



MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention du diplôme de master
Systèmes Microélectroniques, de Télécommunications et de l'Informatique
Industrielle

Conception et déploiement d'un réseau NG-SDH Ericsson-Maroc Telecom

Réalisé par :

✚ Mr .Yassine EL HARRAZ

Encadré par :

✚ Pr. Farid ABDI

Soutenu le : 16 Juin 2014

Devant le jury composé de :

✚ Pr. F.ABDI

✚ Pr .M.LAHBABI

✚ Pr .M.JORIO

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2013/2014





Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail comme un témoignage d'affection, de respect et d'admiration
à:*

*Mes très chers parents pour leurs soutiens, affection et amour, leur confiance et patience
et pour leurs sacrifices infinis, je le dédie aussi à toute ma famille pour laquelle j'exprime
mon amour et mes respects les plus dévoués.*

*Tous mes amis et particulièrement les plus proches en témoignage des moments
inoubliables, des sentiments purs et des liens solides qui nous unissent.*

*Mes encadrants, pour leurs efforts déployés, pour leur assistance ainsi que pour leur
encadrement et la confiance qu'ils m'ont témoignée.*

*MES PROFESSEURS, POUR LEURS EFFORTS QUI M'ONT PERMIS D'ACQUERIR UNE
FORMATION DE QUALITE.*

*Tous le personnel de Sirecom, je dédie ce travail pour eux aussi, et qu'ils acceptent
d'agréer l'expression de mon respect le plus distingué.*

Yassine EL HARRAZ





Remerciements

*Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mon profonde gratitude à Monsieur **Abdelmajid ADRAOUI** directeur technique de projet, de m'avoir reçu dans son service.*

*Mes vifs remerciements s'adressent également à mon encadrant, Monsieur **Rachid BENRAHOU** chef de projet Transmission, pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression et le déroulement de ce travail.*

*Je tiens aussi à remercier Monsieur **Hicham LAOUDI** ingénieur de transmission, Monsieur **Mustapha AYOUBI** coordinateur de projet, et le staff des techniciens du service transmission pour leurs aides techniques et leurs soutiens.*

*Mes reconnaissances s'adressent également à Monsieur **Farid ABDI**, mon encadrant à la FSTF, pour ses remarques pertinents ainsi bien que ses précieux conseils. Je reste infiniment sensible à l'honneur qu'il m'a accordé en acceptant de m'encadrer. Qu'il trouve ici l'expression profonde de mes sincères reconnaissances.*

Mes vifs remerciements s'adressent également aux membres de jury qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir accepter de juger mon travail.

Je reste reconnaissant à Mr.H.ABARKAN le responsable de la formation SMTII et tous les professeurs du département génie électrique de la FSTF pour la formation de qualité qu'ils nous ont offerte.

Sans oublier, bien entendu de remercier mes collègues d'études, avec qui, j'ai vécu de très bonnes expériences, et je leurs souhaite une bonne continuation.

Nombreux sont ceux que je n'ai pas cités, qu'ils m'excusent et trouvent tous ma reconnaissance dans ces quelques lignes.





Résumé

Le présent rapport englobe les détails descriptifs du fruit d'un travail qui a duré quatre mois, et qui s'inscrit dans le cadre de la réalisation du projet de fin d'études au sein du service de transmission de la société SIRECOM.

Ce projet porte sur la conception et déploiement d'une liaison NG-SDH pour l'opérateur Maroc Telecom.

Durant notre stage, dans un premier temps notre tâche consistait à faire une étude globale sur les technologies PDH, SDH, NG-SDH et l'ensemble des équipements qui prennent en charge ces technologies notamment du fournisseur Ericsson. Et en deuxième lieu, l'étape suivante était de faire la conception et le Survey de la liaison NG-SDH dans la région Laayoune-Boujdour afin de quantifier la réalisation du projet, par la suite vient la phase de déploiement des équipements, et finalement la mise en service du réseau NG-SDH.





