : Storage Area Network / Réseau de Zones de Mémorisation.

SDH : Synchrone Digital Hierarchy / Hiérarchie Numérique Synchrone.

SNMP: Simple Network Management Protocol / Protocole de gestion de réseau simple.

SPA: Société Par Actions.

TCP: Transfert Control Protocol / Protocole de contrôle des transferts.

TIC : Technologie de l'information et de communication.

UDP: User Data Protocol / Protocole de données utilisateur.

UIT : L'Union Internationale des Télécommunications.

UWDM : Ultra Wavelength Division Multiplexing / Multiplexage par répartition en longueur d'onde ultra.

VoLTE: Voice over Long Term Evolution / Évolution à long terme de la voix off.

VLAN: Virtual Local Area Network / Réseau local virtuel.

WDM : Wavelength Division Multiplexing / Multiplexeur en longueur d'onde.

WLL: Wireless Local Loop / Boucle locale sans fil.

XWDM : Standard Wavelength Division Multiplexing / Multiplexage par répartition en longueur d'onde standard.

ITU-T G694.2 : Norme d'Union Internationale des Télécommunications

Table des matières

Remerciements i
Dédicaces ii
ملخص iii
Résumé iii
Abstract iii
Liste des abréviations iv
Table des matières vii
Liste des figures xi
Liste des tableaux xiii
Chapitre 1 : Généralités sur la solution DCN 3
1. Introduction 3
2. Algérie télécom 3
2.1. Historique de l'avancement technologique 4
2.2. Missions 5
2.3. L'organigramme général d'Algérie Télécom 6
3. Le réseau de collecte de données (DCN) 10
3.1. Configuration du DCN 11
3.1.1. Identifier des éléments du réseau 11
3.1.2. Network Element Internet Protocol 11
4. Les paramètres de supervision de Réseau de Collecte de Données 12
5. Scénario d'utilisation du Réseau de Collecte de Données 12
6. Réseau de Collecte de Données Protocole Internet 13
6.1. Plan pour l'expansion 13
6.2. Stabilité 13
6.3. Routage efficace et rapide 13
6.4. Minimiser les frais généraux 14
6.5. Peu d'entretien 14
7. Les services de Réseau de Collecte de Données 14
8. Système de Gestion de Réseau 15

9. Le Protocole de Gestion de Réseau Simple 15
9.1. Définition 15
9.2. Objectifs 16
9.3. Principe 16
9.4. Les éléments actifs 17
9.5. Les différentes versions du Protocole de gestionnaire de réseau simple 17
9.6. Fonctionnement 19
9.6.1. Les agents 19
9.6.2. Les systèmes de management de réseaux 19
9.6.3. La Management Information Base 19
9.6.4. Les requêtes Protocole de gestion de réseau simple 20
9.7. Les Avantages et les inconvénients du protocole de gestion de réseau simple 22
9.7.1. Avantages 22
9.7.2. Inconvénients 22
10. Conclusion 22
Chapitre 02 : Equipements et protocoles réseaux 24
1. Introduction 24
2. Equipements réseau 24
2.1. Commutateur (Switch) 24
2.1.1. Types de commutateurs réseaux 25
2.1.2. Commutateur couche 2 et couche 3 25
2.2. Réseau local virtuel 26
2.2.1. Définition 26
2.2.2. Principe de fonctionnement 26
2.3. Passerelle (Gateway) 27
2.3.1 Comment fonctionne une passerelle? 27
2.4. Routeur 28
2.4.1. Le routage 29
2.4.2. Méthodes de routage 29
3. Le protocole Ouvrir le chemin court en premier 30
3.1. Etapes d'application du protocole Ouvrir le chemin court en premier 31
3.2. Conditions de voisinage 31

4. Équipement transmission 32
4.1. La fibre optique 32
4.1.1. Structure et fonctionnement de la fibre optique 33
4.1.2. Les types de fibre optique 33
4.1.2.1. Fibre optique monomode 34
4.1.2.2. Fibre optique multimode 35
4.1.2.3. La différence entre (monomode/ multimode) 36
4.2. Fonctionnement général de Multiplexage par répartition en longueur d'onde 36
4.2.1. Les éléments principaux de Multiplexage par répartition en longueur d'onde 37
4.2.1.1. Le multiplexeur et le démultiplexeur 38
4.2.1.2. Transpondeur 41
4.2.2. Types de Multiplexage par répartition en longueur d'onde 42
4.2.2.1. Multiplexage par répartition en longueur d'onde grossière 42
4.2.2.2. Multiplexage par répartition en longueur d'onde dense 43
5. Conclusion 51
Chapitre 3 : Étude de conception de la solution 52
1. Introduction 52
2. Etat des lieux 52
3. Les problèmes constatés 53
4. Objectif 53
5. Description de la solution 54
6. Représentation de la solution 56
6.1. .Création d'un domaine logique 56
6.2. Création des Éléments de réseau 57
7. Conclusion 59
Chapitre 4 : Implémentation de la solution proposée 60
1. Introduction 60
2. Présentation du logiciel 60
3. Les avantages du logiciel 61
4. L'utilisation du logiciel offre quatre avantages clés 61
4.1. Acquisition de connaissances accélérées 61
4.2. Comportement optimisé du réseau 61

4.3. Évaluer la cyber-résilience 62
4.4. Test des applications et des services 62
5. Barre d'outils 63
6. Solution proposée 63
7. Eléments réseau utilisés 63
8. Etape de la configuration 64
9. Interprétations des résultats 67
10. Conclusion et perspectives 70
Conclusion Générale 71
Bibliographie 72
Webographie 74

Liste des figures

Chapitre 1

Figure 1. 1: Les offres d'Algérie Télécom. 4
Figure 1. 2 : Organigramme d'Algérie Télécom. 6
Figure 1. 3 : Schéma de ENMSR. 8
Figure 1. 4: Photo ENMSR. 9
Figure 1. 5: Le DCN connecte les NE au système de gestion. 10
Figure 1. 6: Le DCN externe et interne. 12
Figure 1. 7 : Les services DCN. 15
Figure 1. 8: Architecture SNMP. 17
Figure 1. 9: Eléments de base du protocole SNMP. 20
Figure 1. 10: Les échanges entre le manager et l'agent SNMP. 21

Chapitre 2

Figure 2. 1 : Schéma représentatif de communication entre 3 hôtes étant dans 3 sous réseaux différents. 27
Figure 2. 2: Schéma représentatif du fonctionnement du protocole OSPF. 30
Figure 2. 3: Schéma représentatif du test de voisinage. 32
Figure 2. 4: Câble de fibres optiques. 32
Figure 2. 5: Structure d'une fibre optique. 33
Figure 2. 6: Trajet du signale dans une fibre monomode 34
Figure 2. 7: Les diamètres du cœur et de la gaine d'une fibre monomode. 34
Figure 2. 8: Trajet des rayons dans une fibre optique multimode. 35
Figure 2. 9: Les diamètres du cœur et de la gaine d'une fibre monomode. 35
Figure 2. 10: La différence entre le monomode et le multimode. 36
Figure 2. 11: Le multiplexage en longueur d'onde (WDM) coloré 37
Figure 2. 12: Courbe de La Répartition en longueur d'onde sur une même fibre optique. 38
Figure 2. 13: Dispersion Courbe d'atténuation de la silice vs les fenêtres de transmission. 39
Figure 2. 14: Courbe d'atténuation de la silice vs les bandes de transmission WDM. 41
Figure 2. 15: Le Transpondeur. 41
Figure 2. 16: Canaux CWDM. 43
Figure 2. 17: structure et spectre optique d'un système DWDM. 44
Figure 2. 18: L'utilisation de fibre noire par les Data Centers. 45
Figure 2. 19: CWDM et DWDM 45
Figure 2. 20: Courbe de la dispersion chromatique. 49
Figure 2. 21: Défauts DWDM 51

Chapitre 3

Figure 3. 1: Réseau DCN actuel. 52
Figure 3. 2 : Les nœuds de convergence de transmission. 54
Figure 3. 3 : Topologie actuelle. 54
Figure 3. 4: Topologie de transition. 55
Figure 3. 5: Topologie cible. 55
Figure 3. 6 : Le réseau de transport. 56
Figure 3. 7: Création de domaine logique. 57
Figure 3. 8: Création des éléments NE. 57
Figure 3. 9 : Ajouter Les Cares des NE. 58
Figure 3. 10 : Liaison des éléments NE. 59

Chapitre 4

Figure 4. 1: Interface utilisateur d'eNSP. 62
Figure 4. 2 : La Barre d'outils d'eNSP. 63
Figure 4. 3 : Le routeur HUAWEI AR201 63
Figure 4. 4 : Le Switch S3700 64
Figure 4. 5 : La topologie de Réseau transport dans eNSP. 64
Figure 4. 6 : La configuration de GNE Alger. 65
Figure 4. 7: La configuration de GNE Oran. 66
Figure 4. 8 : : La configuration de Serveur Alger. 66
Figure 4. 9: La configuration de Server Oran. 67
Figure 4. 10 : Test de Ping du GNE Alger vers le serveur Alger. 68
Figure 4. 11 : Test de Ping du GNE Oran vers le serveur Oran. 68
Figure 4. 12 : Test de Ping du GNE Alger vers le serveur Oran. 69
Figure 4. 13: Test de Ping du Server Oran vers le GNE Alger. 69
Figure 4. 14 : Table de voisinage de PE1. 70

Liste des tableaux

Chapitre 1

Tableau 1. 1: La légende des codes 7

Chapitre 2

Tableau 2. 1 : Comparaison entre (monomode / multimode). 36
Tableau 2. 2 : Fenêtres de transmission des fibres de silice. 39
Tableau 2. 3 : Les différents types de WDM. 42

Chapitre 3

Tableau 3. 1 : Les adresses IP des éléments NE. 56

Chapitre 4

Tableau 4. 1 : La Configuration des interfaces et les adressages 65
Tableau 4. 2 : La Configuration Switch. 67

Introduction générale

De jour en jour, la télécommunication joue un grand rôle à l'échelle mondiale et ne cesse d'évoluer en fonction de la demande sur les medias et les moyens de télécommunication, pour subvenir aux besoins du client et du consommateur.

Ce dynamisme a poussé la technologie de télécommunication à se développer d'une façon considérable pour se combiner et réunir l'ensemble nécessaire à l'industrie de la télécommunication. L'outil le plus important qui a donné naissance à ces réalisations historiques c'est bien le réseau de transmission, avec ses diverses solutions de transport d'information (voix, vidéo,...). Ce dernier est une façon fiable et efficace de relier un émetteur et un récepteur quelle que soit la distance qui sépare l'un de l'autre. (M.KHALEM, 2012)

Le rôle de la supervision et son importance prennent une grande place dans le cœur des entreprises. Cela exige un outil de surveillance de réseau. Ce dernier doit réaliser l'objectif principal de la supervision comme il doit être performant et complet. (N.NOUAR, 2014)

Afin de satisfaire les exigences de ses clients, Algérie Télécom se doit de garantir la meilleure qualité de service possible. Il devient donc primordial pour celui-ci d'optimiser le temps de gestion des ressources de son réseau fibre optique implémentant la technologie DWDM. Du coup tous les opérateurs se trouvent dans l'exigence de répondre aux besoins des clients, Algérie Télécom est le seul opérateur qui suit cette demande, cherche à améliorer ses réseaux de transmission, dans cette logique que s'inscrit notre projet de fin d'études qui est effectué dans le centre de transmission. La technologie DWDM a répondu aux besoins du monde de la transmission télécom et a optimisé le temps de gestion des ressources de son réseau fibre optique ainsi pour garantir une meilleure qualité de service. C'est la technologie future des réseaux de fibres optiques. (S. SAAD, 2020)

Le but de notre travail est d'étudier le DCN et de trouver des solutions pour bien assurer la fiabilité de la supervision du réseau de transmission.

Dans ce mémoire, nous avons parlé en détail du réseau de collecte de données, et ceci dans quatre chapitres intéressants.

- Dans le premier chapitre, nous parlerons brièvement d'Algérie Télécom et de l'expérience que nous y avons vécue, nous parlerons également du réseau de collecte de données et du protocole de gestion du réseau.
- Nous parlerons également dans le deuxième chapitre des équipements réseaux ainsi que des équipements de transmission.
- Dans le chapitre pratique, nous parlerons des problèmes dont souffre le réseau de communication et des solutions auxquelles nous sommes parvenus.
- Dans le dernier chapitre, définir le programme eNSP, réaliser la topologie, introduire le code et obtenir les résultats du ping.

Chapitre 1 : Généralités sur la solution DCN

1. Introduction

Dans ce premier chapitre nous commencerons par la présentation de l'entreprise qui nous a accueillis pendant notre stage "Algérie Telecom", nous expliquerons ensuite le sujet de notre projet fin d'études qu'est le DCN, de son principe de fonctionnement et de son rôle dans le domaine de la communication.

2. Algérie télécom

Algérie Télécom (AT), est une société par actions au capital sociale opérant sur le marché des réseaux et services de télécommunications. Sa naissance a été consacrée par la loi 2000/03 du 5 août 2000, relative á la restructuration du secteur des Postes et télécommunications, qui sépare notamment les activités Postales de celles des télécommunications.

Algérie Télécom est donc régie par la loi qui lui confère le statut d'une entreprise publique économique sous la forme juridique d'une Société Par Actions (SPA). Entrée officiellement en activité à partir du 1er janvier 2003, elle s'engage dans le monde des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) avec trois objectifs :(S.MOUSSAOUI, 2015)

• Rentabilité ;

• Efficacité ;

• Qualité de service.

Algérie télécom met à la disposition de ses clients une panoplie d'offres dont :(Y. MAZOUZI, 2015)

- Le marché de la téléphonie (fixe, mobile, sans fil WLL)
- Le marché des services connexes de télécommunication (transmission des données par câbles ou satellite, internet

Figure 1. 1: Les offres d'Algérie Télécom.

2.1. Historique de l'avancement technologique

L'historique de l'avancement technologique est résumé comme suit :

- Le 30 mars 2014, Algérie Télécom lance sa nouvelle gamme d'offres internet, baptisée « Idoom ADSL », avec des débits allant de 1 à 8 Mbit/s.
- Le 28 mai 2014, Algérie Télécom propose la téléphonie fixe en illimité à travers sa nouvelle gamme d'offres, « Idoom Fixe ».
- Le 8 septembre 2014, Algérie Télécom lance la 4G en mode fixe à ses clients résidentiels.
- Le 20 avril 2015, Algérie Télécom procède au lancement du premier service Wi-Fi Outdoor en Algérie, baptisé « WiCi », une solution innovante qui permet de couvrir de larges zones urbaines avec du haut débit sans fil.
- Le 25 avril 2016, Algérie Télécom lance sa nouvelle offre ADSL illimité avec un débit allant jusqu'à 20 Mbit/s.
- Le 31 juillet 2016, Algérie Télécom annonce la commercialisation du 1er service VoLTE en Algérie.
- En 2017, Algérie Télécom devient une filiale du groupe Télécom Algérie, groupe chargé de piloter Algérie Télécom, Mobilis et Algérie Télécom Satellite.

- Le 6 juin 2018, son monopole sur la fourniture d'accès à internet prend fin avec l'ouverture à la concurrence de la boucle locale.
- Le 21 novembre 2019, Algérie Télécom lance l'application « E-Paiement espace client », pour le rechargement des comptes Idoom et le paiement des factures téléphoniques. Documente Interne AT

2.2. Missions

L'activité principale d'Algérie Télécom est de : (F.BENDJELLOUL, 2013)

- Fournir des services de télécommunication permettant le transport et l'échange de la voix, de messages écrits, de données numériques et d'informations audiovisuelles.
- Développer, exploiter et gérer les réseaux publics et privés de télécommunications.
- Etablir, exploiter et gérer les interconnexions avec tous les opérateurs des réseaux.

2.3. L'organigramme général d'Algérie Télécom

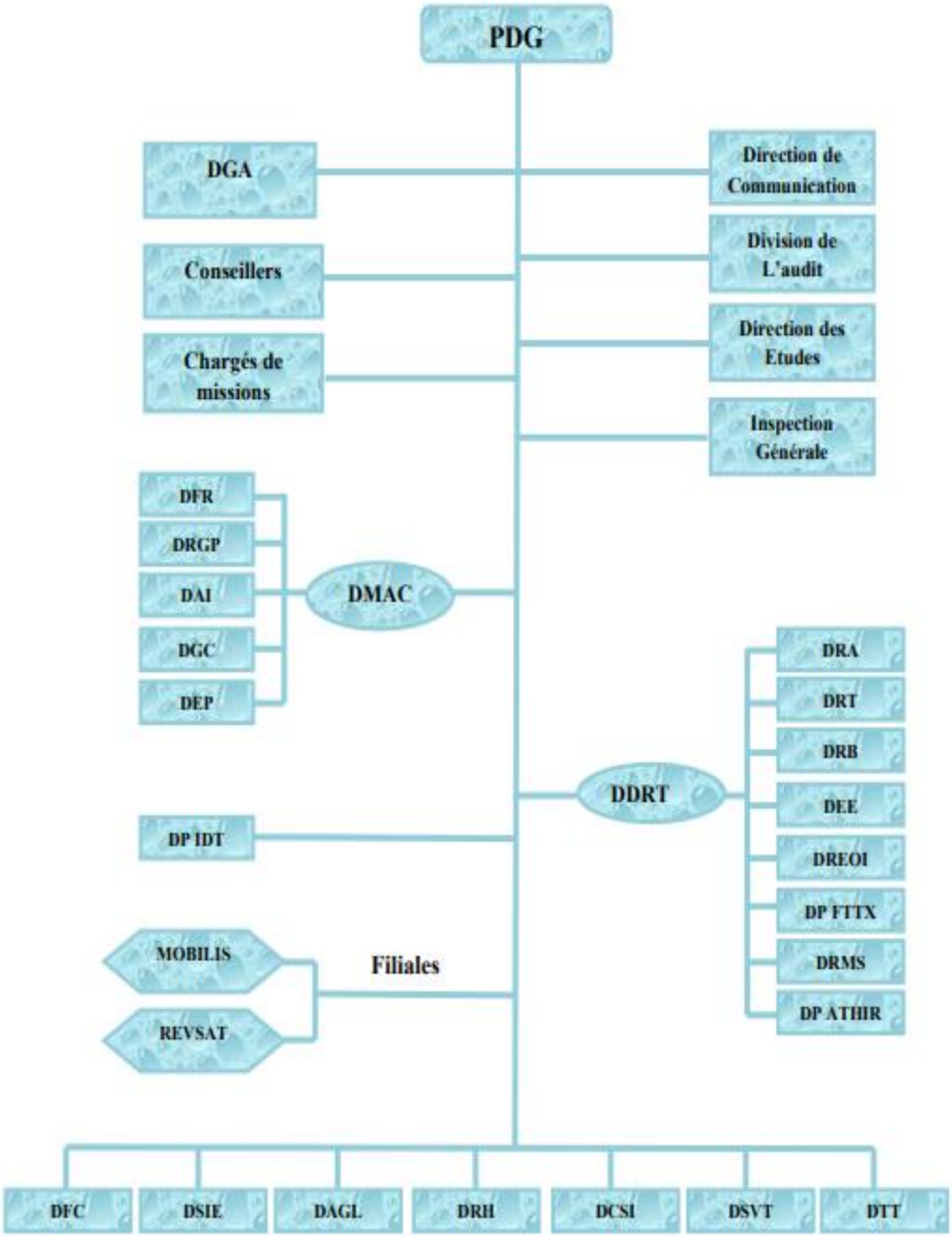

Figure 1. 2 : Organigramme d'Algérie Télécom.

Tableau 1. 1: La légende des codes .

Code	Désignation
PDG	Président Directeur Général
DAGL	Direction d'Approvisionnement et Gestion de la Logistique
DAI	Direction des Affaires Internationale
DCSI	Direction Centrale de la Sécurité Interne
DDRT	Division Développement Réseaux des Télécommunications
DEE	Direction Energie et Environnement
DEP	Direction Etudes et Programmes
DFC	Direction Finance et Comptabilité
DFR	Direction Facturation et Recouvrement
DGA	Directeur Générale Adjoint
DGC	Direction des Grands Comptes
DMAC	Division Marketing et Action Commercial
DP ATHIR	Direction Projet ATHIR
DP FTTX	Direction Projet FTTX (Fiber To The x)
DP IDT	Direction Projet IDT (informatisation des télécoms)
DRA	Direction Réseau d'Accès
DRB	Direction Réseau de Base
DREOI	Direction Réseau Entreprise et Offres Intégrées
DRGP	Direction Relation Grand Publique
DRH	Direction des Ressource Humains
DRMS	Direction Réseau Multi Service
DRT	Direction Réseau Transport
DSEI	Direction Systèmes et Equipements Informatique
DSVT	Direction Stratégie et Veille Technologique
DTT	Direction Territorial des Télécoms
MOBILIS	Algérie Télécom Mobile, Filiale du groupe Algérie Télécom
REVSAT	Algérie Télécom Satellite (ATS), Filiale du groupe Algérie Télécom

Notre stage a été fait au sein de l'établissement national de supervision et de maintenance des réseaux télécoms ENMSR localisé à Benaknoun, plus précisément dans les deux départements de supervision réseau de transport et supervision réseau Backbone IP organisé comme suit :

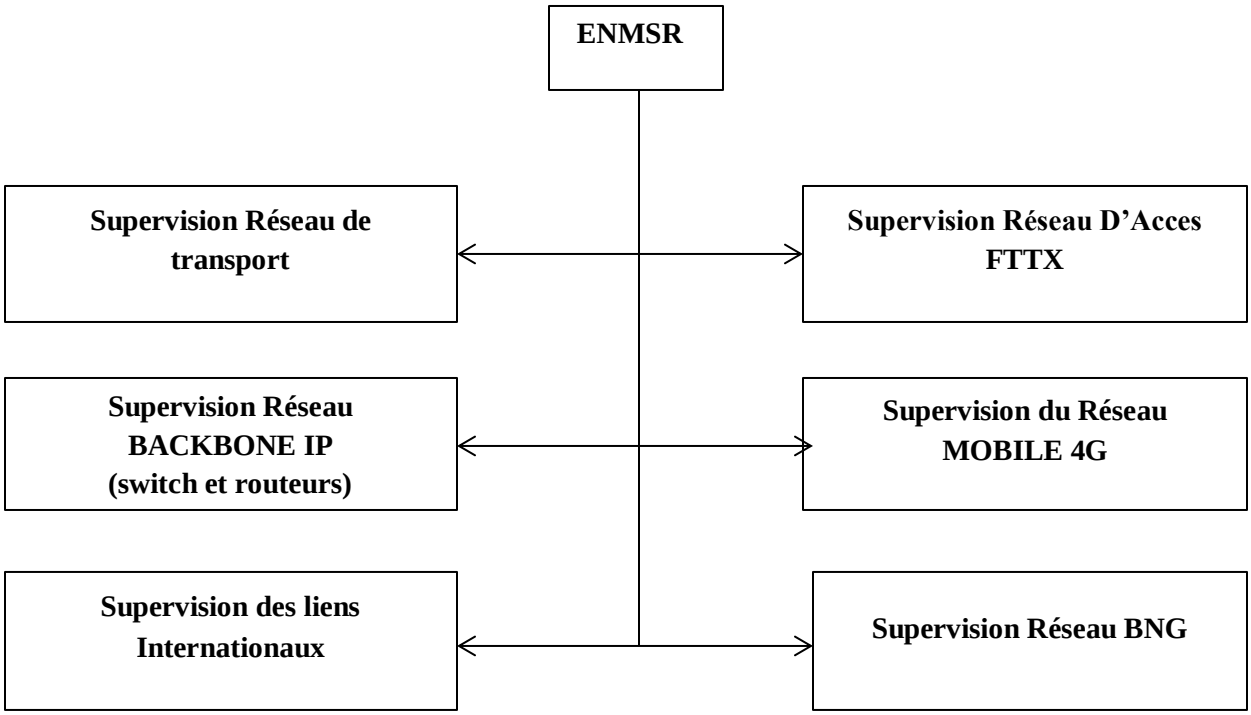

Figure 1. 3 : Schéma de ENMSR.

Le backbone est le centre névralgique d'un réseau haut débit, a la fibre optique comme standard. Relié aux réseaux de collecte des réseaux mobiles 2G, 3G, 4G, 5G et des opérateurs fix et fttx et transporte le flux de données entre les différents réseaux.

La supervision Backbone IP consiste à surveiller et détecter toutes sortes de pannes sur les plateformes des boucles métro switch et routeurs qui offrent comme service principale les VPN couche 2 et 3.

La supervision Réseau de transport consiste à surveiller et assurer le bon fonctionnement des équipements de transmissions qui sont classés dans la couche 2 du modèle OSI, nous allons par la suite détailler la technologie la plus récente qui est le WDM.

La supervision Réseau BNG consiste à veiller sur la plateforme des routeurs qui sont des Gateways des abonnés ADSL vers l'internet.

La supervision des liens internationaux consiste à surveiller la saturation du trafic sur ces derniers comme Orange, Facebook.

La supervision du réseau mobile 4G consiste à assurer la bonne couverture des abonnés mobiles 4G.

L'ENMSR assure la supervision et la maintenance des différentes plateformes d'Algérie télécom à l'échelle nationale,

Figure 1. 4: Photo ENMSR.

Chaque plateforme est supervisée à travers un serveur de supervision et le DCN implémenté, nous allons nous focaliser sur la plateforme réseaux de transport ou réseaux de fibre optique qui est constitué d'équipements de transmission classés dans la couche transport du modèle OSI, qui comporte 4 topologies, nous entamerons par la suite un Aperçu sur le DCN.

3. Le réseau de collecte de données (DCN)

Le réseau de communication de données (DCN : Data Collection Network) fait référence au réseau sur lequel les éléments de réseau (NE) échangent des informations d'exploitation, d'administration et de maintenance (OAM) avec le système de gestion de réseau (NMS). Il est conçu pour la communication entre les périphériques de gestion et les périphériques gérés.

Un DCN peut être un DCN externe ou interne. Un DCN externe existe entre le NMS et un point d'accès, et le DCN interne permet aux NE d'échanger des informations OAM en son sein.

Les éléments de réseau de passerelle (GNE) sont connectés au NMS à l'aide de protocoles, par exemple, le protocole de gestion de réseau simple (SNMP). Les GNE sont capables de transmettre des données au niveau du réseau ou de la couche application. Un NMS communique directement avec un GNE et utilise le GNE pour fournir des informations de gestion à des non-GNE. (DCN, 2018)

Quel que soit le protocole supporté, le DCN peut être reporté voie DCN embarquée ou via une infrastructure externe. (M.KHALEM, 2012)

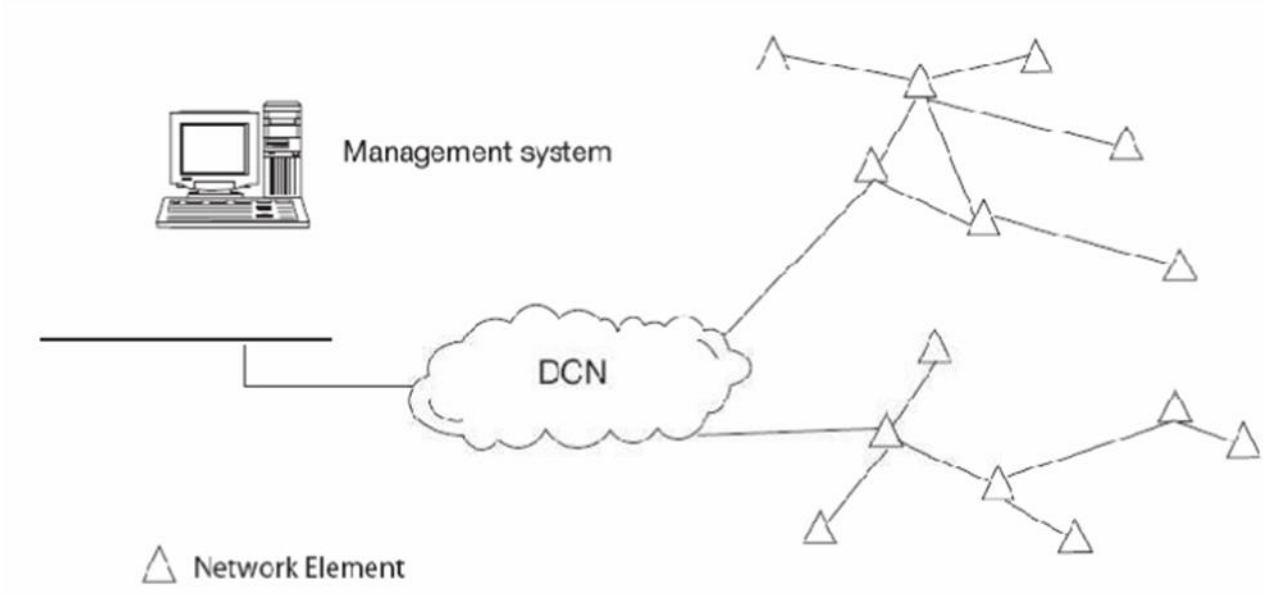

Figure 1. 5: Le DCN connecte les NE au système de gestion.

3.1. Configuration du DCN

Les NMS sur un DCN utilisent des éléments de réseau de passerelle (GNE) pour gérer les NE sur le réseau.

La construction d'un grand réseau nécessite des ressources humaines et matérielles importantes si les ingénieurs de mise en service de logiciels doivent configurer des appareils sur site, entraînant des dépenses opérationnelles élevées (OPEX). DCN peut réduire l'OPEX en permettant aux GNE de gérer les NE. Le DCN permet aux NMS de détecter rapidement de nouveaux NE et de contrôler et gérer à distance les NE.

La technique DCN offre un mécanisme pour mettre en œuvre le plug-and-play. Une fois qu'un NE est installé et démarré, le NE génère une adresse NEIP basée sur son NEID, crée une entrée de mappage pour le NEID et l'adresse NEIP, et ajoute l'entrée de mappage à la table de routage du noyau DCN sur le NE. Ensuite, le protocole OSPF (Open Shortest Path First) annonce automatiquement l'entrée de mappage dans la table de routage centrale DCN sur chaque NE, permettant au NE de communiquer avec tous les autres NE sur le DCN immédiatement après le démarrage du NE. (DCN Configuration, 2018)

3.1.1. Identifier des éléments du réseau

Sur un réseau de communication de données (DCN), un élément de réseau (NE) est identifié de manière unique par un ID mais pas par une adresse IP. Cet identifiant est appelé un NEID. Un NEID 24 bits se compose d'un numéro de sous-réseau et d'un ID de base. Les 8 bits les plus à gauche d'un NEID indiquent un sous-réseau. Les 16 bit les plus à droite d'un NEID indiquent un ID de base. Chaque NE se voit attribuer un NEID par défaut avant que le NE ne soit livré.

3.1.2. Network Element Internet Protocol

Les adresses NEIP aident les terminaux gérés à accéder aux NE et permettent l'adressage entre les NE dans le réseau IP. Une adresse NEIP se compose d'un numéro de réseau et d'un numéro d'hôte. Un numéro de réseau identifie de manière unique un lien physique ou logique. Tous les NE le long de la liaison ont le même numéro de réseau. Un numéro de réseau est obtenu à l'aide d'une opération ET sur l'adresse IP 32 bits et le masque de sous-réseau. Un numéro d'hôte identifie de manière unique un appareil sur une liaison.

Une adresse NEIP est dérivée d'un NEID lorsqu'un NE est en cours d'initialisation. Une adresse NEIP est au format 128.subnet-number.basic-ID.

Avant que l'adresse NEIP ne soit modifiée manuellement, l'adresse NEIP et le NEID sont associés ; par conséquent, l'adresse NEIP change si le NEID est modifié. Une fois l'adresse NEIP modifiée manuellement, elle ne change plus lorsque le NEID associé est modifié. (DCN, 2018)

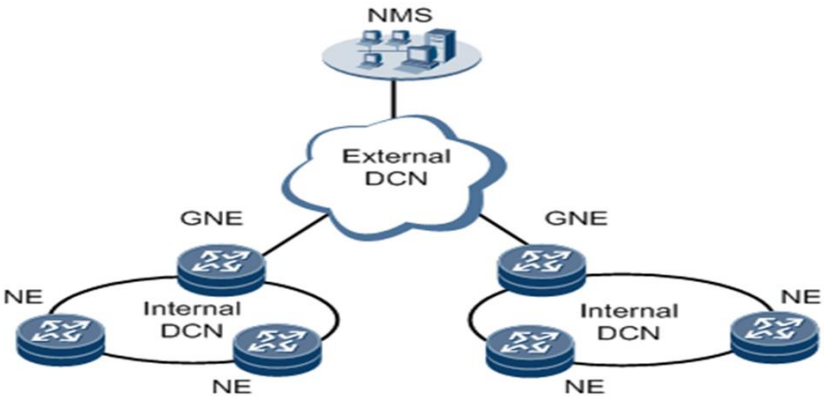

Figure 1. 6: Le DCN externe et interne.

4. Les paramètres de supervision de Réseau de Collecte de Données

Les paramètres de supervision de DCN sont : (M.KHALEM ,2012)

- Les performances (l'état des liens), fonctionnement rupture, saturation…
- Les alarmes (alarme de trafic).
- La mise à jour logicielle sur les équipements.
- Gestion des licences.
- Investigation des problèmes réseaux.

5. Scénario d'utilisation du Réseau de Collecte de Données

Les scénarios d'utilisation du DCN sont : (DCN Configuration, 2018)

- En plus des fonctions de réseau de communication de données (DCN) de base, un NE prend en charge des fonctions DCN étendues.

- Si un élément de réseau de passerelle (GNE) appartient à plusieurs processus et zones, configurez DCN avec plusieurs processus et zones afin que le GNE puisse gérer tous les NE dans différents processus et zones.
- Lorsqu'un NE fonctionne comme un GNE et gère des NE RTN, configurez le GNE pour qu'il fonctionne en mode compatible.
- Lorsqu'un grand nombre de NE sont rattachés à un GNE qui réside sur plusieurs réseaux en anneau, les services du réseau en anneau peuvent s'influencer mutuellement. Pour résoudre ce problème, configurez la transmission transparente des paquets DCN.

6. Réseau de Collecte de Données Protocole Internet

Certains principes doivent être utilisés lors de la planification d'une DCN IP pour Service Onet 1'OMS. Pour concevoir un réseau efficace, IP DCN exige une certaine compréhension de la base des deux capacités de la IP DCN de NE et IP en général. Assurez-vous que cela est en place avant de prendre la tâche de la construction du réseau IP DCN.

Le processus du design exige certaines décisions à prendre. Ces décisions auront un impact sur les performances de la DCN IP et devrait donc prendre en compte les principaux objectifs suivants :

6.1. Plan pour l'expansion

Lorsqu'on démarre le déploiement du réseau DCN, il est important de regarder vers l'avenir pour planifier la mise à niveau et l'expansion future. Sinon, on sera confronté à un remaniement coûteux à un stade ultérieur.

6.2. Stabilité

On doit faire une conception de réseau robuste qui assurera la stabilité.

6.3. Routage efficace et rapide

Le routage IP doit être rapide et efficace. Les petites tables de routage sont un moyen pour y parvenir.

6.4. Minimiser les frais généraux

Gardez les messages généraux utilisés pour le routage IP avec des mises à jour minimum.

6.5. Peu d'entretien

Faire une conception du réseau dans la mesure du possible, c'est l'épreuve du futur afin de minimiser la nécessité d'une maintenance active. L'utilisation d'un routage dynamique est une façon d'aborder cet objectif.

Lorsque le DCN IP est terminé et déployé, on doit faire en sorte que les différents NE soient accessibles depuis le centre OMC. Cela peut être fait avec la commande «Ping». Ceci permettra de vérifier que le routage IP fonctionne et de découvrir des problèmes de routage IP. Il est important de faire cette vérification, car il n'y a pas de messages d'erreur fournis par le routage IP SW, pour informer que les tables de routage IP ne sont pas mises en place comme on le désire. La conséquence d'une mauvaise configuration d'une table de routage IP entraîne que les paquets IP ne seront pas capables d'atteindre leur destination.

7. Les services de Réseau de Collecte de Données

Les standards externes suivants des services de réseau IP sont pris en charge comme suit :(M.KHALEM, 2012)

- Toutes les horloges utilisées par exemple pour les alarmes d'horodatage et d'événements, peuvent être synchronisées avec un Network Time Protocol (NTP).
- File Transfer Protocol (FTP) est utilisé comme un mécanisme de transfert de fichiers pour, la mise à niveau logiciel, la sauvegarde et la restauration de la configuration du système.
- Domain Name System (DNS) permet l'utilisation de noms d'hôte.
- Dynamique Host Configuration Protocol (DHCP) est utilisé pour allouer des adresses IP dans le DCN. Le NE a un agent de relais DHCP pour servir d'autres équipements sur le réseau local du site destinations.

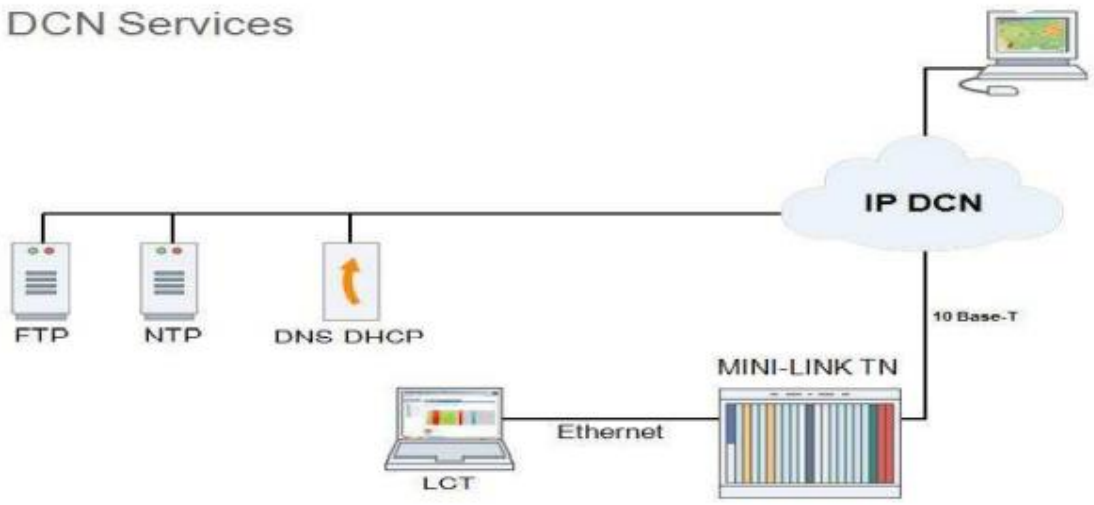

Figure 1. 7 : Les services DCN.

8. Système de Gestion de Réseau

Le NMS est le cerveau du système iDirect, car il contient la base de données de tout le réseau. C'est un mini-ordinateur ou une station de travail, équipé des logiciels iDirect installé et des outils d'affichage.

Il est utilisé pour les fonctions administratives et opérationnelles (la capacité de reconfigurer le réseau dynamiquement par l'ajout ou la suppression des stations, le contrôle des performances et la surveillance de chaque station). (B.ACHOUR, 2015)

9. Le Protocole de Gestion de Réseau Simple

Le principe de base de la supervision est d'avertir le responsable d'un problème d'une ressource avant même que les utilisateurs ne s'en aperçoivent, ce responsable pourra ainsi intervenir dans les plus brefs délais sur l'ordinateur ou le service en question. Ceci permet d'être proactif pour un service informatique qui gère de nombreux serveurs sur lesquels résident beaucoup de services. Il existe plusieurs méthodes pour superviser un système informatique parmi eux le protocole SNMP.

9.1. Définition

SNMP : Simple Network Management Protocol (protocole simple de gestion de réseau en Français), c'est un protocole de communication simple qui permet aux administrateurs de gérer les

équipements du réseau, supervisé et de diagnostiquer les problèmes de réseau, matériels à distance et d'agir sur les paramètres d'une façon indépendante. (N.NOUAR.2014)

9.2. Objectifs

Il est aujourd'hui de plus en plus difficile d'administrer un réseau. En effet le nombre d'équipements à gérer est souvent de plus en plus important : stations, serveurs, imprimantes… Le plus grand souci d'un administrateur est la panne. En effet, il doit pouvoir réagir le plus rapidement possible pour effectuer les réparations nécessaires.

Il faut pouvoir surveiller de manière continue l'état des systèmes d'information afin d'éviter un arrêt de production de trop longue durée. C'est là où la supervision intervient. Elle doit permettre d'anticiper les problèmes et de faire remonter des informations sur l'état des équipements.

Plus le système est important et complexe, plus la supervision devient compliquée sans les outils indispensables.

9.3. Principe

Une grande majorité des logiciels de supervision sont basés sur le protocole SNMP qui existe depuis de nombreuses années. Nous en faisons la description dans la deuxième partie.

La plupart de ces outils permettent de nombreuses fonctions dont voici les principales :

- Surveiller le système d'information
- Visualiser l'architecture du système
- Analyser les problèmes
- Déclencher des alertes en cas de problèmes
- Effectuer des actions en fonction des alertes

La tâche de l'administrateur est alors simplifiée. Il n'a plus qu'à faire une vérification ou réaliser une action en fonction d'une alerte déclenchée. Chaque outil doit aussi lui donner une vision globale du système d'information pour localiser les problèmes le plus rapidement possible. (S.BELKHOUCHE.2011)

9.4. Les éléments actifs

Les éléments actifs sont résumés comme suit : (S.HAMOUNI, 2014)

• ordinateur.

• serveur.

• routeur.

• Switch.

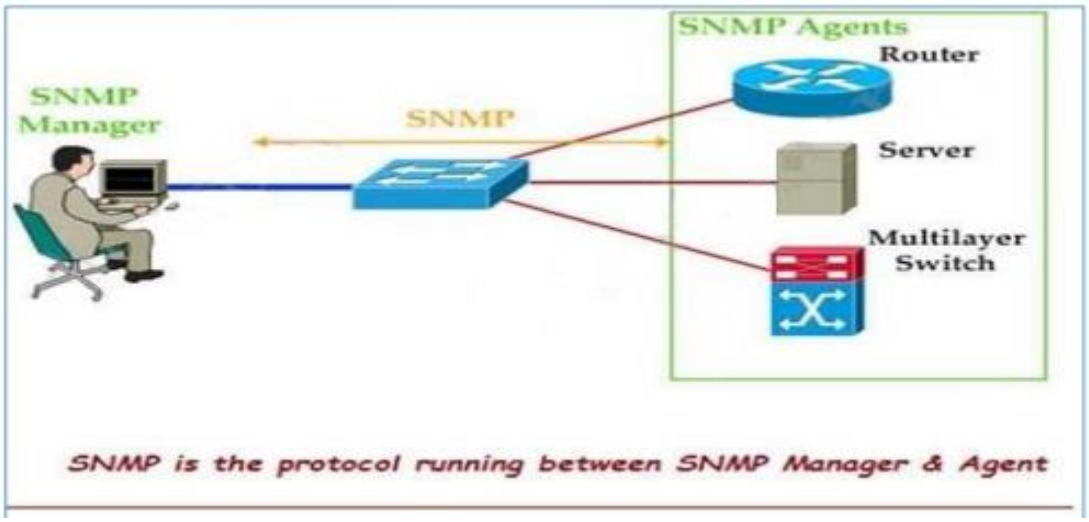

Figure 1. 8: Architecture SNMP.

9.5. Les différentes versions du Protocole de gestionnaire de réseau simple

Depuis son premier développement au sein de l'IETF (Internet Engineering Task Force), au début des années 90, le protocole SNMP a connu plusieurs améliorations visant à optimiser son utilisation dans la supervision des réseaux en passant par plusieurs versions.

Ce protocole a connu des améliorations importantes. Cependant les précédentes versions (la V1 et la V2C) sont encore les versions les plus utilisées actuellement.

Un support de SNMP V3 a récemment été lancé car il est plus sécurisé si on le compare à ses prédécesseurs.

- **SNMP V1** : C'est la première version du protocole. La console de supervision interroge l'agent SNMP par un datagramme UDP sur le port 161. Cet UDP contient :

La version de l'SNMP (0 pour SNMPv1), le nom de communauté déterminant les droits d'accès, la requête (get-request, get-next-request) et l'objet Identifier OID, La réponse de l'agent contient un datagramme contenant la requête get-response, avec pour et la valeur demandée correspondant à l'OID et un code d'erreur.

L'agent peut également être configuré pour renvoyer des alertes à la même console par un datagramme sur le port 162 contenant la requête dite Trap, comme le montre Error! Reference source not found.

- **SNMP V2C** : C'est un protocole révisé, qui comprend les améliorations de SNMP V1 dans différents domaines tels que les types de paquets, les éléments de structure MIB et les requêtes protocolaires MIB. Cependant ce protocole utilise la structure d'administration de SNMP V1 (à savoir "communauté") d'où le terme SNMP V2C.

- **SNMP V3** : Aussi connu sous le nom de version sécurisée de SNMP a été développé pour renforcer le volet sécurité des transactions. Ce volet comprend l'identification des parties communicantes et le cryptage de leur conversation. SNMP V3 facilite la configuration à distance des entités SNMP.

Ces trois versions sont les principales, même si des versions intermédiaires ont vu le jour (SNMPSec, SNMP V2, SNMP V2U, SNMP V2P), celles-ci ne présentent que des mises à jour mineures plutôt que de véritables améliorations.

Actuellement les versions les plus utilisées (par ordre d'utilisation) sont : SNMP V1, SNMP V3 puis SNMP V2C.

Malgré tout, la version SNMP V1 persiste encore sur les périphériques, plusieurs facteurs expliquent ce phénomène :

- Les infrastructures déployées en V1 ne sont plus modifiées, tout simplement car cela fonctionnait suffisamment à l'époque, du coup aucune modification n'y est appliquée.

- Les autres versions de SNMP ont été implémentées tardivement par les différents constructeurs.
- SNMP V1 demande très peu de ressources sur des petits équipements tels qu'une imprimante ou un hub. (H.ZAOUI ,2019)

9.6. Fonctionnement

Avec le protocole SNMP, le système de gestion de réseau est basé sur trois éléments principaux : un superviseur, des agents et les nœuds gérés.

Le superviseur est la console qui permet à l'administrateur réseau d'exécuter des requêtes de management. L'architecture de gestion de réseau proposée par le protocole SNMP est donc basée sur trois principaux éléments : (N.NOUAR.2014)

9.6.1. Les agents

Sur une machine à superviser, pour que SNMP envoie les informations que l'on souhaite il faut qu'un agent soit installé sur celle-ci. Cet agent écoute sur le port 161 et attend que le serveur lui envoie des requêtes pour lui répondre.

L'agent pourra aussi envoyer des alertes lui-même si l'administrateur l'a configuré. Par exemple pour surveiller l'occupation CPU l'administrateur définira une valeur critique pour laquelle une alerte doit lui être émise.