ملخص

يشمل هذا التقرير تفاصيل وصفية لعمل استمر أربعة أشهر، والذي يندرج في إطار إنجاز مشروع نهاية الدراسة داخل

قطب الإرسال لشركة Sirecom.

ويتمحور هذا المشروع حول تصميم وتنشيط شبكة الإرسال NG-SDH للفاعل في مجال الاتصال، اتصالات المغرب.

أثناء هذا التدريب، المهمة الأولى كانت إجراء دراسة شاملة على تكنولوجيات SDH، PDH، NG-SDH وعلى جميع الأجهزة التي تدعم هذه التقنيات خاصة منها تلك التي توفرها شركة أريكسون. والخطوة الثانية كانت تصميم لشبكة NG-SDH في منطقة العيون بوجدور لتقييم المشروع، بعد ذلك مرحلة تنشيط الأجهزة، وأخيرا وضع هذه الشبكة في إطار الخدمة.





Abstract

The present report includes descriptive details of a work that lasted four months, which is part of the project the end of studies, in the transmission service of SIRECOM Company.

This project focuses on the design and deployment of NG-SDH link for the telecommunications operator, Maroc Telecom.

During our training, our first task was to make an overall study on PDH, SDH, NG-SDH and all the equipment that support these technologies of the supplier Ericsson. The next step was to make a design and the Survey for NG-SDH link in Laayoune-Boujdour region, to quantify the achievement of the project, thereafter comes the deployment of equipment phase, and finally the commissioning of NG-SDH network.



Table des matières

Liste des figures :	10
Liste des tableaux	12
Liste des abréviations	13
Introduction générale	15
Présentation de l'Organisme d'accueil	17
I. Présentation générale de l'entreprise:	17
I.1. Les activités de SIRECOM:	17
I.2. Politique Qualité:	17
I.3. Ressources Humaines :	18
II. Organigramme de Sirecom :	18
Chapitre I: Etude générale sur la technologie NG SDH	20
Introduction:	20
I- la technologie PDH (plésiochronous Digital hierchy)	20
I.1. Caractéristiques de la technologie de transmission PDH :	20
I.2. Multiplexage PDH	20
I.3. Inconvénients de la technologie PDH :	21
II. La technologie de transmission SDH	22
II.1. La structure de multiplexage SDH définie par ITU-T:	23
II.2. Insertion d'affluents dans une STM1 :	26
II.2.1. Insertion d'affluent 140Mbit/s dans une STM1 :	26
II.2.2. Insertion d'affluent 34Mbit/s dans une STM1	29
II.2.3. Insertion d'affluent 2Mbit/s dans une STM1	32
II.3. la trame STM-n	32
II.4. INFRASTRUCTURE DU RESEAU SDH	33
II.5. Topologie et systèmes de protection des réseaux SDH	
II.5.1. Les topologies	34





II.5.2. Systèmes de Protection.....	38
II.6. SYNCHRONISATION DU RESEAU SDH	41
III-Nouvelle Génération SDH (NG-SDH)	42
III.1-Les nouvelles fonctions de la NG-SDH.....	43
III.1.1. GFP (Generic Framing Protocol).....	43
III.1.2. Concaténation virtuelle	44
III.1.3. Système d'ajustement de capacité de la liaison (LCAS).....	46
Chapitre II: Conception du réseau NG-SDH et Survey de Projet	47
I-Cahier des charges du projet.....	48
II-Conception de la liaison NG-SDH	49
II.1.Détermination du système protection	49
II.2.-Calcul de capacité souhaitée pour chaque nœud	49
II.3.Description des équipements	49
II.3.1. Description de L'OMS 1664	50
II.3.2. Description du SP01460.....	51
II.4.Conception de la liaison NG-SDH	53
II.4.1. Conception du site Laayoune LGD	53
II.4.2. Conception des sites Laayoune Port, Labradich et Alcabino.....	57
II.4.3. Conception du site Boujdour.....	55
III.1-Fiche de Survey du Site Laayoune LGD.....	61
III.2-Les sources d'énergie.....	62
III.3- Répartiteur numérique de trame (DDF)	62
III.4.Répartiteur optique de trame (ODF).....	63
CHAPITRE III: Déploiement du réseau NG-SDH	64
I-Procédure et instructions de sécurité	64
I.1.Autorisation d'accès à la salle des équipements.....	64
I.2-Exigences de sécurité.....	64
I.2.1. Qualité de Personnels.....	64
I.2.2. Outils et instructions pour l'installation	65
II- Planification de l'Installation	65
II.1. Matériels supplémentaires.....	65