Pour finir l'agent pourra aussi agir sur l'environnement local. C'est pourquoi ce protocole est critique car il peut servir à d'autres personnes mal intentionnées pour prendre le contrôle à distance de certains équipements sur le réseau.

9.6.2. Les systèmes de management de réseaux

Généralement, l'administrateur possède un outil permettant de centraliser ce que lui retournent ses agents. Et c'est donc cet outil qui va interroger les équipements du réseau. Il va donc pouvoir gérer un réseau entier grâce à cela.

9.6.3. La Management Information Base

- Présentation :

Pour que SNMP fonctionne, il est nécessaire qu'un protocole d'échange soit défini. Il y a aussi une standardisation des informations que ce protocole peut transporter. C'est un protocole Internet, il doit être utilisable sur des plates-formes hétérogènes (matériel comme système d'exploitation).

C'est pour cette raison que l'on parlera de MIB (Management Information Base).En effet, la MIB est une base de données des informations de gestion maintenue par l'agent. C'est cette base à laquelle on va demander les informations.

- Structure de la Management Information Base :

La structure de la MIB est hiérarchique : les informations sont regroupées en arbre. Chaque information a un OID (Object identifier), une suite de chiffres séparés par des points, qui l'identifie de façon unique et un nom, indiqué dans le document qui décrit la MIB. (S.BELKHOUCHE.2011)

Figure 1. 9: Eléments de base du protocole SNMP.

9.6.4. Les requêtes Protocole de gestion de réseau simple

pour Protocol Data Unit Les types de requêtes du manager SNMP vers l'agent SNMP sont :

- **GetRequest :** Le manager interroge un agent sur les valeurs d'un ou de plusieurs objets d'une MIB.
- **GetNextRequest :** Le manager interroge un agent pour obtenir la valeur de l'objet suivant dans l'arbre des objets de l'agent. Cette interrogation permet de balayer des objets indexés de type tableau.

- **GetBulkRequest :** Introduite avec la version 2 du protocole SNMP, cette requête permet de mixer la commande GET et GETNEXT pour obtenir des blocs entiers de réponses de la part de l'agent.
- **Set Request :** Le manager positionne ou modifie la valeur d'un objet dans l'agent.

Les réponses ou informations de l'agent vers le manager sont :

- **GetResponse :** L'agent répond aux interrogations du manager.
- **Trap :** L'équipement génère un envoi vers son manager pour signaler un événement, un changement d'état ou un défaut. L'agent n'attend pas d'acquittement de la part du manager.
- **Notification:** Introduite avec la version 2 du protocole SNMP. L'équipement génère un envoi vers son manager pour signaler un événement, un changement d'état ou un défaut. L'agent n'attend pas d'acquittement de la part du manager.
- **Inform:** Introduite avec la version 2 du protocole SNMP. L'équipement génère un envoi vers son manager pour signaler un événement, un changement d'état ou un défaut. L'agent attend un acquittement de la part du manager et il y aura une retransmission en cas de non réponse. (H.ZAOUI ,2019)

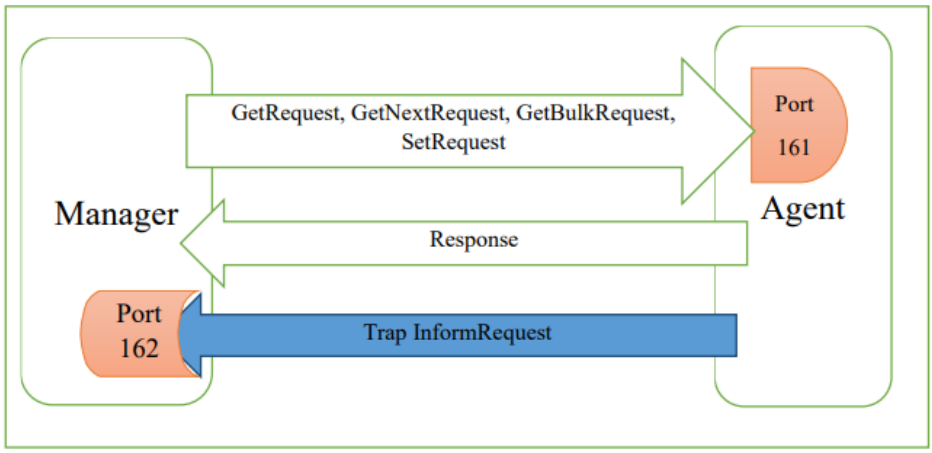

Figure 1. 10: Les échanges entre le manager et l'agent SNMP.

9.7. Les Avantages et les inconvénients du protocole de gestion de réseau simple

Quelques avantages et inconvénients seront cités dans cette section : (S.HAMOUNI, 2014)

9.7.1. Avantages

L'avantage majeur d'utiliser SNMP est, qu'il est de conception simple. Il est donc aisé de l'implémenter sur un réseau, puisqu'il ne nécessite pas une longue configuration et qu'il est de petite taille. Le résultat le plus important de cette simplicité est une administration simplifiée du réseau et une implémentation rapide.

Un autre avantage de SNMP est qu'il est très répandu aujourd'hui. Presque tous les grands constructeurs de matériel réseau implémentent dans leurs produits le support SNMP.

L'expansion est un autre avantage de SNMP. De par sa simplicité de conception, il est facile à mettre à jour pour qu'il réponde aux besoins des utilisateurs futurs. Il est également modulable.

Enfin, SNMP est, en général, basé sur le protocole de transport UDP, ce qui nécessite moins de ressources et de connexions simultanées comparativement à TCP. Notamment, il demande peu de ressources réseaux et aussi est une solution peu coûteuse.

9.7.2. Inconvénients

Le premier défaut de SNMPv1 est qu'il contient quelques gros trous de sécurité à travers lesquels des intrus peuvent accéder aux informations transitant sur le réseau. La solution à ce problème est apportée dans les versions suivantes qui implémentent des mécanismes de sécurité en ce qui concerne le caractère privé des données ainsi qu'une authentification et un contrôle d'accès.

Il n'y a pas de contrôle de transmission des données, vu que SNMP travaille avec UDP. L'interrogation régulière des agents par la station d'administration provoque une surcharge du trafic sur le réseau. Cette surcharge n'est pas trop gênante sur un réseau local mais devient embarrassante via Internet.

10. Conclusion

Nous avons discuté dans ce chapitre en général de l'entreprise Algérie télécom et de l'établissement ENMSR qui nous a accueillis pendant ce stage, du DCN, de la technologie de

surveillance à distance NMS et des protocoles qui y sont généralement utilisés de nos jours, nous parlerons dans le prochain chapitre des différents types d'équipements qui vont être inclus dans l'étude de notre approche DCN pour la plateforme FIBERHOME de réseau de transport dans le deuxième chapitre.

Chapitre 02 : Equipements et protocoles réseaux

1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons nous intéresser aux équipements réseaux ainsi qu'aux protocoles réseau, nous attarder sur chacun des éléments essentiels dans la structure d'un réseau et dans la transmission de données entre plusieurs périphériques, Plus profondément nous expliquerons l'opération la plus importante dans la transmission (transport) qui est le routage, dont le rôle est primordiale dans un réseau surtout dans ceux de grande distance, ensuite, nous nous intéresserons aux principes de fonctionnement des réseaux xWDM dont les services sont transportés via la fibre optique dans le but d'assurer une interconnexion distante et non pas locale entre un réseau DWDM à travers un réseaux backbone constituer de Switch et de routeurs.

2. Equipements réseau

Les éléments que nous allons expliquer prochainement sont :

- Commutateur (Switch)
- Passerelle (Gateway)
- Répéteurs
- Routeurs
- Equipement transmission (xWDM)

2.1. Commutateur (Switch)

En définition matérielle est un boitier comportant quatre (4) à plusieurs centaines de ports, implanté au sein d'un réseau informatique qui contient plusieurs postes ou éléments réseau, cet

appareil sert à relier ces éléments recevant et transférant les données et les informations à partir de ses ports Ethernet vers les éléments du réseau.

Son rôle ne consiste pas uniquement à recevoir et à diffuser l'information mais il surveille aussi le trafic de données, il permet de viser spécifiquement le destinataire voulu.

Le Switch permet avant tout de répartir l'information de manière « intelligente » au sein de l'entreprise. Il contrôle et sécurise au maximum votre réseau pour vous éviter les intrusions. Une fois paramétré par un technicien informatique, le switch distribue l'information seulement aux utilisateurs prédéfinis en fonction de la typologie de collaborateurs (pôle finance, direction, marketing…) et/ou de certaines restrictions, améliorant ainsi la confidentialité des données d'entreprise. (NowTeam, 2018)

Nous obtenons donc grâce au Switch un réseau nettement plus sécurisé ou on n'assure pas seulement la circulation des données mais aussi le filtrage de ces dernières évitant tous type d'intrusion indésirable.

Aussi, ce filtrage que nous offre le commutateur nous aide à alléger le trafic donc un réseau plus performant, une caractéristique très importante dans un réseau comportant un nombre important d'éléments simultanés.

2.1.1. Types de commutateurs réseaux

Avant d'attaquer cette partie, il est important d'expliquer que cette classification des commutateurs va se reposer à quelles couches appartiennent-ils et ceci selon les couches du modèle OSI, nous avons deux types de commutateurs (couche 2 et couche 3) appartenant respectivement à la couche de liaison et à la couche réseau.

2.1.2. Commutateur couche 2 et couche 3

Appelés aussi Switch de niveau 2 et niveau 3, ces ceux-là différent dans leur fonction de routage.

Un Switch niveau 2 est limité par rapport à celui du niveau 3 car il ne se soucie pas des adresses IP ou n'importe quel élément de la couche supérieure et est basé uniquement sur l'adresse MAC. Quant au Switch niveau 3, celui-ci en plus des fonctions d'un Switch couche 2 il dispose aussi

d'autres fonctionnalités. Il peut avoir le rôle d'un routeur (effectuer un routage statique ou dynamique que nous expliquerons plus tard dans ce chapitre) ainsi nous pouvons déduire qu'un Switch couche 3 est capable de router même vers différents VLAN.

Il existe aussi un type de Switch connu par Switch couche 2+ ou couche 3Lite s'il n'est capable d'effectuer qu'un routage statique.

Mais âpres avoir mentionné la notion de VLAN et sachant que ce type de Switch peut router vers plusieurs VLAN, penchons-nous plus vers cette notion.

2.2. Réseau local virtuel

Dans cette section, on définit le Virtual Local Area Network (VLAN) et son principe de fonctionnement.

2.2.1. Définition

Les VLAN sont des regroupements logiques de périphériques au sein d'un même réseau physique, ils sont identifiés par un numéro. Un groupe de périphériques dans un VLAN communiquent comme s'ils étaient reliés au même câble. Des appareils partageant une même connexion physique, mais isolés logiquement dans des VLAN différents, se comporteront comme s'ils étaient sur des réseaux indépendants. Les diffusions (broadcast) sont communiquées uniquement à des périphériques d'un même VLAN et les paquets destinés aux stations n'appartenant pas à ce VLAN doivent être transférés par un routeur (ou un appareil ayant des capacités de routage).

2.2.2. Principe de fonctionnement

Un VLAN ou réseau virtuel est un regroupement de machine. Ces machines pourront communiquer comme si elles étaient sur le même segment. Un VLAN est assimilable à un domaine de diffusion. Ceci signifie que les messages de diffusion émis par une machine d'un VLAN ne sont reçu que par les machines de ce VLAN. Les VLAN n'ont été réalisables qu'avec l'apparition des communicateurs (Switch). Avant, pour réaliser des domaines de diffusion, il était nécessaire de créer des réseaux physiques. Les VLAN permettent de continuer autant de réseaux logiques que l'on désire sur une seule infrastructure physique, réseau logiques qui auront les mêmes caractéristiques que des réseaux physiques. (K.NOUALI, 2018)

2.3. Passerelle (Gateway)

Une passerelle, comme l'indique son nom, est en définition un système qui relie entre deux sous réseaux.

En rappel, deux(02) hôtes n'appartenant pas au même sous réseau ne peuvent nullement communiquer de manière directe, ces hôtes ont besoin donc d'un support qui pourra servir de lien entre ces dernières et pourra assurer leur interconnexion ainsi que le passage de données entre elles, nous parlons donc de la passerelle «GATEWAY».

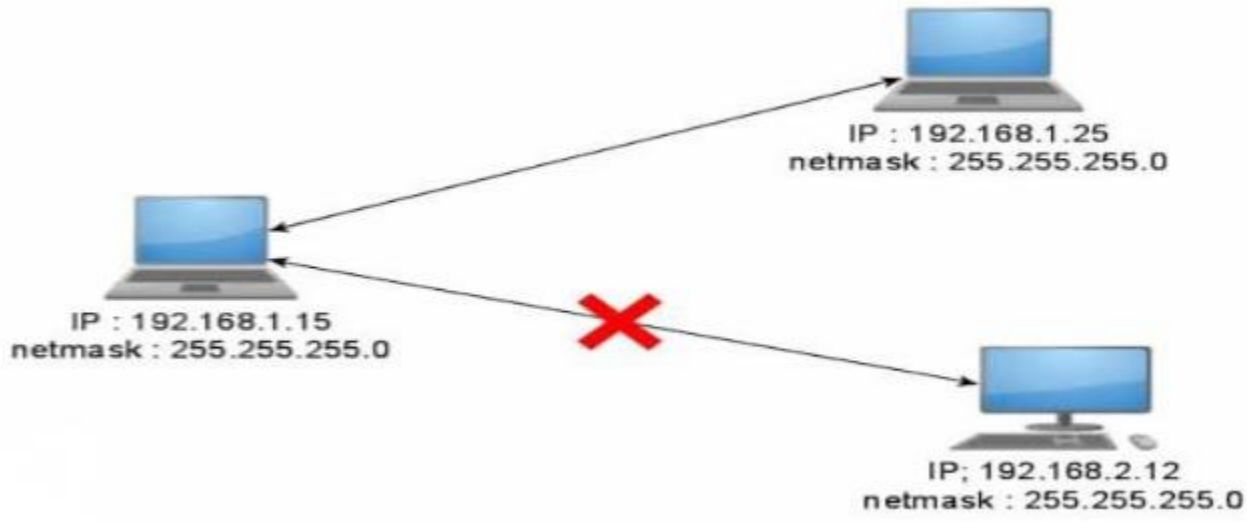

Figure 2. 1 : Schéma représentatif de communication entre 3 hôtes étant dans 3 sous réseaux différents. (Malekal.com, 2020)

2.3.1 Comment fonctionne une passerelle?

La procédure de liaison entre deux sous réseau effectuée par la passerelle passe par des étapes initiales avant de créer la connexion entre ces deux sous réseaux (dans les procédures qui suivent nous mentionnerons la notion de « routeur » que nous expliquerons plus tard dans ce chapitre)

En premier lieu, afin qu'une interconnexion entre deux hôtes soit effectuée, la passerelle devra vérifier si ces deux hôtes appartiennent bien à deux sous réseaux différents. C'est le principe du rôle d'une passerelle.

Comment la « Gateway » fera cette vérification ? C'est à l'aide d'un procédé appelé le **ANDing.**

Le **ANDing**, dérivé de AND (ET Logique), est une opération qui définit si deux hôtes sont dans le même sous réseau ou pas afin de soumettre la mission de leur liaison à une passerelle.

Son fonctionnement est comme suit : cette opération se repose en principe sur la conversion du décimal au binaire. Les adresses IP des deux hôtes et le masque sous réseau de l'émetteur sont concernés par cette conversion. Après avoir converti ces 3 adresses, l'étape suivante est de faire une addition logique entre l'adresse IP de l'émetteur et son masque sous réseau, ceci va permettre de générer le network ID de l'émetteur. Après, l'adresse IP du destinataire sera convertie à son tour en binaire et sera additionnée (logiquement) au masque sous réseau de l'émetteur. (Zeste de savoir, 2022)

- Une fois le résultat obtenu, il sera comparé au Network ID de l'émetteur, s'il est le même donc les deux hôtes appartiennent au même sous réseau, s'ils sont différents donc elles appartiennent à deux sous réseau différents et c'est dans ce cas que nous faisons appel à la passerelle.

- L'émetteur indique à la passerelle l'adresse du destinataire (Un routeur sert de liaison entre nos deux hôtes, il possédera nécessairement 2 interfaces, une sera dans le même sous réseau que l'émetteur et l'autre sera dans la même que celle du destinataire).

- La passerelle se chargera ensuite de router les paquets de l'émetteur vers le destinataire.

2.4. Routeur

Nous allons découvrir dans ce titre une des notions les plus importantes dans la transmission de données et aussi l'une des opérations primordiales dans l'interconnexion entre les réseaux qu'est le routage.

Le support matériel de cette opération est évidemment le routeur. Nous verrons de prés dans ce titre la définition du routage, du routeur, de son rôle, de son fonctionnement puis des protocoles réseau utilisés qui encadrent l'opération de routage.

2.4.1. Le routage

Avant de passer au routeur nous devons d'abord expliquer le routage.

Afin de comprendre le routage il faut poser la question : pourquoi le routage ?

Il faut savoir que sans le routage la télécommunication serait beaucoup plus compliquée et on aurait fait face à plusieurs problèmes physiques et matériels. On en déduit que le routage assure l'acheminement des données entre des éléments distants les uns les autres et qui ne sont pas directement liés par des supports matériels.

« Autrement dit, le routage est le choix d'un chemin suivant lequel les paquets transiteront et le routeur désigne la machine effectuant ce choix. En théorie, le routage devrait se faire en tenant compte des paramètres difficiles à évaluer comme l'encombrement du réseau, la langueur du datagramme et le type de service mentionné dans l'en-tête du datagramme, mais en pratique l'acheminement des paquets se fait surtout en fonction de données statiques utilisées dans les algorithmes de calcule du plus court chemin. ». (K. Nouali, 2018)

2.4.2. Méthodes de routage

Les méthodes de routage sont en général les manières dont par laquelle l'acheminement des paquets est dirigé (par quel moyen le chemin est choisi). Nous avons deux méthodes :

1) Routage Statique

Dans ce type de routage, le chemin emprunté par chaque paquet est défini par un administrateur. Cette étape et faite dans le but de sécuriser le réseau et pour sa protection des dysfonctionnements.

Les étapes de ce routage sont énumérées comme suit :

- L'administrateur configure la route
- Le routeur inséré la route choisie dans la table de routage
- Les paquets trouveront leur destination grâce à la route statique…

2) Routage dynamique

Dans ce type, contrairement au routage statique, le routage de ne se fait pas grâce à l'administrateur mais est basé sur des protocoles de routage. Mais que va permettre ce protocole de routage ?

Dans le but que les routeurs du réseau soient au courant de toutes les évolutions se passant dans le réseau, ces derniers doivent communiquer entre eux et ceci pour mettre à jour l'état des lieux du réseau de manière périodique ou événementielle. C'est là ou intervient le protocole de routage, il définit la manière dont les routeurs vont communiquer afin de choisir le meilleur chemin à emprunter… (K.NOUALI, 2018)

Il y a plusieurs et différents protocoles de routage dans notre cas nous allons nous focaliser sur l'ospf.

3. Le protocole Ouvrir le chemin court en premier

La mise en place de ce protocole a été afin de remédier au protocole qui le précédait qu'était le RIP. L'avantage de l'ospf par rapport au RIP est que le RIP se base afin de définir le meilleur chemin sur le nombre de sauts. Cette méthode est rapidement devenue obsolète car elle est inapplicable dans des réseaux plus grands. l'ospf quant à lui utilise le concept de zones. Pour mieux comprendre l'ospf il faut garder en tête que la métrique utiliser pour trouver le meilleur chemin est nommée cout (c'est-à-dire cout de liaison) etc. Pour mieux comprendre on donne son schéma représentatif sur la figure 2.2:

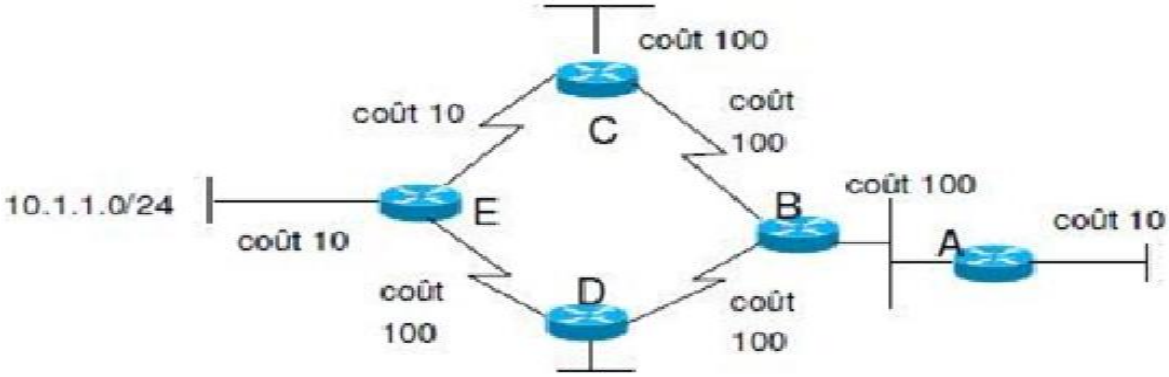

Figure 2. 2: Schéma représentatif du fonctionnement du protocole OSPF.

- Dans les protocoles à état de liaison, B ne va pas donner à A le coût de la liaison mais la carte qu'il connaît du réseau avec les masques associés.
- Ainsi, A va pouvoir calculer les meilleurs routes vers tous les sous-réseaux en se basant sur les informations topologiques transmises par B.
- Comparativement aux protocoles à vecteur distance, les protocoles à états de liaisons doivent calculer les coûts vers tous les sous-réseaux.
  - Avec les vecteurs distances, B dit à A : sous-réseaux 10.1.1.0, métrique 3
  - Avec les états de liens : A va apprendre puis calculer :
  - A vers 10.1.1.0/24 : par C, coût 320
  - A vers 10.1.1.0/24 : par D, coût 310

Les résultats : A mettra dans sa table de routage la route vers 10.1.1.0/24 par D…

3.1. Etapes d'application du protocole Ouvrir le chemin court en premier

En premier lieu, chacun des routeurs devra reconnaitre tous ces voisin, (nous expliquerons cette notion dans le prochain titre), chacun d'eux ensuite apprendra les informations topologiques de chacun d'eux ainsi qu'il les stockera dans sa base de données, calculera la meilleure route selon l'algorithme expliqué précédemment et enfin choisir cette route en cas de transmission de données.

La première étape est donc le voisinage, cette dernière repose sur une condition précise, comment un routeur reconnaitra ses voisins ?

3.2. Conditions de voisinage

Chaque routeur enverra un message « HELLO » à chaque routeur, dans ce HELLO est compris l'ID du routeur expéditeur, la réception de ce « HELLO » confirme l'existence d'un routeur sur le lien. Pour mieux comprendre, on vous propose la figure suivante expliquant le déroulement de ces étapes : (A, IBEGHOUCHENE.2012)

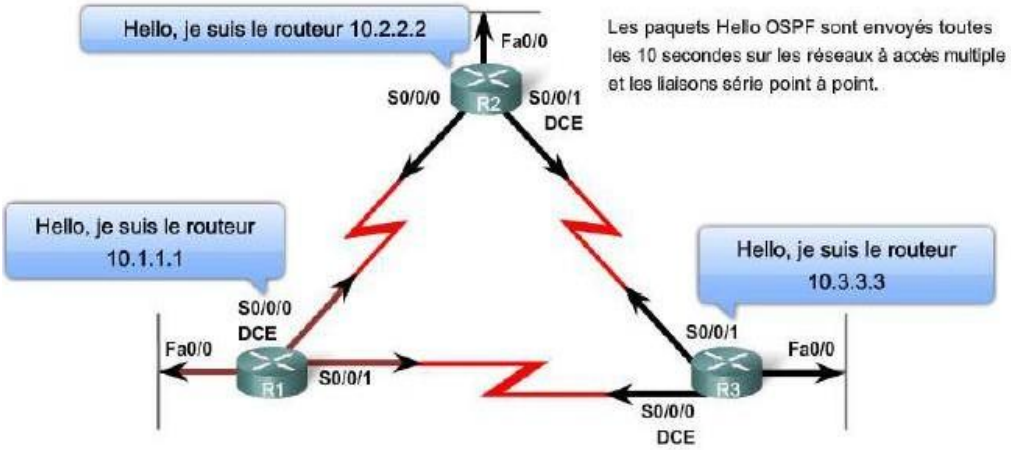

Figure 2. 3: Schéma représentatif du test de voisinage.