II.2- Les étapes de l'installation des équipements	65
III-Déploiement des équipements NG-SDH	66
III.1.Fixation des équipements.....	66
III.2. Câblage.....	67
III.2.1. Câbles d'alimentation des équipements	67
III.2.3. Câble de management et de Synchronisation.....	68
Chapitre VI: Mise en service de la liaison NG-SDH	70
I-Description de l'outil de configuration LCT	70
I.1.Informations pour se connecter la première fois à l'équipement.....	70
I.2-Fenêtre principale de LCT.....	71
II-Mise en service de la liaison NG-SDH	72
II.1.Mise en service des ports Ethernet	72
II.1.1.Activation des ports de ligne 10*GE.....	72
II.1.2.Activation des ports 1GE	73
II.2. Mise en service des ports SDH	74
II.2.1.Activation des ports de ligne.....	74
II.2.2.Configuration de protection des ports	75
II.2.3.Configuration du brassage (cross-connection).....	75
.....II.2.3.1.Matrice de brassage.....	71
II.2.3.2.Configuration de	brassage 72
Conclusion générale	82
AnnexeI	83
AnnexeII.....	83
Bibliographie :.....	91
Webographie :	91



LISTE DES FIGURES :

Figure 1: Organigramme de Sirecom	19
Figure 2: Multiplexage niveau par niveau	21
Figure 3: Démultiplexage niveau par niveau.....	21
Figure 4: La structure de multiplexage des réseaux SDH.....	24
Figure 5: passage d'un réseau PDH vers un réseau SDH.....	25
Figure 6: Le conteneur C-4	26
Figure 7: Le virtuel conteneur VC-4.....	27
Figure 8: Les éléments de sur débit de Conduit POH.....	27
Figure 9: L'unité administrative AU-4	28
Figure 10: Les éléments de sur débit de section SOH	28
Figure 11: La trame STM-1	29
Figure 12: Processus d'insertion d'affluent 140 Mb/s dans la STM-1	29
Figure 13: le conteneur C-3	30
Figure 14: Le conteneur virtuel VC-3.....	30
Figure 15 : L'ajout d'un TU-PTR au VC-3	30
Figure 16: La structure TUG-3.....	30
Figure 17: Multiplexage par entrelacement des TUG-3	31
Figure 18: Constitution de conteneur C-4	31
Figure 19: Processus d'insertion de l'affluents 34Mbs dans la STM-1	31
Figure 20: Processus d'insertion de l'affluents 2Mbs dans la STM-1.....	32
Figure 21: La trame STM-n	33
Figure 22: Exemple d'une architecture d'un réseau SDH	33
Figure 23: Multiplexeur/Insertion extraction	34
Figure 24: Multiplexeur MTS.....	35
Figure 25: Exemple d'un brasseur.....	37
Figure 26: différentes topologies des réseaux SDH.....	38
Figure 27: envoi et réception du trafic via le canal normal	39
Figure 28: envoi et réception du trafic sur le canal de protection	39
Figure 30: Système de protection SNCP.....	40
Figure 29: Système de protection 1:N	40
Figure 31: Système de protection MS-SPRING	41
Figure 32: Synchronisation des réseaux NG-SDH.....	41
Figure 33: Les services supportés par les réseaux NG-SDH	42
Figure 34: Les deux types de la trame GFP	43
Figure 35: Les éléments de la trame GFP	44
Figure 36: Processus de concaténation virtuelle.....	45
Figure 37: Paramètres du protocole LCAS	46
Figure 38: Architecture de la liaison.....	49
Figure 39: l'équipement OMS 1664	51
Figure 40: Architecture de l'équipement SPO 1460	52
Figure 41 : Montage de le SPO1460 dans le site Laayoune LGD.....	55
Figure 42: Montage de l'OMS 1664 dans le site Laayoune LGD.....	56