4. Équipement transmission

Quelques équipements de transmission sont résumés comme suit :

4.1. La fibre optique

Une fibre optique est un fil en verre ou en plastique très fin qui a la propriété d'être un conducteur de la lumière et sert dans la transmission de données et de lumière. Elle offre un débit d'information nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux et peut servir de support à un réseau « large bande » par lequel transite aussi bien la télévision, le téléphone, la visioconférence ou les données informatiques. Le principe de la fibre optique a été développé au cours des années 1970 dans les laboratoires de l'entreprise américaine Corning Glass Works (actuelle Corning Incorporated) (M. BENNAT, 2018)

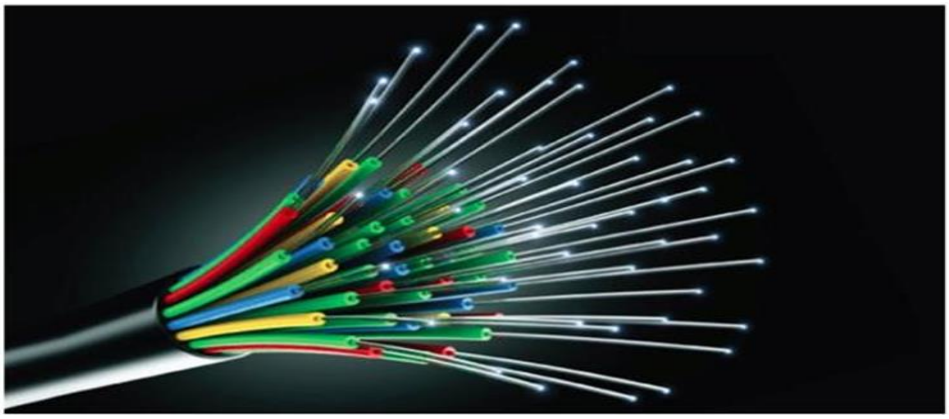

Figure 2. 4: Câble de fibres optiques.

4.1.1. Structure et fonctionnement de la fibre optique

La fibre optique est en composé des éléments de base suivants comme la figure 2.5. (S. SAAD, 2020)

- **Cœur :** milieu diélectrique intérieur, conducteur de la lumière ou sera confinée la plus grande partie de l'énergie lumineuse véhiculée dans la fibre d'indice de réfraction n1.
- **Gaine :** entoure le cœur d'un milieu diélectrique, d'indice de réfraction n2 plus faible. Les pertes des rayons lumineux se produisent dans la gaine.
- **Revêtement de protection :** assure une protection mécanique de la fibre.

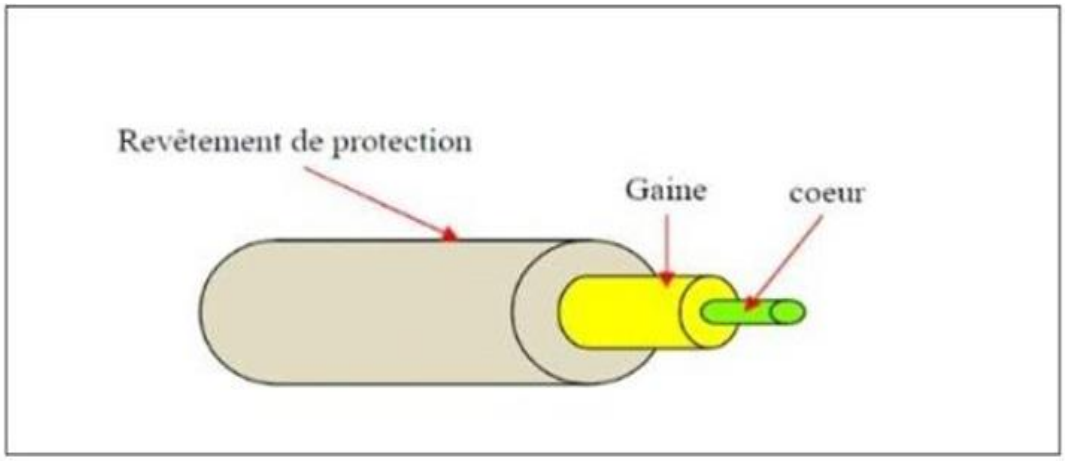

Figure 2. 5: Structure d'une fibre optique.

Pour guider la lumière, celle-ci comprend un cœur, où l'énergie lumineuse est confinée, et une gaine, dotée d'un indice de réfraction plus faible. Le cœur est constitué d'une silice très pure comportant un minimum d'ions hydroxyles (OH-). La gaine optique est réalisée avec une silice de moindre qualité.

Des substances sont incorporées aux deux éléments afin d'en modifier les propriétés : du germanium et du phosphore dans le cœur pour augmenter son indice de réfraction, du bore et du fluor dans la gaine pour le réduire.

4.1.2. Les types de fibre optique

On distingue deux types de fibre optique, qui sont :

- Fibre optique monomode.
- Fibre optique multimode.

4.1.2.1. Fibre optique monomode

- C'est le faible diamètre du cœur 8 à 10 µm, du même ordre de grandeur que la longueur d'onde du signal, qui les différencie des précédentes.
- De ce fait, le trajet du rayon lumineux ne change pas, pour ainsi dire. Peu de rebonds, donc peu de pertes. C'est pour cette raison que ce type de fibre est le plus souvent réservé aux transmissions sur de très longues distances.

Figure 2. 6: Trajet du signale dans une fibre monomode.

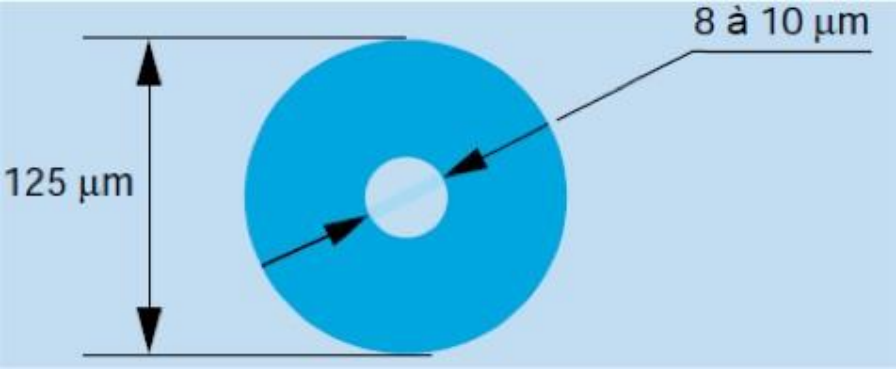

Figure 2. 7: Les diamètres du cœur et de la gaine d'une fibre monomode.

4.1.2.2. Fibre optique multimode

Une fibre optique est un guide d'onde diélectrique circulaire qui sera très probablement multimode si le cœur : c'est-à-dire la partie centrale où se propage la lumière, a un diamètre grand devant la longueur d'onde. Ce diamètre est de l'ordre de 50 à 200 µm pour les fibres de silice, et de 0.5 à 1 mm pour les fibres plastiques.

On verra qu'un mode se caractérise par sa trajectoire et par la répartition du champ électromagnétique autour de celle-ci. Insistons sur le fait que dans un guide multimode, les différents modes sont à la même longueur d'onde. (M. BENNAT, 2018)

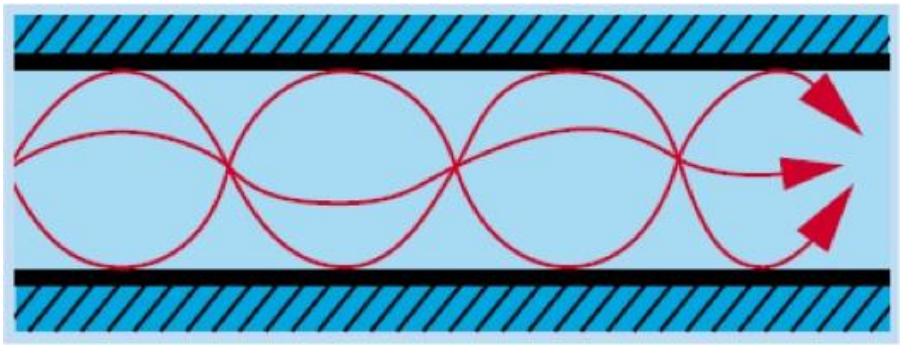

Figure 2. 8: Trajet des rayons dans une fibre optique multimode.

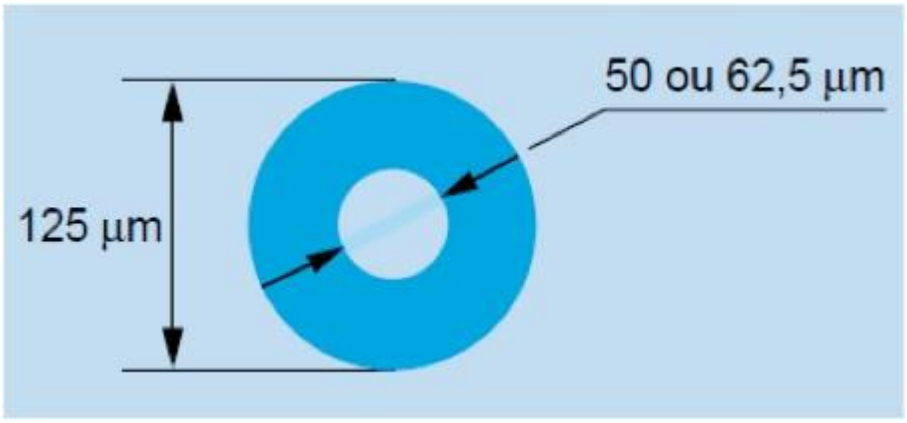

Figure 2. 9: Les diamètres du cœur et de la gaine d'une fibre monomode.

Une fibre optique est composée d'un cœur, d'une gaine et d'un revêtement.

4.1.2.3. La différence entre (monomode/ multimode)

La fibre optique multimode a un cœur de grand diamètre.

Elle permet le passage de plusieurs longueurs d'ondes lumineuses. Elle a été la première déployée en France et est utilisée sur des distances courtes, inférieures à 5 km.

La fibre optique monomode ne permet qu'un seul mode de propagation. Avec un cœur plus petit, la longueur d'onde est dirigée en son centre et peut ainsi parcourir des distances très longues. (Alpcom, 2016)

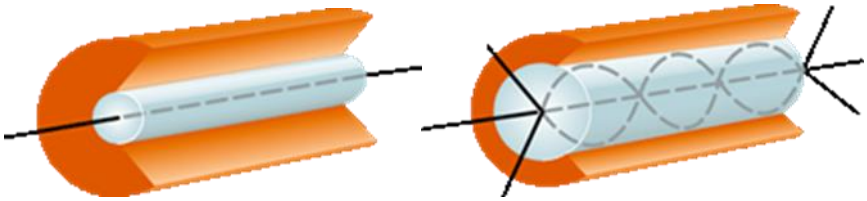

Figure 2. 10: La différence entre le monomode et le multimode.

Tableau 2. 1 : Comparaison entre (monomode / multimode).

Fibre monomode	Fibre multimode
Faible dispersion	Forte dispersion
Connexion délicate	Connexion facile
Faible atténuation	Forte atténuation
Haut débit, longue distance	Réseau locaux

4.2. Fonctionnement général de Multiplexage par répartition en longueur d'onde

Le multiplexage de fréquences (Wavelength Division Multiplexing, WDM) est la technologie la plus utilisée dans les réseaux optiques actuels. L'efficacité de cette technologie fait le succès des réseaux optiques dans les réseaux de télécommunications, cette technologie a permis une augmentation significative de la capacité des systèmes de transmission optique. Le principe de cette

technique de multiplexage consiste à moduler en parallèle plusieurs sources laser émettant à différentes longueurs d'ondes plus ou moins rapprochées, et à les faire propager simultanément dans la fibre optique. (M. BENNAT, 2018)

Les différentes longueurs d'ondes sont distinguées grâce à des couleurs comme le montre la figure suivante :

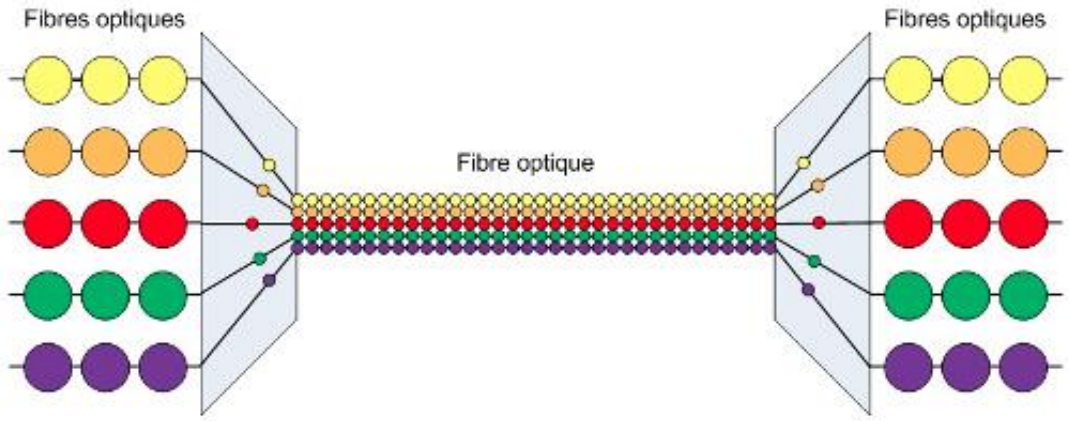

Figure 2. 11: Le multiplexage en longueur d'onde (WDM) coloré. (Igm .univ ,2022)

4.2.1. Les éléments principaux de Multiplexage par répartition en longueur d'onde

- MUX
- DEMUX
- TRONSPONDEUR

Il ne sera pas abordé ici les multiplexeurs électroniques où le multiplexage se fait sur le signal électrique. Il existe sur le marché des multiplexeurs et des démultiplexeurs optiques.

Le principe est d'utiliser des sources ou plus à des longueurs d'onde différentes. Le multiplexeur va permettre d'additionner les signaux sur une fibre optique et le démultiplexeur va séparer les différents signaux pour disposer sur chaque sortie l'un de ces signaux à la même longueur d'onde qu'à l'entrée. (M. MOKRETAR, 2019)

4.2.1.1. Le multiplexeur et le démultiplexeur

Le multiplexeur a pour rôle de changer les longueurs d'onde des signaux entrant et de les multiplexer sur un seul canal. Pour changer les longueurs d'onde entrantes, il est nécessaire d'utiliser un transpondeur. Donc lorsque des signaux arrivent au niveau du multiplexeur, il est possible qu'ils aient la même longueur d'onde, même si l'émetteur est différent. Étant donné qu'il n'est pas possible d'envoyer deux fois la même longueur d'onde sur un même lien au risque d'erroner l'information des deux signaux, c'est le transpondeur qui va se charger de changer la longueur d'onde de l'un de ces signaux.

Ainsi, chaque flux entrant va être codé sur une porteuse par modulation d'amplitude ou de phase. Ce qui permet donc de diffuser des signaux de sources différentes et ayant des longueurs d'ondes identiques sur un même canal. Arrivé au démultiplexeur, celui-ci va agir comme un ensemble de filtres, dans des zones de longueurs d'ondes données.

Sachant que le démultiplexeur connait les longueurs d'ondes circulant dans le lien optique. Il peut récupérer l'intégralité d'un signal qui avait été multiplexé. (H. DJEHICHE, 2015)

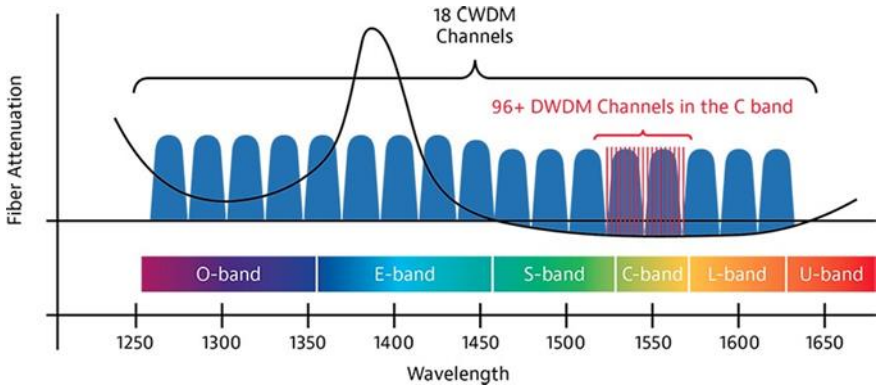

Figure 2. 12: Courbe de La Répartition en longueur d'onde sur une même fibre optique. (Viavisolutions, 2022)

On définit des fenêtres de transmission, bandes de longueur d'onde de propriétés spécifiques, à l'intérieur desquelles on peut éventuellement pratiquer du multiplexage en longueur d'onde.

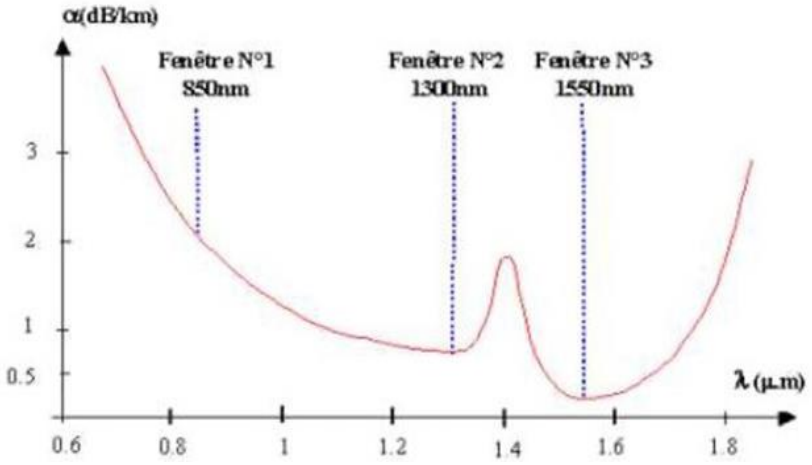

Figure 2. 13: Dispersion Courbe d'atténuation de la silice vs les fenêtres de transmission.

Il existe trois fenêtres qui sont utilisées pour la transmission des données via une fibre optique, comme le montre la figure 2.13. Le tableau 2.2 récapitule les grandes fenêtres de transmission utilisées.

Tableau 2. 2 : Fenêtres de transmission des fibres de silice.

	Première fenêtre	**Deuxième fenêtre**	**Troisième fenêtre**
Longueur d'onde	0,78 à 0,9 um	1,3 um	1,6 um
Type de fibre utilisée	Multimode	Multimode et monomode	Monomode
Atténuation	Forte (2 à4 dB/km)	Faible (0,4 à1dB/km)	Très faible (0,2dB /km)
Dispersion Chromatique	Forte	Quasi nulle	Faible, non nulle très faible dans les fibres à dispersion décalée
Émetteur : Type	DEL, diode laser VCSEL (très haut débit)	DEL (dans multimodes), diodes laser standars	Dioses laser DFB (monochromatique)
Matériau	GaAlAs/GAas	GalnAsP/InP	
Récepteur : matériau	Silicium	GalNAsP/InP Ge, HgCdTe (Tares peu employés)	
Cout des composants	Faible	Moyen	Élevé
Application	Transmission courte distance, réseaux locaux, gigabit à très	Transmission moyenne et longue distance, réseaux locaux et	Transmission très longue distance et à l'amplification optique

	courte distance	métropolitains haut débit	
Multiplexage	Entre les deux fenêtres		« Dense » (nombreux canaux dans la même fenêtre)

Les fenêtres 1 et 2 résultent d'un compromis technico-économique entre l'atténuation apportée par la fibre et les composants optoélectroniques utilisés en fonction des applications. La fenêtre 3 correspond à l'atténuation minimale, mais exige des composants optoélectroniques, très performants, elle est réservée aux applications à haut débit et longues distances.

Les bandes de fréquence optique (et donc les longueurs d'onde) qui sont exploitées dans les systèmes WDM ont été normalisées par l'UIT selon le plan suivant, voir la figure 2.14: (M. MOKRETAR, 2019)

- Bande O (Original) : 1260 à 1360 nm (220.435 à 237.930 THz),
- Bande E (Extended) : 1360 à 1460 nm (205.337 à 220.435 THz),
- Bande S (Short wavelength): 1460 à 1530 nm (195.942 à 205.337 THz),
- Bande C (Conventional) : 1530 à 1565 nm (191.560 à 195.942 THz),
- Bande L (Long wavelength) : 1565 à 1625 nm (184.487 à 191.560 THz),
- Bande U (Ultra-long wavelength) : 1625 à 1675 nm (178.980 à 184.487 THz),

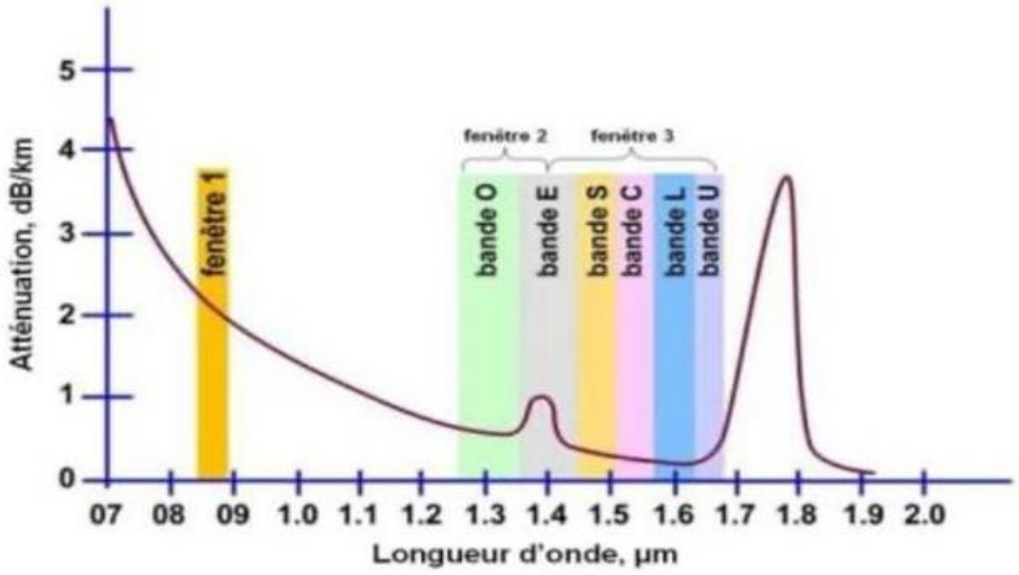

Figure 2. 14: Courbe d'atténuation de la silice vs les bandes de transmission WDM.

4.2.1.2. Transpondeur

Les transpondeurs permettent de convertir un signal optique (short range) en signal électrique avec un traitement 3R (Re-amplification, Re-shapping et Re-timing) et de reconvertir le signal en signal optique DWDM pour une transmission sur de longues distances.

Les transpondeurs permettent d'agréger les services clients avant le multiplexage et le transport DWDM.

De nombreux types de services peuvent être multiplexés ensemble ; des services Ethernet, Fiber Channel, Sonet/SDH... (CLS computer linked sources)

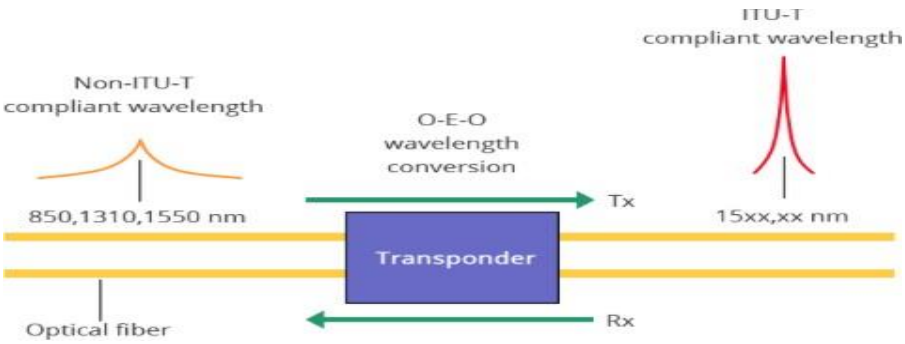

Figure 2. 15: Le Transpondeur.

4.2.2. Types de Multiplexage par répartition en longueur d'onde

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

Tableau 2. 3 : Les différents types de WDM.

Type	Fenêtre	Espacement (nm)	Canaux	Fréquences Potentiel
CWDM	2 éme	1,6-1,8	8-162	2,5 à 5 GHz
DWDM	3éme	0,4-0,2	80-160	3 THz à 12 THz
UWDM	3éme	0,08	400	10 THz à 40 THz

L'Union Internationale des Télécommunications (UIT) a standardisé l'utilisation des longueurs d'onde. Ainsi le standard G.692 définit l'espacement des canaux pour le système DWDM à 50 GHz ou 100 GHz autour de la fréquence référence de 193 THz correspondant à environ 1550 nm. On détaillera les deux types les plus répandus de la WDM à savoir la (CWDM et la DWDM) (S. SAAD, 2020)

4.2.2.1. Multiplexage par répartition en longueur d'onde grossière

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

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

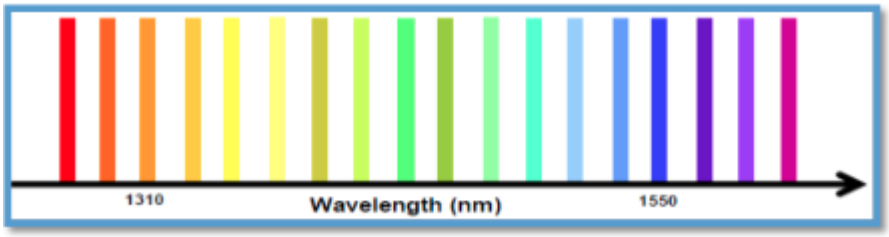

Figure 2. 16: Canaux CWDM.

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

4.2.2.2. Multiplexage par répartition en longueur d'onde dense

La technologie WDM est dite dense (DWDM) lorsque l'espacement utilisé est égal ou inférieur à 100 GHz. Des systèmes à 50 GHz (0,4 nm) et à25 GHz (0,2 nm) permettent d'obtenir respectivement 80 et 160 canaux optiques. En DWDM, on utilise plusieurs longueurs d'onde souvent situées en bande C (1530 nm à 1565nm) et faiblement espacées. En pratique les canaux DWDM d'aujourd'hui sont espacés de 100 GHz (0,8 nm), ce qui permet de compter environ 40 longueurs d'onde dans la bande C. La DWDM exige que les émetteurs optiques, les multiplexeurs et démultiplexeurs aient un contrôle très serré sur la longueur d'onde dans toutes les conditions de température de fonctionnement. Il faut aussi préciser qu'un des avantages clé du DWDM, c'est que la région de gain des amplificateurs EDFA est également dans la bande C, ce qui permet de compenser les pertes d'insertion dues aux multiplexage/démultiplexage des longueurs d'onde.

- Espacement entre 2 longueurs d'onde : 0.4 ou 0.2 nm.
- Nombre de longueurs d'onde maximum : 160.

- Longueur d'onde 1530 -1565 nm.
- Portée : 600 km et plus.
- Amplification via la technologie EDFA ou Raman.

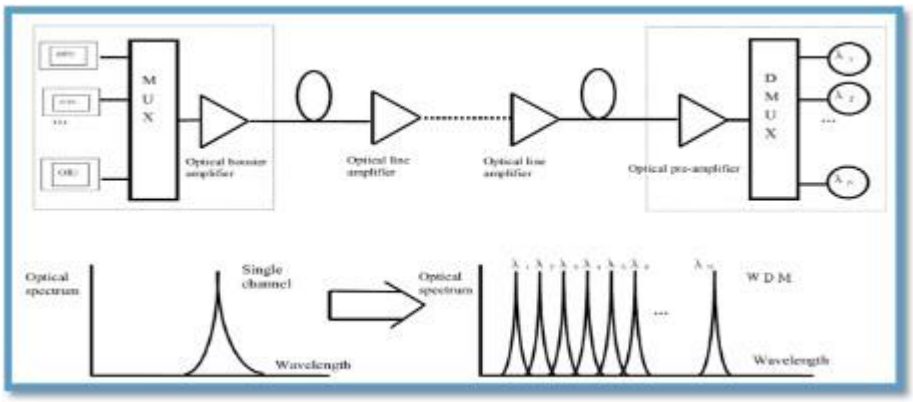

Figure 2. 17: structure et spectre optique d'un système DWDM.

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

A la réception, les signaux sont amplifiés par les préamplificateurs optiques (principalement utilisés pour augmenter la sensibilité de réception et prolonger la distance de transmission) et envoyés vers le démultiplexeur optique qui les sépare en signaux optiques d'origines. (A. LEMNIAI, 2015)

A. Utilisation du multiplexage par répartition en longueur d'onde dense

Le transport de données à très haut débit entre Data Centers et une bande passante élevée sont des besoins croissants pour les entreprises afin d'assurer la réplication, les plans de PRA ou PRC (Disaster recovery). L'accès aux applications, aux systèmes de stockage, les applications vidéo ou de nouveaux services critiques, les besoins de réplication, nécessitent des transferts de données volumineux et une bande passante disponible de plus en plus élevée.

La Consolidation des applications pour de nombreux clients dans les centres d'hébergement ne fait qu'accroître cette tendance. Les opérateurs de fibre noire permettent de mettre à disposition la capacité requise à très haut débit de par la forte bande passante des fibres optiques. Les Data Centers, par exemple, peuvent utiliser les technologies de multiplexage de longueur d'onde sur fibre optique CWDM/DWDM afin de tirer le meilleur parti de la bande passante disponible.

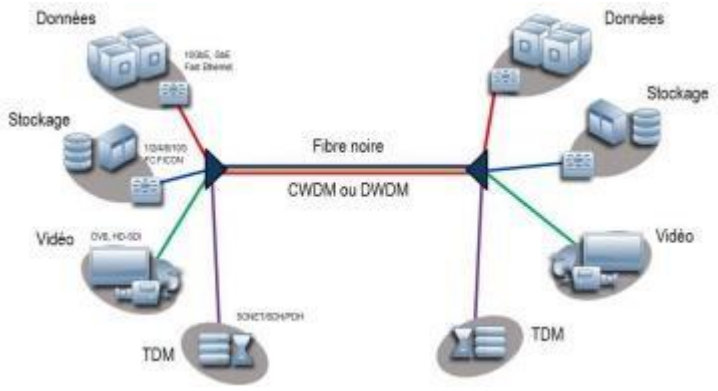

Figure 2. 18: L'utilisation de fibre noire par les Data Centers.

Les solutions de transmission optique CWDM/DWDM permettent ainsi de transporter des réseaux Ethernet 10/40/100G, Fiber Channel 4/8/16G et ATM sur des distances de plus de 100kms et sur une seule fibre optique. Les solutions CWDM sont plus adaptées pour un nombre limité de canaux (8 longueurs d'ondes) et des distances de 40Kms.

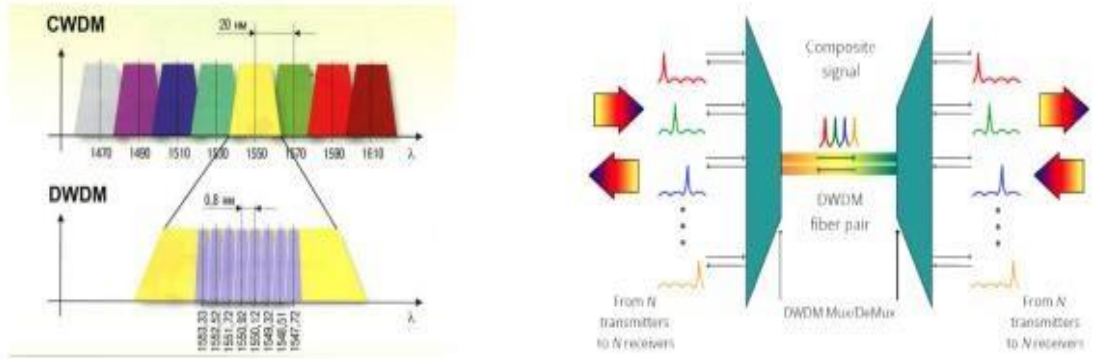

Figure 2. 19: CWDM et DWDM.

Les solutions DWDM permettent de multiplexer un grand nombre de canaux (96 canaux sur C-Band). La perte étant faible (0.2db) sur la bande de fréquence (C-Band), la technologie DWDM est adaptée pour multiplexer un grand nombre de services et de longueurs d'ondes ainsi que transmettre de grosses quantités de données sur de longues distances (+80Kms). (CLS computer linked sources)

B. Multiplexage par répartition en longueur d'onde dense passif

Les systèmes DWDM passifs ne comportent aucun composant actif. La ligne fonctionne uniquement grâce au budget optique des émetteurs-récepteurs utilisés. Aucun amplificateur de signal optique ni compensateur de dispersion n'est utilisé dans le processus. Les systèmes DWDM passifs ont une grande capacité de canal et un énorme potentiel d'extension, cependant la distance de transmission est limitée au budget optique des émetteurs-récepteurs utilisés. L'application principale du système DWDM passif concerne les réseaux métropolitains et les lignes de communication à vitesse élevée avec une grande capacité de canal.

C. Multiplexage par répartition en longueur d'onde dense actif

Les systèmes DWDM actifs sont généralement appelés des systèmes à base transpondeur. Ils représentent une solution efficace pour transporter de grandes quantités de données entre des sites dans les paramètres d'un centre de données. Le transpondeur prend en charge les sorties du format de commutateur SAN ou IP, généralement au format 850 nm ou 1310 nm, et les convertit en une conversion DWDM optique-électro-optique (OEO). Lors de la création de réseaux DWDM longue distance, plusieurs amplificateurs EDFA sont installés respectivement dans une ligne. Le nombre d'amplificateurs dans une section est limité et dépend du type de câble optique, du nombre de canaux, du débit de transmission des données, de chaque canal et de la valeur OSNR admissible.

D. Les avantages et les inconvénients de la technologie DWDM

DWDM est divisé en DWDM passif et DWDM actif qu'ont été illustrés dans le titre précédent ont des avantages et des inconvénients comme suit :

D.1. DWDM passif

DWDM passif qui ne comporte aucun élément actif il contient aussi des avantages et des inconvénients.

D.1.1. Avantages

Prix bas : contrairement aux réseaux backbone actifs avec des amplificateurs et de compensateurs de dispersion, le DWDM passif permet d'organiser un système à grande vitesse avec une grande capacité de canal avec des prix énormément bas. Par conséquent, moins de composants sont nécessaires et moins de temps de manœuvre est nécessaire.

Paramètres d'installation : En prenant en considération les optiques colorées, il n'est pas nécessaire de régler les longueurs d'onde pour toutes vos connexions. La seule chose à régler c'est de faire correspondre vos optiques colorées et de les brancher.

C.1.2. Inconvénients

Flexibilité : vous êtes limité aux fibres optiques colorées et à des longueurs d'onde plus petites sur la fibre de transport. De plus, à l'aide des appareils plus passifs, vous avez plus de difficulté dans la gestion. Et vous devrez commencer à gérer la même longueur d'onde sur plusieurs périphériques passifs, dont les objectifs différents sur chacun en fonction de votre configuration.

Contrôle : Si vous devez modifier une longueur d'onde ou une connexion pour n'importe quelle raison, votre choix se limite à le mettre hors service et à la déconnexion physique du câblage car la longueur d'onde est liée directement à fibre optique.

C.2. DWDM actif

Contrairement au DWDM passif le DWDM comporte des éléments actifs et il a des avantages et les inconvénients qui sont :

C.2.1. Avantages

Le DWDM actif peut adapter beaucoup de longueurs d'onde (couleurs) à une seule paire de fibres. Le signal envoyé sur une seule paire de fibres peut transporter plus de bande passante qu'un DWDM passif de la même taille, c'est-à-dire que vous n'avez pas besoin d'autant de fibres physiques entre vos deux sites (cela ne n'est pas nécessairement valable si vous avez besoin de beaucoup de

bande passante). Ceci est avantageux lorsque la distance pose problème, car elle vous permet d'avoir le plus d'une paire de fibre en comparaison à une passive.

Les configurations actives vous offrent plus de contrôle sur votre réseau optique. Vous pouvez à tout moment modifier les longueurs d'ondes sans perdre de connexions.

Flexibilité : Il est plus facile de modifier le DWDM Active en fonction de la croissance de votre réseau.

C.2.2. Inconvénients

Cher : Les configurations DWDM actives sont beaucoup plus coûteuses que les solutions DWDM passives. Si vous n'avez pas des besoins de longue distance, on vous conseille de ne pas choisir le DWDM actif.

Configuration : selon votre fournisseur, la configuration peut être une tâche difficile nécessitant une compréhension complète sur les réseaux optiques. Il y a en fait beaucoup plus de composants dans les builds actifs. (FS Community, 2018)

E. Phénomènes causer par le DWDM

La DWDM bien qu'elle ait beaucoup d'avantages mais elle compte aussi des effets et des phénomènes indésirables parfois, dont :

E.1. Le bruit

Le bruit généré par les éléments de la chaine optique est l'une des contraintes principales des réseaux de transmission optique, car il limite la distance maximale de transmission sur un système WDM. En effet, les transpondeurs sont capables de distinguer le signal du bruit jusqu'à une certaine limite au-delà de laquelle le signal ne pourra pas être interprété. Le bruit sur un canal est provoqué par des équipements actifs ou passifs (notamment les amplificateurs EDFA), par des canaux adjacents ou par des équipements tiers utilisant une couche photonique commune. Il peut être aussi généré par des éléments extérieurs comme les fluctuations de la température de la fibre. Ce paramètre doit être ajusté finement lors d'une nouvelle installation et suivi au cours du temps par le biais de la mesure du

rapport signal-bruit (OSNR) afin d'identifier toute dégradation de la qualité de transmission optique. (E.Camisard ,2019)

E.2. Dispersion chromatique

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

E.3. Dispersion matérielle

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

E.4. Dispersion de guidage

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

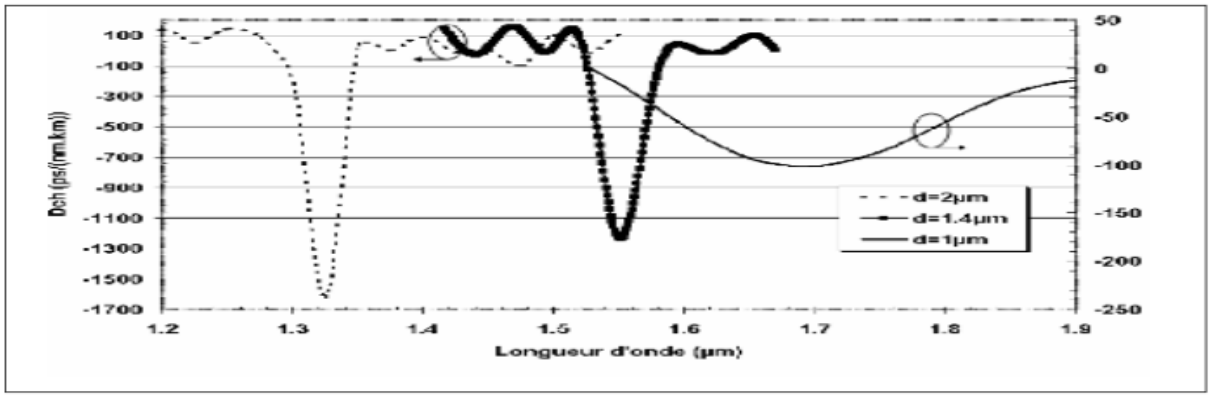

Figure 2. 20: Courbe de la dispersion chromatique.

La Figure 2.20, montre la courbe de la dispersion chromatique en (Ps/nm.km), en fonction de la longueur d'onde λ en (nm). Calée sur les fenêtres de transmission actuelle, dans la silice et sur les régions proches de l'infrarouge, la dispersion est : négative aux longueurs d'onde courtes, nulle à la longueur d'onde à peu près de 1.3 µm, et positive aux longueurs d'onde plus larges.

Dans une fibre monomode standard, le coefficient de dispersion chromatique est à peu près de 4 ps/nm.km à une longueur d'onde de 1,3 µm, et a peu près de 17 ps/nm.km à une longueur d'onde de 1,55 µm.

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

E.5. Dispersion de polarisation

Dans l'absolu, on ne réalise pas de fibre parfaite, le problème auquel nous nous intéressons ici est la polarisation de la lumière dans la fibre. En principe, la polarisation dans une fibre parfaitement circulaire ne devrait pas évoluer le long de la fibre. Un petit tronçon de fibre apparaît généralement comme une lame biréfringente avec un mode dit rapide et un mode dit lent qui a des polarisations rectilignes orthogonales. De plus, dans une fibre réelle, cette biréfringence et la direction des axes propres varient constamment et de manière incontrôlée, la polarisation devient alors rapidement imprévisible. Ce phénomène est dû à la non-symétrie de la révolution du profil d'indice dans le cœur de la fibre, non- symétrie intrinsèque à la fabrication de la fibre et/ou extrinsèque lors de la pose de la fibre. Les origines intrinsèques peuvent être une symétrie géométrique circulaire imparfaite de la fibre (non-homogénéité de l'indice). Les causes extrinsèques peuvent être dues à un écrasement, un étirement, une torsion ou une courbure de la fibre. Ceci induit un effet photo-électrique, d'où une biréfringence et une polarisation variable. Quand on envoie un signal sur une fibre biréfringente, sans se soucier de sa polarisation, on excite les deux modes à la fois. Chacun d'entre eux a sa propre vitesse de propagation. Ce décalage des temps de propagation de groupe a effet le dédoublement du signal à la sortie de la fibre, et donc un brouillage de l'information. (S.SAAD, 2020)

E.6. Les effets non linéaires

Les systèmes de transmission optique sont conçus dans l'hypothèse d'une transmission linéaire. Les effets non linéaires présentent un des mécanismes fondamentaux qui limitent la quantité de données qui peuvent être transmises sur une fibre optique. Un effet est dit non linéaire, si la réponse à la contrainte d'un système n'est pas proportionnelle (pas linéaire) à la contrainte appliquée. Dans le

cas de l'optique non linéaire ; la contrainte correspond à un champ électromagnétique et la réponse varie selon le milieu traversé : émission de longueurs d'ondes, amplification du signal,...etc. (W. BERROUANE, 2018)

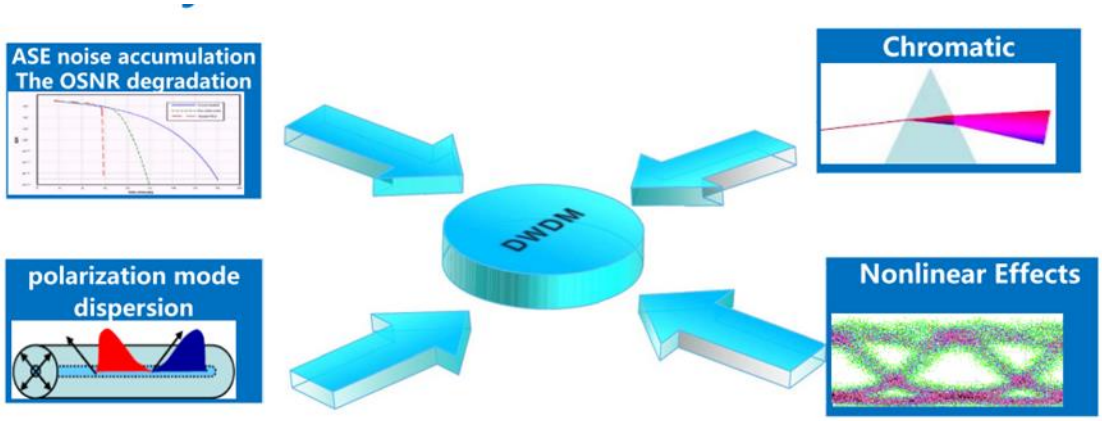

Figure 2. 21: Défauts DWDM.

5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons parlé en général des différents types de réseaux backbone principalement des Switches et des routeurs, des réseaux DWDM et expliquer ces principaux éléments et de ces avantages et inconvénients, qui nous sont nécessaires pour l'implémentation de la topologie qui nous a été proposer au sein de notre stage qui comportera une nouvelle solution de supervision d'un réseau d'équipements de transmission de fournisseur FIBERHOME à l'aide d'un nouveau réseau backbone.

Chapitre 3 : Étude de conception de la solution

1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons nous focaliser sur la solution de migration du réseau DCN du réseau de transport d'Algérie télécom pour la plateforme HUAWEI de la boucle actuelle métro FIBERHOME vers les nouvelles boucles Metro IP / Backbone, nous commencerons par décrire l'état des lieux ainsi les problèmes liés aux réseaux DCN existant, par la suite nous présenterons l'implémentation de la solution DCN.

2. Etat des lieux

Le réseau de transport d'Algérie télécom de la plateforme FIBERHOME est constitué de différents équipements xWDM qui sont connectées à deux serveurs de supervision NCE-T situés sur deux sites différents Alger et Oran pour la redondance.