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté Des Sciences et Techniques Fès
Département de Génie Electrique



Figure 43: Montage du SPO1460 pour le site Laayoune Port.....	58
Figure 44: Montage du SPO1460 pour le site Boujdour LGD.....	60
Figure 45: Photos des équipements.....	67
Figure 46 : Photos des équipements avec câblage	69
Figure 47: Première fenêtre de l'application LCT.....	70
Figure 48 : fenêtre principale du logiciel LCT	71
Figure 49: Activation d'un port 10*GE	73
Figure 50: Activation des ports 1GE	74
Figure 51: Activation des ports de la ligne SDH.....	74
Figure 52: Définition d'un port de protection.....	75
Figure 54: Paramètres de brassage	76
Figure 55: Arrangement des Vc-12 du port normal	77
Figure 56: Arrangement des Vc-12 du port normal	77
Figure 57: Arrangement des Vc-12 des ports de ligne (normale et secours)	78
Figure 58: Sauvegarde du brassage des Vc-12.....	79
Figure 59: Sauvegarde du brassage des Vc-4.....	79
Figure 60 : Brassage dans l'OMS	80
Figure 61 : Paramètres de configuration	81
Figure 62: Connexion des éléments des Vc-12 cartes LTU et Celles de ligne (STM-16)	81





LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Liste des abréviations	14
Tableau 2: Débits correspondent à la SDH.....	23
Tableau 3: Comparaison entre les deux standards SDH et SONET	23
Tableau 4: Cahier de charge de la liaison NG-SDH	48
Tableau 5: Les systèmes de protection pris en charge par l'OVS1664	50
Tableau 6: Types des interfaces et capacités supportés par SPO1460	53
Tableau 7: Tableau des affaiblissements de la liaison	54
Tableau 8: fiche de Survey du site Laayoune LGD.....	61
Tableau 9: Informations sur la source d'énergie.....	62
Tableau 10 : Informations sur le DDF	62
Tableau 11: Informations sur les ODF.....	63



LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Désignation
ADM	Add Drop Multiplexer
AU	Administrative Unit
AUG	Administrative Unit Group
DDF	Digital Distribution Frame
DXC	Digital Cross Connect
E1	2048 Kbit/s data rate
GFP	Generic Framing Procedure
LCAS	link capacity Adjustment Scheme
MSP	Multiplexing Section Protection
MS-SPRING	Multiplexing Section-Shared Protection Ring
MSOH	Multiplex Section Overhead
OADM	Optical ADD DROP Multiplexer
OAM	Operation Administration and Maintenance
ODF	Optical Distribution Frame
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
POH	Path Overhead
RSOH	Regenerator Section Overhead
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SFP	Small Form factor Pluggable
SNCP	Sub-Network Connection Protection
SOH	Section Over Head
STM	Synchronous Transport Module
TDM	Time Division Multiplexing
TU-n	Tributary Unit





Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté Des Sciences et Techniques Fès
Département de Génie Electrique



TUG-n	Tributary Unit Group
VC-n	Virtual Container-n

Tableau 1: Liste des abréviations





INTRODUCTION GENERALE

Le monde de l'industrie des Télécommunications change très rapidement, et les opérateurs se trouvent face à des défis et des contraintes technico-économiques pour assurer la satisfaction de leurs clientèles. La demande croissante en bande passante due à l'augmentation exponentielle du nombre d'abonnés, l'internet, les applications de calcul incluant les bases de données distribuées, les communications multimédia, ...constitue la contrainte majeure des opérateurs de Télécommunications.