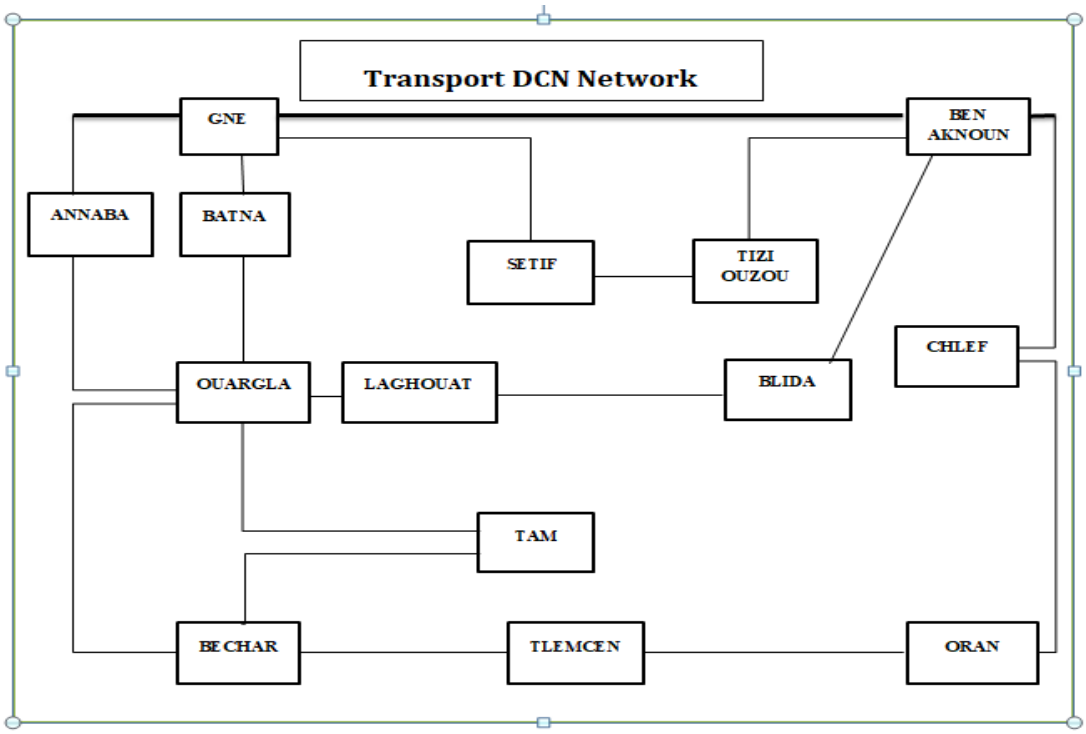

Figure 3. 1: Réseau DCN actuel.

L'ancien Réseau DCN était assuré via la boucle métros FIBERHOME déployée comme la montre la figure précédente :

3. Les problèmes constatés

Les problèmes constatés sont résumés comme suit :

- 20 % des équipements de transmission n'étaient pas supervisés, cela est causé par le nombre important des NE rattachés au GNE qui ne devraient pas dépasser un seuil optimal de 61 NE par GNE, cette surcharge est due au nombre limité des GNE ;
- Le manque de support sur la boucle DCN FIBERHOME ;
- Une topologie partiellement maillée non extensible le réseau est constituée d'uniquement 14 nœuds de convergence ;
- Plan d'adressage constitué d'adresses IP public et incohérent ;
- Les Gateway sont repartis géographiquement uniquement sur les wilayas d'Alger-Oran-Ouargla et Constantine, ce qui est insuffisant et engendre des problèmes de surcharge, exemple : le management de la wilaya de Blida passe à travers les Gateway d'Alger ce qui représente une charge énorme sur ces dernières ;
- Nombre de canaux de communication NE-ECCMANAGEMENT très élevés dépassant le seuil optimal de 61 ce qui engendre le redémarrage des cartes de contrôle GSCC donc la perte de communication ;

4. Objectif

L'objectif principal consiste à migrer le réseau DCN en utilisant le nouveau réseau Metro IP/ Backbone, ce dernier contrairement à l'ancien est bien maillé et déployé sur le territoire national.

Les nœuds de convergence de transmission ou GNE existants et ceux qui vont être créés par la suite seront interconnectés au nouveau réseau DCN comme suit :

Figure 3. 2 : Les nœuds de convergence de transmission.

En suivant un nouveau plan d'adressage cohérent

5. Description de la solution

Le schéma ci-dessous est l'ancienne boucle DCN avant les modifications et illustre la solution établie :

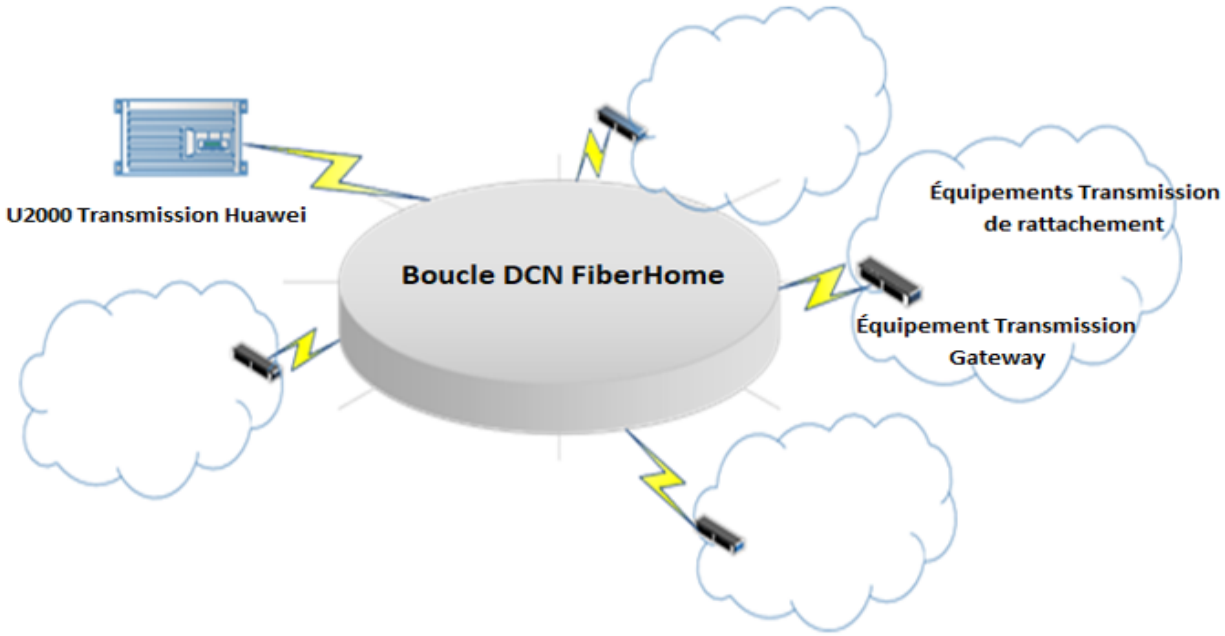

Figure 3. 3 : Topologie actuelle.

Dans la figure ci-dessous nous avons ajouté les équipements de HUAWEI et déconnecté les équipements de FIBREHOME.

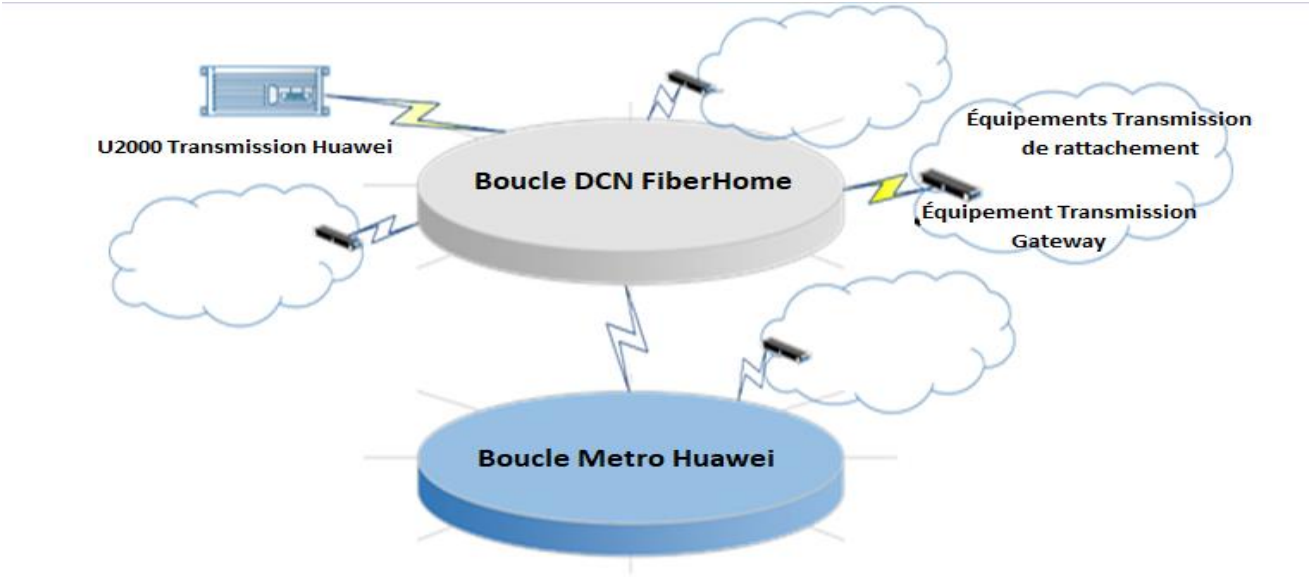

Figure 3. 4: Topologie de transition.

Cette figure contient la dernière modification de la boucle DCN où on enlève les équipements de FIBREHOME :

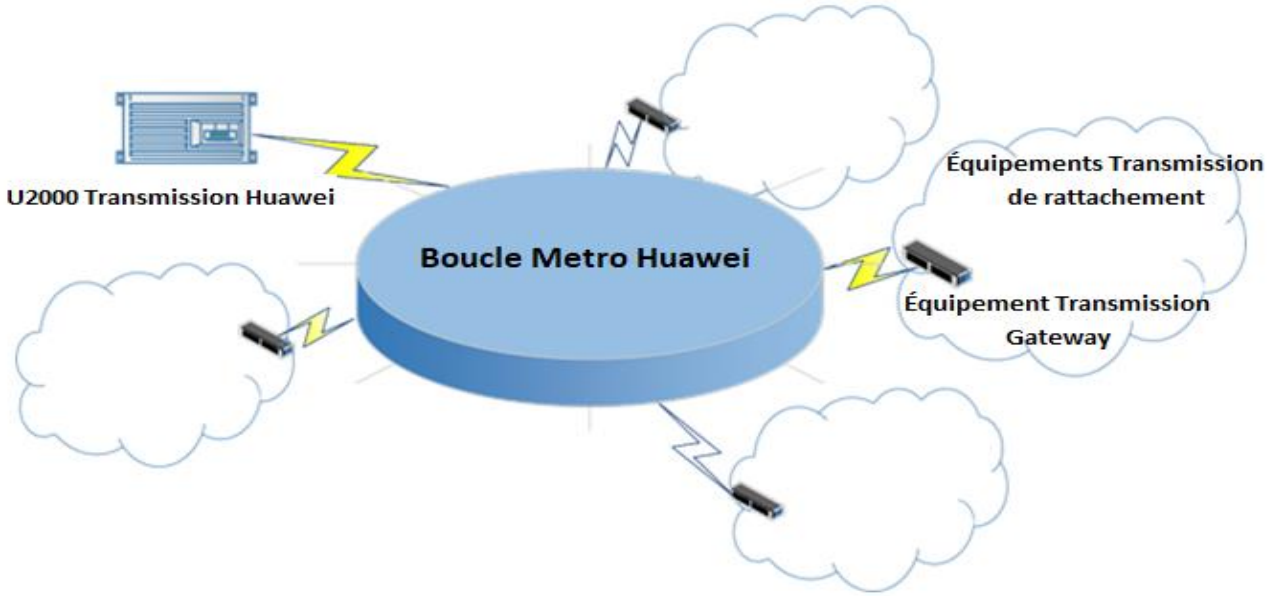

Figure 3. 5: Topologie cible.

6. Représentation de la solution

Nous allons d'abord décrire les étapes de la création d'un réseau de transport à partir du serveur de FIBERHOME UNM2000, notre topologie test sera constituée de quatre NE,

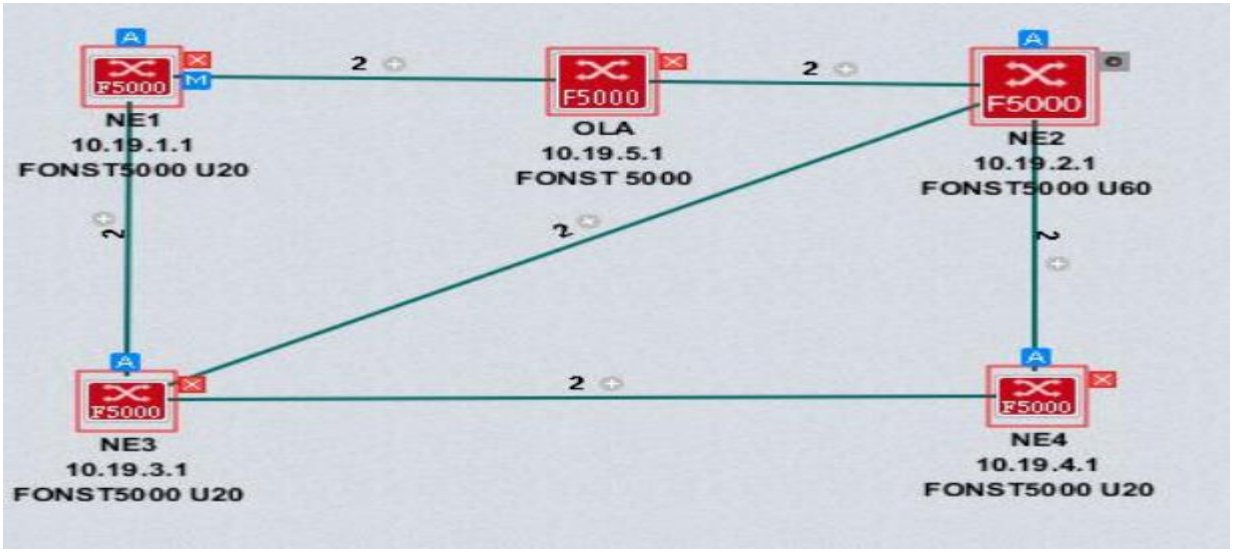

Figure 3. 6 : Le réseau de transport.

L'adressage IP sera configuré comme suit :

Tableau 3. 1 : Les adresses IP des éléments NE.

Node	Sub rack	IP ADDRESS
NE1	WDM+OTH	10.19.1.1
NE2	WDM+OTH	10.19.2.1
NE3	WDM+OTH	10.19.3.1
NE4	WDM+OTH	10.19.4.1
OLA	WDM	10.19.5.1

OLA est un équipement Amplificateur utilisé pour régénérer le signal entre deux équipements de distance à partir de 80 Km.

6.1. .Création d'un domaine logique

Après avoir créé le domaine logique nous allons par la suite créer les NE.

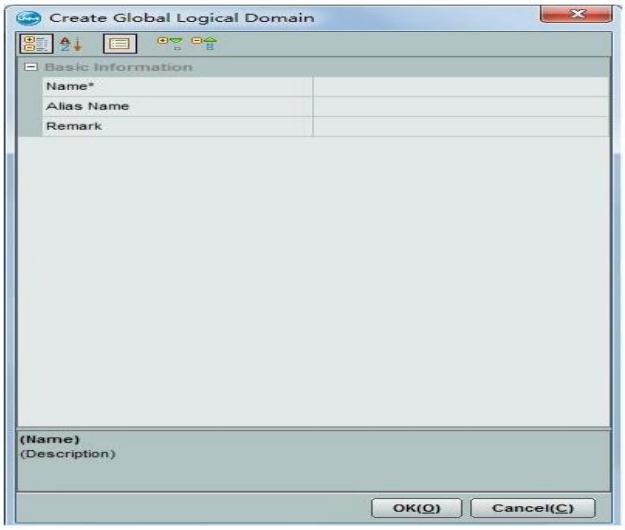

Figure 3. 7: Création de domaine logique.

6.2. Création des Éléments de réseau

Les NE seront contrôlés à travers l'UNM 2000, nous allons attribuer à chaque NE une adresse IP anisi le masque sous réseau, et spécifier Le type de NE ou GNE,

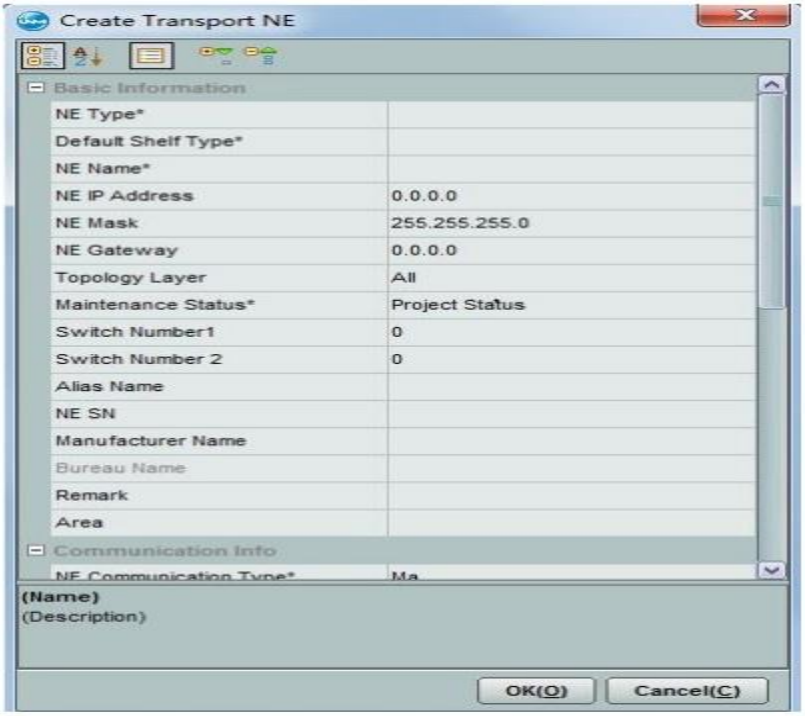

Figure 3. 8: Création des éléments NE.

Par la suite nous allons rajouter les cartes à chaque NE comme suit

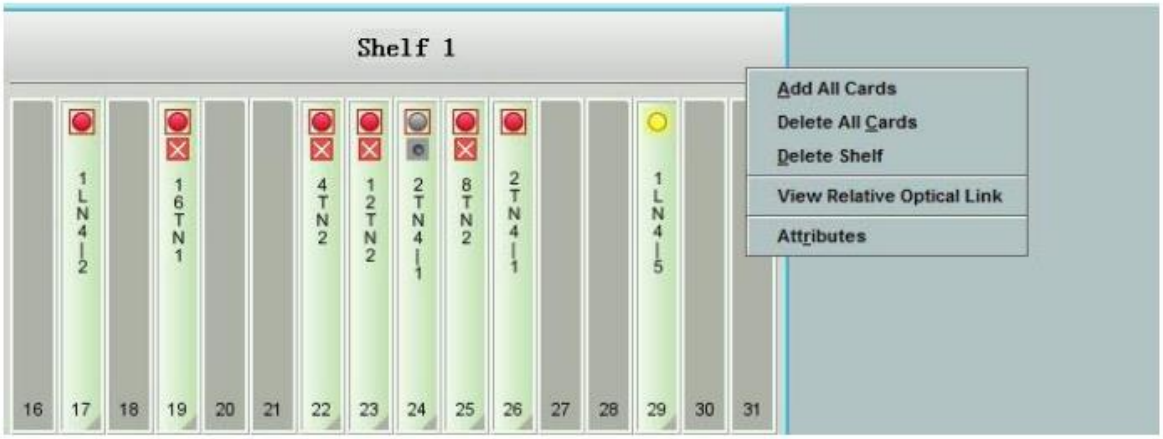

Figure 3. 9 : Ajouter Les Cares des NE.

Pour finaliser notre topologie test nous allons interconnecter les NE par fibre optique en indiquant le NE source et le NE destination comme suit :

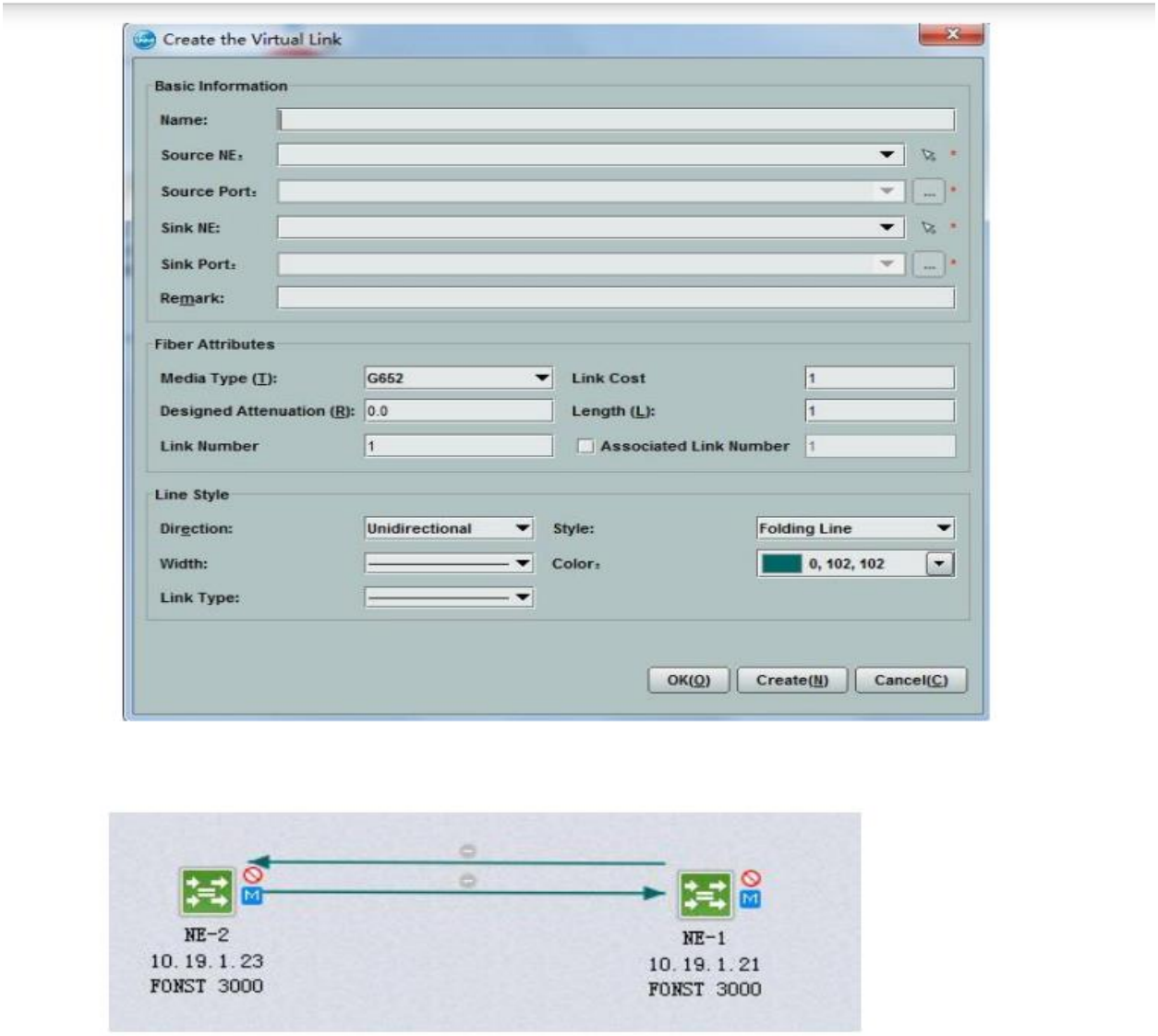

Figure 3. 10 : Liaison des éléments NE.

7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit l'état des lieux du réseau DCN, ainsi ces inconvénients pour cela une implémentation d'un nouveau réseau DCN est nécessaire, par la suite nous avons implémenté notre topologie de réseaux de transport DWDM qui va être contrôlée et supervisée à travers le logiciel de FIBERHOME ''UNM 2000'',

Dans l'étape qui suit, nous entamerons le simulateur que nous allons utiliser pour tester notre solution de la partie Backbone qui est le '' eNSP '' ainsi des résultats obtenus.

Chapitre 4 : Implémentation de la solution proposée

1. Introduction

Afin de réaliser la simulation de la topologie proposée dans le chapitre qui précède, nous allons utiliser le logiciel eNSP spécialisé dans la simulation des équipements de réseau réels, nous commençons par une initiation de ce logiciel, pourquoi nous l'avons choisi, par la suite nous discuterons les résultats obtenus.

2. Présentation du logiciel

Network Simulation eNSP simplifie et rationalise le déploiement de ces nouvelles technologies. Cela permet aux utilisateurs de comprendre les nouvelles technologies dans les environnements virtuels et les capacités des réseaux modèles, et de comprendre avec précision le comportement et les performances des topologies lorsque les appareils, les interconnexions et les applications sont mis à niveau ou mis à l'échelle.

eNSP (Enterprise Network Simulator Platform) est une plateforme de simulation réseau propre à Huawei.cette plateforme aide les ingénieurs réseau et les praticiens des TIC à comprendre les produits HUAWEI, le fonctionnement et la configuration des produits de communication des données Huwei, Elle ne peut être installée qu'au niveau du système d'exploitation Windows (à partir de Windows XP).

Etapes d'installation du simulateur réseau eNSP :

- Installation d'Oracle Virtual Box.
- Installation d'eNSP Une fois eNSP lancé, une interface utilisateur est affichée.

La partie à gauche représente les différents équipements et supports de transmission supportés par eNSP (Switch, routeurs, équipements terminaux, etc.). La partie à droite représente des exemples de scénarios pratiques avec eNSP.

3. Les avantages du logiciel

Il y a plusieurs bonnes raisons pour lesquelles on doit choisir Huwei eNSP pour notre simulation de réseau.

Huawei Enterprise Network Emulation Platform (eNSP) est un outil graphique gratuit qui prend en charge l'émulation de réseau à grande échelle. Rapide à installer et facile à utiliser, il simule avec précision le déploiement et les performances des pare-feu, des commutateurs réseau, des routeurs et des périphériques WLAN dans votre réseau « tel que construit » ou un réseau virtuel où aucun périphérique n'est disponible.

4. L'utilisation du logiciel offre quatre avantages clés

4.1. Acquisition de connaissances accélérées

En simulant des équipements de réseau réels, eNSP permet aux experts en technologies de l'information et de la communication (TIC) et aux utilisateurs finaux de se familiariser rapidement avec la gamme de produits de réseau d'entreprise de Huawei. Il leur permet de comprendre et de maîtriser le fonctionnement, la configuration et l'optimisation des produits associés dans un environnement virtuel sans affecter les utilisateurs du réseau.

4.2. Comportement optimisé du réseau

eNSP reflète avec précision le comportement de votre réseau physique, fournissant un aperçu détaillé des performances de l'environnement d'exploitation de bout en bout (périphériques réseau, liens, protocoles et trafic) en temps réel. Il vous permet d'identifier rapidement les problèmes et d'ajuster les composants pour améliorer l'efficacité et les performances du réseau. Les informations obtenues permettent également d'identifier les lacunes en matière de capacités et de contribuer à la planification stratégique, à la construction, à l'exploitation et à la maintenance afin de construire des réseaux meilleurs et plus efficaces.

4.3. Évaluer la cyber-résilience

Avec la montée des cyberattaques, les entreprises doivent comprendre comment leurs systèmes et applications se comporteront en cas d'attaque. Huawei eNSP fournit une plate-forme pour les tests de résilience du réseau, vous permettant de combler l'écart avec un système de protection proactive du réseau basé sur l'IA

4.4. Test des applications et des services

Fournissant un environnement de test à faible coût pour les performances des applications dans diverses conditions, les eNSP permettent aux développeurs d'évaluer les performances et l'interopérabilité des applications avec des logiciels concurrents pour les ressources du réseau.

La plate-forme de simulation de réseau d'entreprise de Huawei offre les capacités dont on a besoin pour assurer l'évolutivité, les performances et la sécurité de votre réseau.

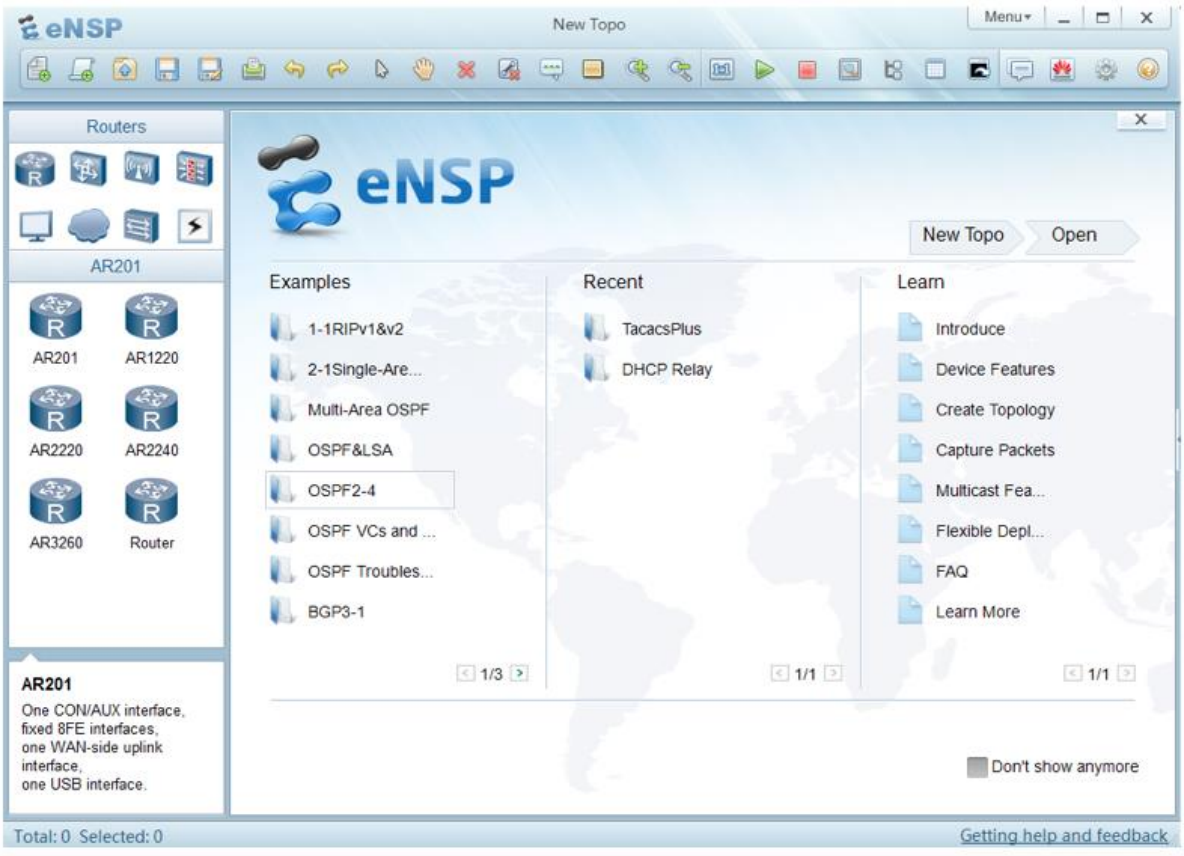

Figure 4. 1: Interface utilisateur d'eNSP.

5. Barre d'outils

La barre d'outils contient des options comme la sauvegarde, l'exécution et l'arrêt de la simulation, help …ect

Figure 4. 2 : La Barre d'outils d'eNSP.

6. Solution proposée

Dans notre travail nous avons simulé un DCN qui sert à la supervision et au monitoring d'un réseau de transport à travers un backbone de Switch et de routeurs déployés à l'échelle national d'Algérie télécom, dont le but de basculer le traffic de management de l'ancien backbone vers le nouveau afin d'éliminer les problèmes cités dans le chapitre trois, ensuite d'optimiser la performance et la qualité de ce dernier.

7. Eléments réseau utilisés

Nous avons choisi pour la couche transport les routeurs HUAWEI AR201 comme le montre la figure ci-dessous,

Figure 4. 3 : Le routeur HUAWEI AR201.

Pour la couche accès nous avons choisi les Switch de la série S3700 comme suit :

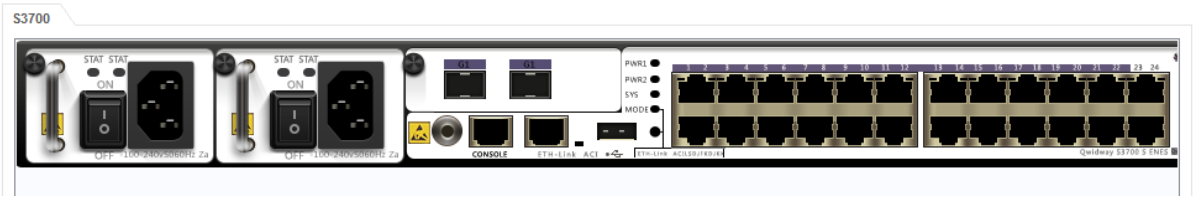

Figure 4. 4 : Le Switch S3700.

8. Etape de la configuration

1. La première étape sera de mettre en place la topologie ci-dessous :

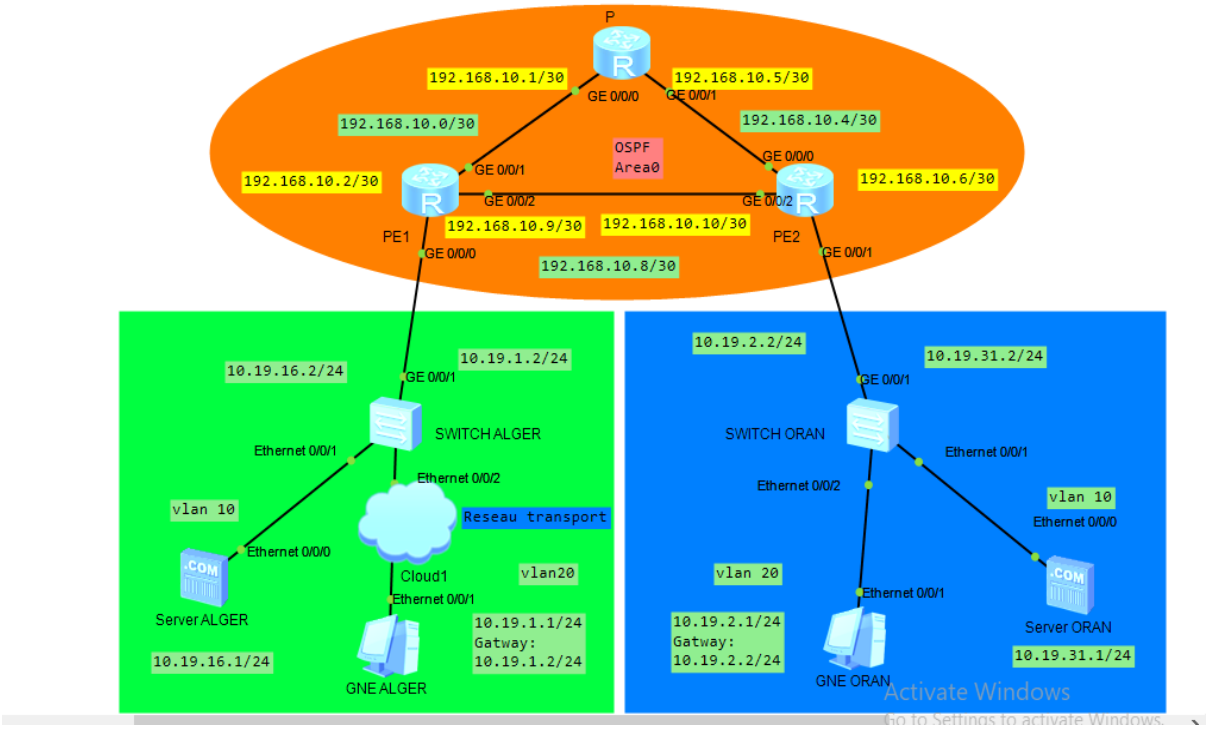

Figure 4. 5 : La topologie de Réseau transport dans eNSP.

2. Configuration des Routeurs :

Nous avons choisi l'OSPF comme protocole de routage, les routeurs sont dans la zone zéro (Area 0).

3. Configuration des interfaces des routeurs :

Le protocole de routage utilisé est l'OSPF, les routeurs sont dans la zone zéro, une fois les conditions de voisinages seront établies, chaque routeur partage sa table de routage aux autres

routeurs, des sous interfaces Vlan sont configurées afin de séparer le traffic des deux vlan 10 et 20 sur le port GE 0/0/0 et GE 0/0/1 des routeurs Edge PE1 et PE2 respectivement, le tableau ci-dessous explique en détail le plan d'adressage.

Tableau 4. 1 : La Configuration des interfaces et les adressages .

Equippement réseaux	Interfaces	IP address	Masque sous réseaux	Gateway
Provider Edge alger PE1	GE 0/0/0	10.19.1.2	255.255.255.252	/
		10.19.16.2		
	GE 0/0/2	192.168.10.9		
	GE 0/0/1	192.168.10.2		
Provider Edge oran PE2	GE 0/0/0	192.168.10.6	255.255.255.252	/
	GE 0/0/2	192.168.10.10		
	GE 0/0/1	10.19.31.2		
		10.19.2.2		
Provider P	GE 0/0/0	192.168.10.1	255.255.255.252	/
	GE 0/0/1	192.168.10.5		
Serveur Alger	Eth 0/0/0	10.19.16.1	255.255.255.252	10.19.16.2/24
Serveur Oran	Eth 0/0/0	10.19.31.1	255.255.255.252	10.19.31.2/24
GNE Alger	Eth 0/0/1	10.19.1.1	255.255.255.252	10.19.1.2/24
GNE oran	Eth 0/0/0	10.19.2.1	255.255.255.252	10.19.2.2/24

4. Les GNE Alger et Oran sont configures comme suit :

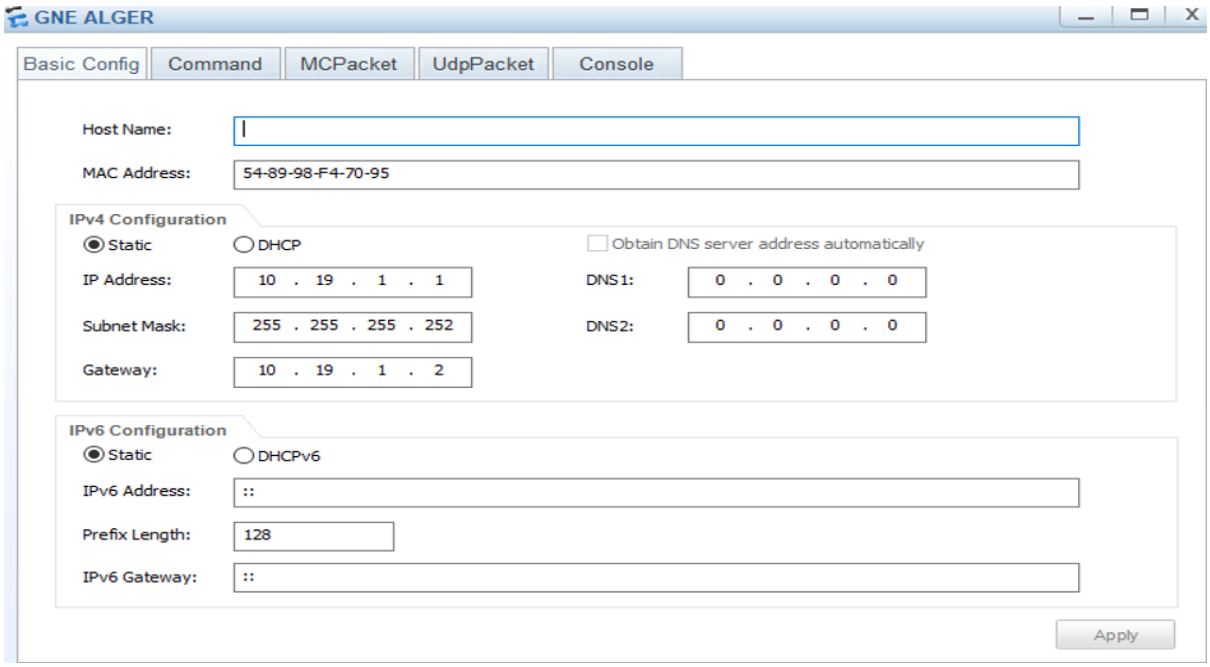

Figure 4. 6 : La configuration de GNE Alger.

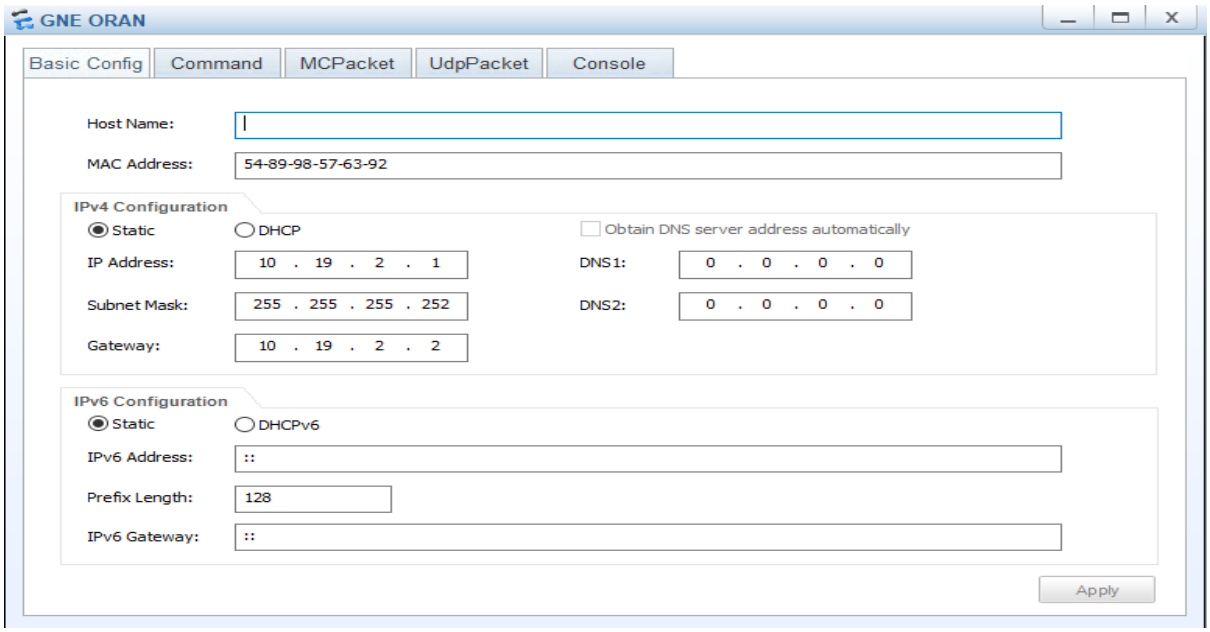

Figure 4. 7: La configuration de GNE Oran.

5. Les serveurs sont configurés comme suit :

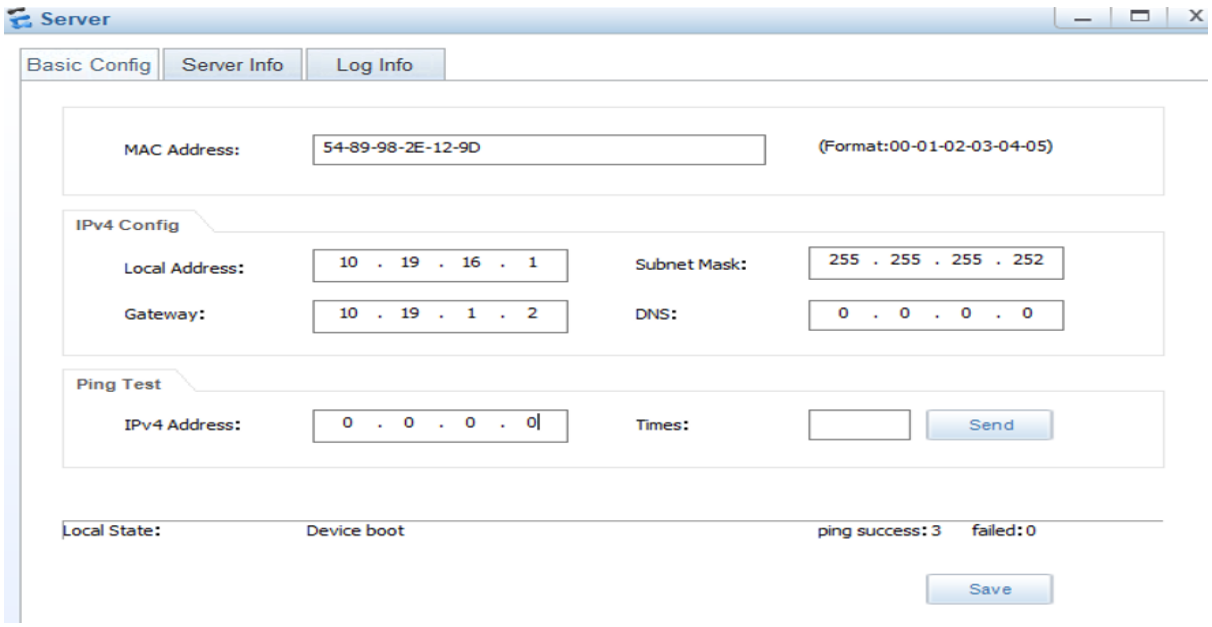

Figure 4. 8 : : La configuration de Serveur Alger.

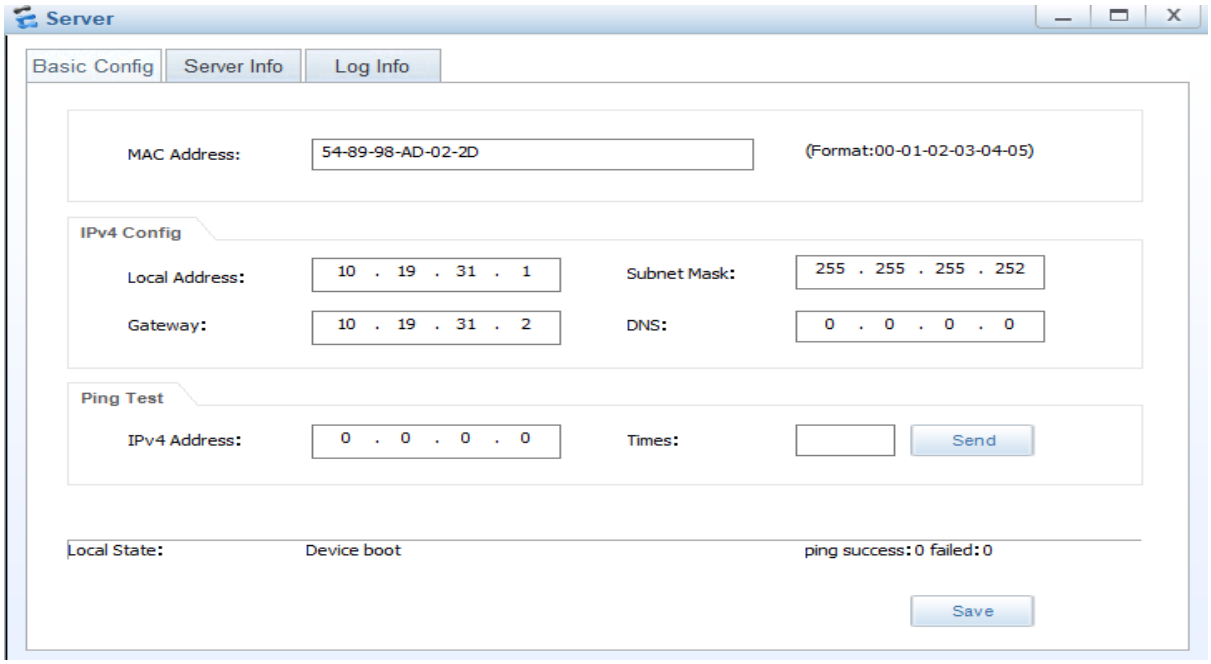

Figure 4. 9: La configuration de Server Oran.