Pour répondre à ces défis, les opérateurs cherchent toujours à renforcer leurs infrastructures, plus particulièrement l'infrastructure de transmission en adoptant des nouvelles technologies qui offrent des débits plus élevés, une flexibilité, et une facilité d'exploitation et maintenance des réseaux de transmission.

Aujourd'hui, La technologie de transmission NG-SDH (next generation SDH) est une solution très efficace pour répondre à ces défis. C'est une évolution de la technologie SDH (Synchronous Digital hierarchy) par l'intégration de trois nouvelles procédures à savoir la concaténation virtuelle, le système d'ajustement de la liaison et le protocole de tramage générique.

Grâce à l'ajout de ces trois fonctions, les fournisseurs d'équipements réussissent à intégrer sur les réseaux SDH le transport d'un nouveau type de trafic qui est l'Ethernet offrant plus de flexibilité de la bande passante et l'introduction de nouveaux services.

Notre projet de fin d'études (PFE) s'inscrit dans le cadre du projet NG-SDH Ericsson - Maroc Telecom qui consiste à faire une conception, déploiement et mise en service d'un réseau NG-SDH dans la région Laayoune-Boujdour. Cette liaison est composée de cinq nœuds que sont : Laayoune LGD, Laayoune Port, Labradich, Alcabino et Boujdour LGD.





**Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté Des Sciences et Techniques Fès
Département de Génie Electrique**



Le client (IAM) impose un cahier des charges définissant les liens à construire entre les différents nœuds de la liaison NG-SDH, la topologie du réseau en bus, et exige de travailler avec des équipements Ericsson.

J'ai débuté mon projet par une présentation des technologies de transmission numérique PDH, SDH et NG-SDH. Ce ci fait l'objet du premier chapitre de mon rapport.

Le deuxième chapitre étale l'étude du cahier de charge du projet, et une description des équipements du fournisseur Ericsson prenant en charge la technologie NG-SDH, ainsi une conception et une étude de Survey afin de permettre le montage et l'installation et quantifier la réalisation de projet.

Le troisième chapitre décrit les procédures d'installation des équipements. Quant au dernier chapitre, il expose les techniques de mise en service de la liaison NG-SDH en décrivant les outils et les méthodes de configuration des équipements.





PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

I. PRESENTATION GENERALE DE L'ENTREPRISE :

En quelques années, Sirecom (Société d'ingénierie et réseaux de télécommunication) a relevé de nombreux défis. Acteur incontournable d'ingénierie et de réseaux de télécommunication SIRECOM est aussi largement engagé dans l'ingénierie et l'installation des systèmes de transmission qui sont des projets structurants au Maroc.

Faisant preuve d'une capacité d'innovation exceptionnelle, SIRECOM réalise des performances en matière de réseaux de télécommunications remarquables qui dépassent largement les objectifs du plan stratégique. L'entreprise est engagée dans la diversification de sa gamme de services conçus et adaptés aux besoins de la clientèle.

Doté d'un système de management de qualité et d'une stratégie cohérente, SIRECOM affiche aujourd'hui de fortes ambitions au niveau national.

Nous avons la conviction que Sirecom dispose des compétences et des outils de qualité qui lui permettront de poursuivre un développement pérenne grâce à la mobilisation de son capital humain qui représente l'un des ingrédients clés du succès et l'une des garanties majeures de sa prospérité future .

Désormais, toutes les chances sont réunies pour que l'entreprise s'affiche parmi les leaders dans son secteur d'activité.