5. Configuration Switch

Nous avons choisi pour notre approche de travailler sur des Switch couche 2, Alger et Oran, on a associé des Vlan comme suit :

Tableau 4. 2 : La Configuration Switch.

Nœud	VLAN ID	TYPE VLAN
GNE ALGER	20	ACCESS
GNE ORAN	20	ACCESS
SERVEUR ALGER	10	ACCESS
SERVEUR ORAN	10	ACCESS

9. Interprétations des résultats

L'objectif est d'assurer la connectivité du poste client (GNE) qui est localisé à l'établissement ENMSR a Ben Aknoun avec les deux serveurs l'un est à Ben Aknoun et le deuxième Backup localisé à Oran pour la redondance, Cette continuité est assurée via le Backbone,

Un test de Ping du poset client (GNE) vers le serveur est primordiale afin d'assurer l'acheminement des paquets. Une fois la connectivité est établie, les ingénieurs de l'ENMSR peuvent manager, superviser et configurer le réseau déployé à l'échelle nationale.

Dans la figure ci-dessous un test de Ping a été lancé afin de vérifier la connectivité du poste client (GNE Alger) avec le serveur Alger.

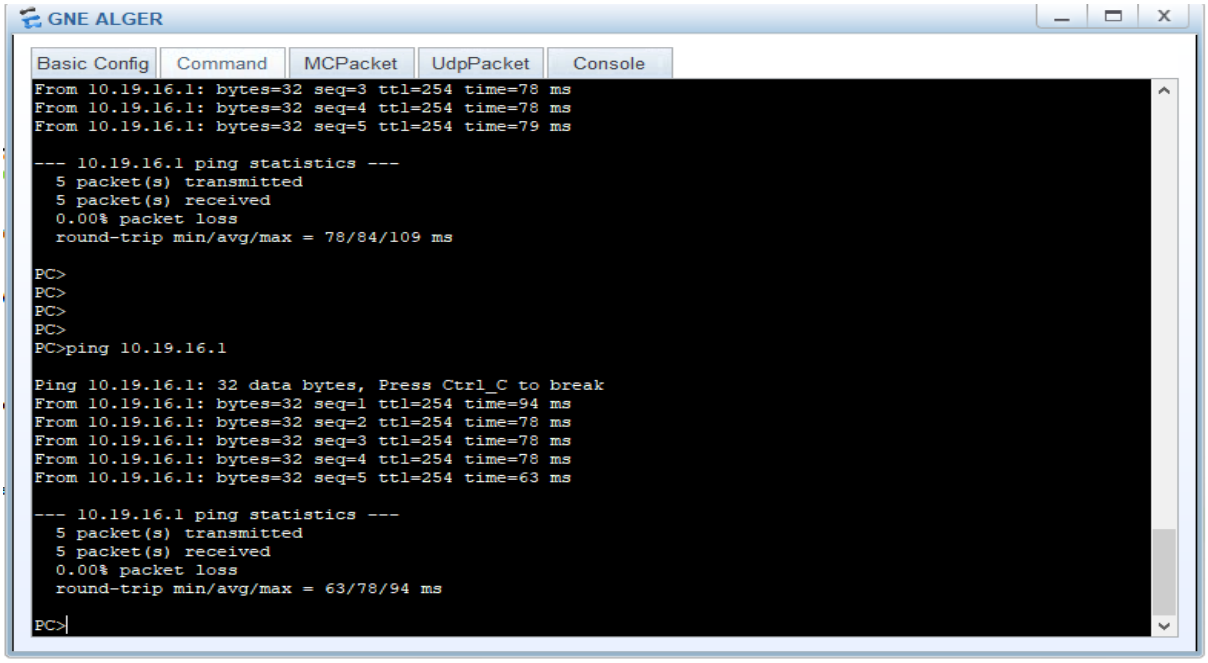

Figure 4. 10 : Test de Ping du GNE Alger vers le serveur Alger.

Dans la figure ci-dessous un test de Ping a été lancé afin de vérifier la connectivité du poste client (GNE Oran) avec le serveur Oran,

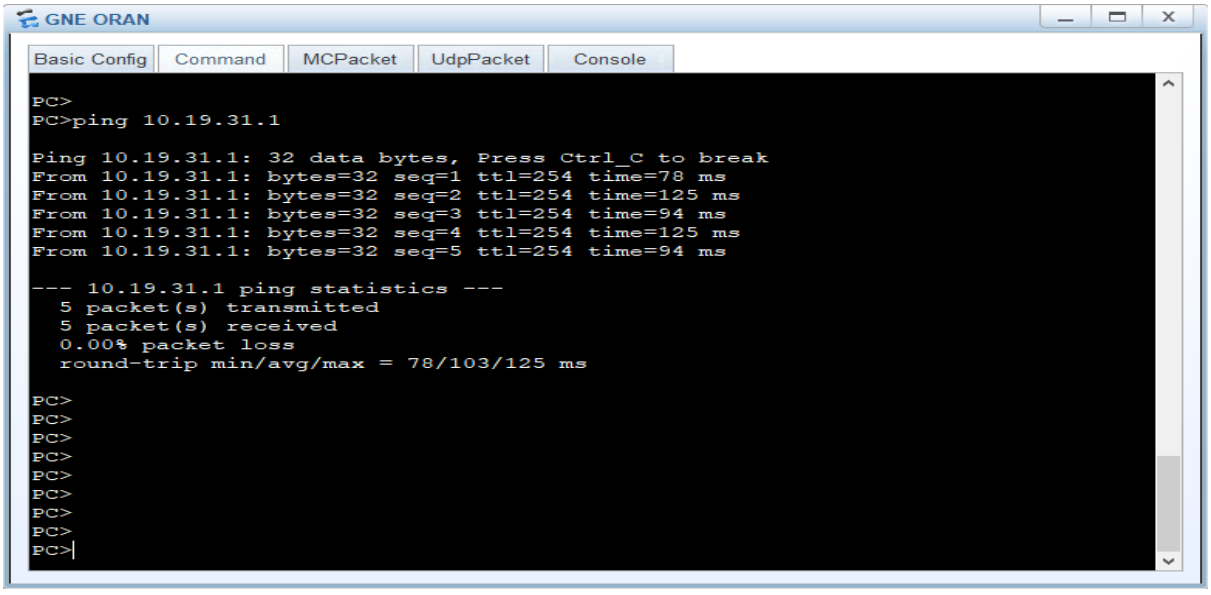

Figure 4. 11 : Test de Ping du GNE Oran vers le serveur Oran.

Les deux serveurs doivent être joignables par les deux postes clients (GNE), et ceci au cas où une anomalie est détectée au niveau de l'un des serveurs l'autre prend le contrôle.

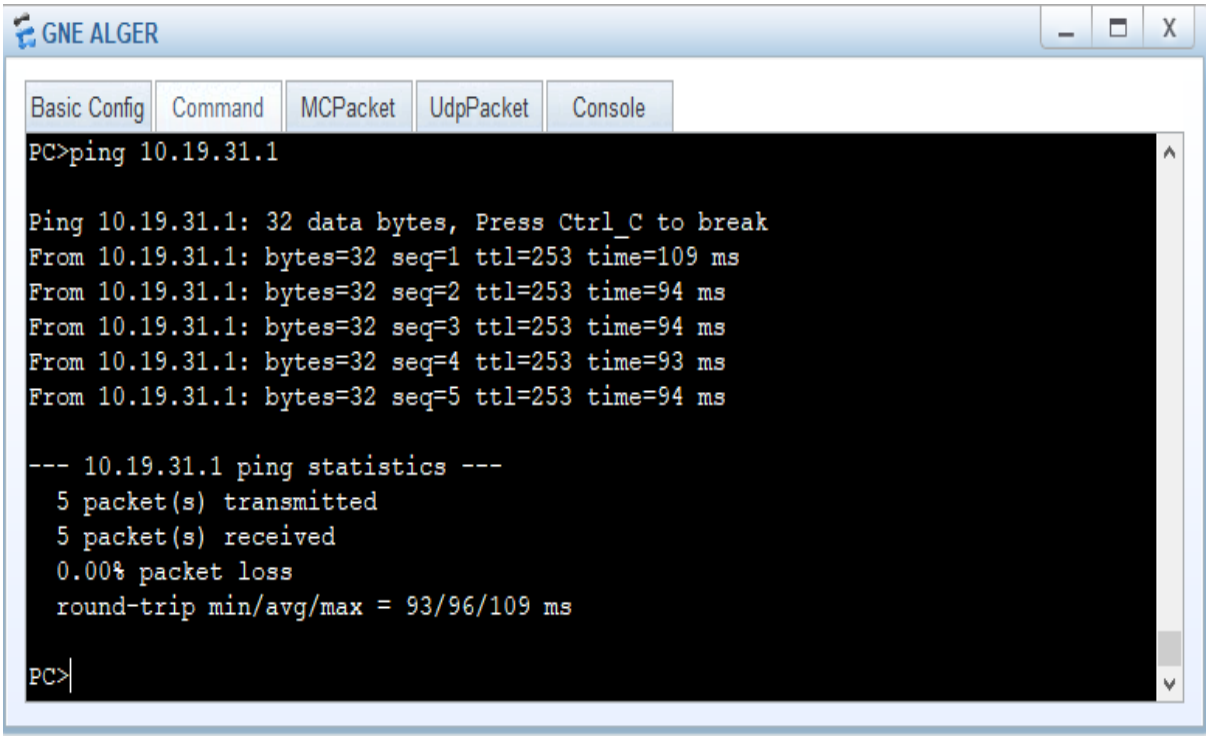

Figure 4. 12 : Test de Ping du GNE Alger vers le serveur Oran.

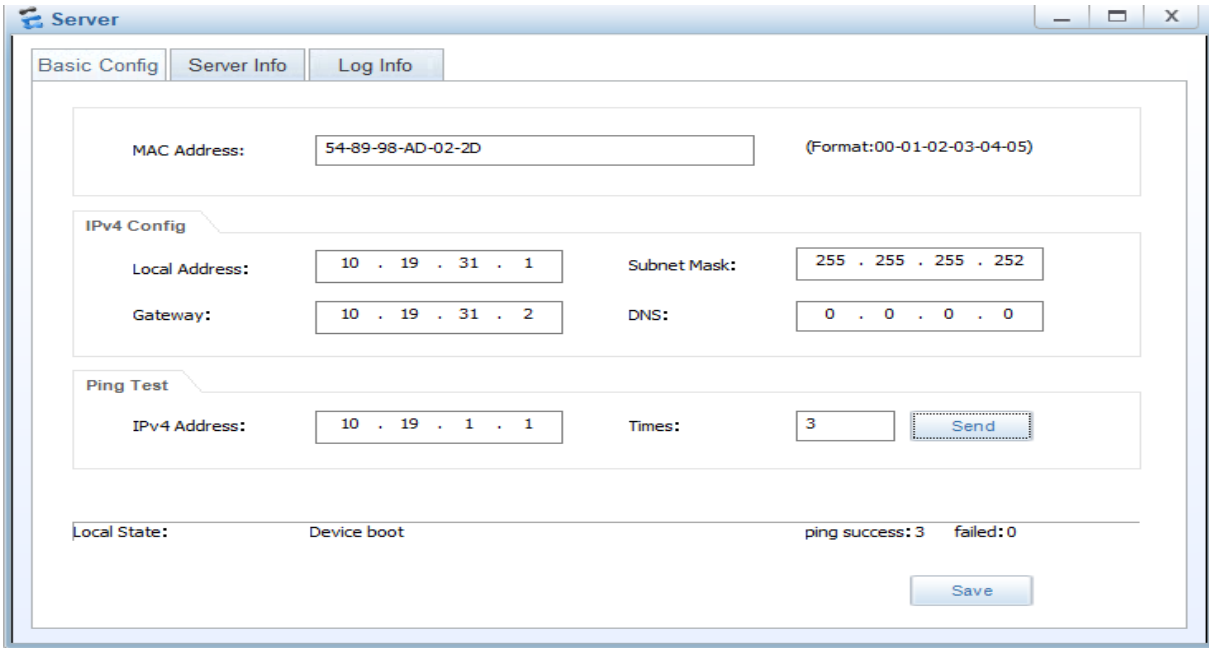

Figure 4. 13: Test de Ping du Server Oran vers le GNE Alger.

L'Ospf assure le partage des routes entre les différents routeurs.

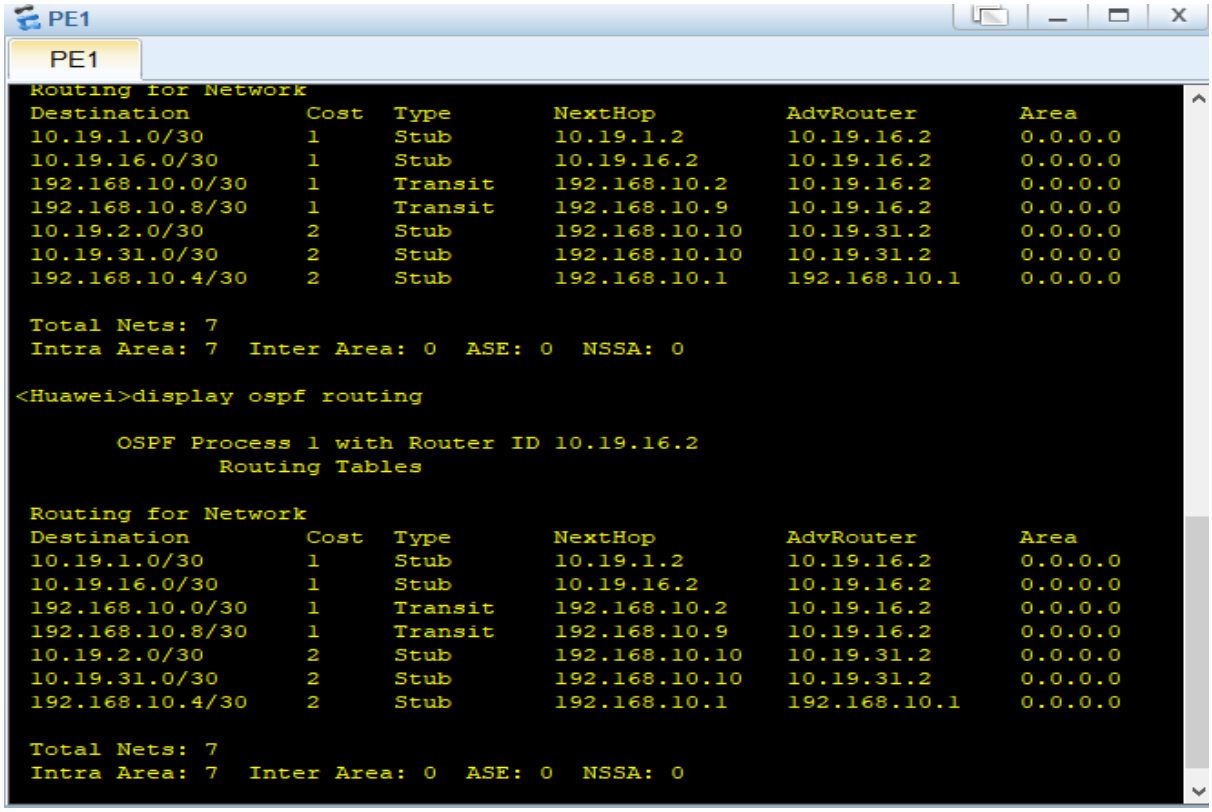

Figure 4. 14 : Table de voisinage de PE1.

10. Conclusion et perspectives

Les résultats obtenus sont concluants et montre que la connectivité a été effectuée avec succès grâce aux différents paramètres fixés dans chaque nœud, La redondance est un paramètre très important dans les topologies réseaux elle reflète la solidité, disponibilité et la sécurité, La supervision est assurée par le nouveau service DCN.

Concernant les perspectives il faut savoir que dans les réseaux de télécommunication nous sommes toujours face à des extensions, il faut savoir aussi qu'une charge sur le réseau est toujours existante malgré les améliorations qui ont été faites, ceci dit on cherche toujours à développer le réseau de transport et repartir davantage de Gateways au niveau de chaque wilaya et apporter des équipements d'une plus grande performance afin de remédier à ce problème.

Conclusion Générale

Pour conclure ce mémoire de fin d'études, nous avons pu voir la manière dont le réseau fonctionne, la transmission des données entre plusieurs éléments réseau, et étudié des protocoles importants dans notre réalisation qu'est l'SNMP. Nous avons aussi pu constater l'importance de ces éléments qui constituent le réseau et le rôle de chacun.

Dans la simulation, un logiciel plus développé et spécifique à notre but a été utilisé appelé eNSP, logiciel unique à Huawei.

Par la suite, cette simulation a concretisé un réseau en utilisant le logiciel mentionné précédemment et en créant le DCN, en assurant la connectivité entre les deux réseaux compris dans la simulation. Notre travail a consisté à employer l'OSPF afin d'assurer une redondance entre tous les éléments du réseau et éviter tout incident lié à l'interconnexion du réseau.

La WDM quant à elle a eu pour rôle d'optimiser le temps de gestion de ressources du réseau fibre optique.

Après la mise en place de Le DCN, nous avons conclu l'utilité de cette méthode dans la supervision réseau.

Bibliographie

(A.LEMNIAI, 2015) A.LEMNIAI, Etude et implémentation de la technologie NGWDM sur la boucle LW12 liant Oujda à Nador, Mémoire de Master, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès MAROC, 2015.

(A. IBEGHOUCHENE, 2012) A, IBEGHOUCHENE, Protocoles de Routage à l'Etat de Liaisons, Mémoire de Master, Université de TIZI-OUZOU, 2012.

(B.ACHOUR, 2015) B.ACHOUR, K.OULD DRIS, Implémentation d'un service Voix IP via VSAT/iDirect. Cas : CTS LAKHDARIA, Mémoire de Master, Université de TIZI-OUZOU, 2015.

(F.BENDJELLOUL, 2013) F. BENDJELLOUL, k. LAAROUSSI, Gestion Commerciale Répartie : Cas d'Algérie Télécom, Mémoire de Master, Université de Tlemcen, 2013.

(H. DJEHICHE, 2015) H. DJEHICHE, Y.TABET, Etude et simulation d'un réseau optique de transmission DWDM d'un réseau dorsal (backbone), Mémoire de Master, Université de BLIDA, 2015.

(H.ZAOUI, 2019) H.ZAOUI, Développement d'une interface logicielle pour la supervision du réseau intranet, Mémoire de Master, Université de Tlemcen, 2019.

(K. NOUALI, 2018) K. NOUALI, D. MOUMOU, Mise en place d'une solution ToIP sous le réseau Intranet d'Algérie Télécom, Mémoire de Master, Université de TIZI-OUZOU, 2018.

(M. BENNAT, 2018) M. BENNAT, Effet de la dispersion et de la modulation directe sur une liaison DWDM, Mémoire de Master, Université de Tlemcen, 2018.

(M.KHALEM, 2012) M.KHALEM, C.LADJ, Etude et supervision du réseau Data Communication Network (DCN), Mémoire de Master, Université de TIZI-OUZOU, 2012.

(M.MOKRETAR, 2019) M. MOKRETAR, N. NOURA, Étude et Conception d'un Système de Transmission Optique en Utilisant la Technologie WDM 4 x 20 Gbit/s, Mémoire de Master, Université de CHLEF, 2019.

(N.NOUAR, 2014) N. Nouar, I. Benkhelouf, Administration et configuration d'un outil de supervision ZABBIX sous linux, Mémoire de Licence, Université de Tlemcen, 2014.

(S. SAAD, 2020) S.SAAD, H.OBEIDI, Etude et mise en service de la technologie NG- DWDM au réseau Télécom, Mémoire de Master, Université de Tlemcen, 2020.

(S.HAMOUNI, 2014) S.HAMOUNI, F. BOUDJELI, Monitoring des performances et des incidents d'un réseau IP d'un opérateur mobile, Mémoire de Master, Université de TIZI-OUZOU, 2014.

(S.MOUSSAOUI, 2015) S.MOUSSAOUI, Z.OUAZENE, Les NGN á Algérie Télécom : Evaluation des performances du routeur de cœur de l'architecture DiffServ, Mémoire de Master, Université de Béjaïa, 2015.

(W. BERROUANE, 2018) W. BERROUANE, Etude de conception d'une chaine de transmission optique à très haut débit à base de semi-conducteur du type III-Nitrures, Mémoire de Doctorat aster, Université de SIDI BEL ABBES, 2018.

(Y.MAZOUZI, 2015) Y. MAZOUZI, L. BEN CHIKH, L'apport du marketing relationnel au sein d'une entreprise de service : cas d'Algérie Télécom, Mémoire de Master, Université de TIZI-OUZOU, 2015.

(E.Camisard ,2019) Émilie Camisard, GIP RENATER, Moufida Feknous, Exploitation des réseaux de transport optique, JRES 2019.

Webographie

1. (DCN, 2018) Feature Description - System Management, DCN, 2018. Consulté le 02/02/2022 Disponible sur : https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100058412/6ee037b2/overview-of-dcn

2. (DCN Configuration, 2018) Configuration Guide - System Management, DCN Configuration, 2018. Consulté le 02/02/2022 Disponible sur : https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100058923/26387282/example-for-configuring-dcn

3. (NowTeam, 2018) NowTeam, Commutateur réseau : Quel est le rôle du switch, 2018. Consulté le 02/02/2022 Disponible sur : https://nowteam.net/commutateur-reseau-role-switch/

4. (Malekal.com, 2020) Passerelle par défaut : définition et configuration, 2020. Consulté le 02/02/2022 Disponible sur : https://www.malekal.com/passerelle-par-defaut-definition-et-configuration/

5. (Zeste de savoir, 2022) La passerelle : les bases du routage. Consulté le 02/02/2022 Disponible sur : https://zestedesavoir.com/tutoriels/2789/les-reseaux-de-zero/veuillez-vous-identifier-pour-communiquer/la-passerelle-les-bases-du-routage/

6. (Alpcom, 2016) FIBRE OPTIQUE MULTIMODE ET MONOMODE, QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ? Consulté le 02/02/2022 Disponible sur : https://www.alpcom.fr/quelle-est-la-difference-entre-une-fibre-optique-multimode-et-monomode/

7. (Igm .univ ,2022) Transmission sur fibre optique : Multiplexage .Consulté le 02/02/2022 Disponible sur:

   http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2009/Transmission_sur_fibre_optique/multiplexage.html

8. (Viavisolutions, 2022) VIAVI fournit au marché des solutions de test pour construire, déployer et gérer les réseaux DWDM passifs. Consulté le 02/02/2022 Disponible sur : https://www.viavisolutions.com/fr-fr/solutions/dwdm

9. (CLS computer linked sources) Equipements d'acquisition : Transpondeurs (OTU). Consulté le 02/02/2022 Disponible sur : https://www.c-l-s.fr/copie-de-multiplexage-wdmb6b33419

10. (CLS computer linked sources) Architecture WDM .Consulté le 02/02/2022 Disponible sur : https://www.c-l-s.fr/copie-de-multiplexage-wdm

11. (FS Community, 2018) DWDM Passif vs DWDM Actif. Consulté le 02/02/2022 Disponible sur : https://community.fs.com/fr/blog/passive-dwdm-vs-active-dwdm.html