I.1. Les activités de SIRECOM:

- Réseaux de télécommunications.
- Les ateliers d'énergie.
- Construction clé en main des sites GSM.
- Installation des systèmes cœur de réseaux "MSAN, MSS, etc." .
- Ingénierie des systèmes de transmission.
- Ingénierie des réseaux d'entreprise.

I.2. Politique Qualité :

La qualité de nos produits est nécessaire pour assurer sa pérennité de notre société. Elle est un critère important lors de la décision d'achat de nos clients et crée un lien durable avec



eux. L'engagement d'assurer et de renforcer la renommée et le succès de notre entreprise ainsi de répondre aux exigences des clients, nécessite des efforts importants en ce qui concerne la qualité de nos produits et services.

Il est important d'éviter l'apparition de défauts et d'éliminer d'une manière conséquente toutes les sources de défauts dans tous les services, depuis l'obtention des propositions à l'utilisation des produits. Ceci permet non seulement de promouvoir la qualité et la satisfaction des clients, mais également de faire face à l'augmentation constante des coûts.

L'assurance et l'amélioration permanente de la qualité incombent à tous les employés de l'entreprise. Elles nécessitent un engagement intentionnel, une coopération active trans-fonctionnelle et le dialogue permanent avec le client en ce qui concerne la maîtrise de la production et le retour d'information.

Tous les employés ont le droit et le devoir de signaler tous les obstacles à une qualité parfaite.

I.3. Ressources Humaines :

Le Capital Humain de l'entreprise est la clé de succès que connaît l'entreprise et restera ainsi dans le futur.

Nos valeurs et notre culture d'entreprise ne pourraient exister sans ces employés qui œuvrent pour renforcer tous les jours ce professionnalisme et cette qualité de services qui nous sont propres. Ceci explique en grande partie l'accent mis par notre établissement sur le recrutement de compétences variées et sur la formation interne.

II. ORGANIGRAMME DE SIRECOM :

La société Sirecom repose sur la structure organisationnelle présentée dans la figure suivante :



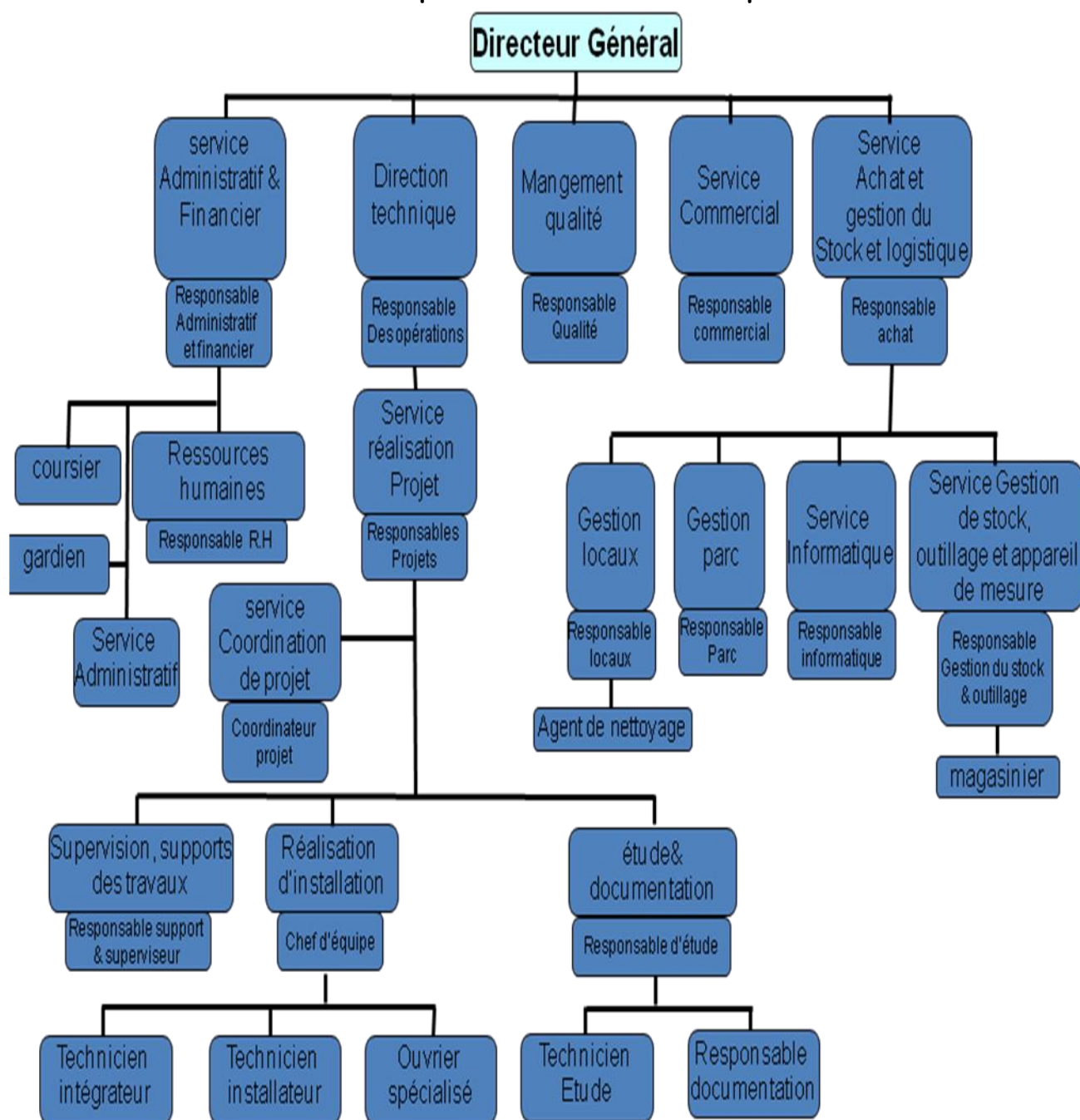


Figure 1: Organigramme de Sirecom



CHAPITRE I:

ETUDE GENERALE SUR LA TECHNOLOGIE NG-SDH

INTRODUCTION :

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) est une technologie standard pour la transmission de données synchrone sur des supports optiques. Il est l'équivalent international de réseau optique synchrone (SONET). C'est une technologie qui définit la structure de trame, le multiplexage, la hiérarchie de débits numériques, et la configuration des interfaces optiques. Elle offre la possibilité de transmettre dans une même trame des services de types et débits différents, tels que les conversations téléphoniques, les données informatiques, notamment Internet, et la vidéo numérique.

Avant de rentrer dans les détails sur la SDH, parlons premièrement de l'idée de base de la technologie de transmission pré-SDH qui est la technologie PDH (hiérarchie numérique plésiochrone).

I- LA TECHNOLOGIE PDH (PLESIOCHRONOUS DIGITAL HIERCHY)

I.1. Caractéristiques de la technologie de transmission PDH :

La PDH est née avec la numérisation des réseaux téléphoniques dans les années 1970. (Première technique de multiplexage numérique (1960/1970)).

Cette technologie est caractérisée par:

- Multiplexage par entrelacement de bit des signaux.
- L'adoption des dispositifs de multiplexage utilisent des horloges très légèrement différentes.

I.2. Multiplexage PDH

Depuis sa naissance, la PDH adopte la méthode de multiplexage asynchrone, les signaux à faible débit ne peuvent pas être directement insérés ou extraits à partir de signaux à haut débit, par conséquent, l'insertion (fig.1) et l'extraction (fig.2) doit être effectuée niveau par niveau ou bit par bit.

La figure suivante montre l'insertion d'un signal de 2 Mb/s dans un canal de débit de 140 Mb/s.

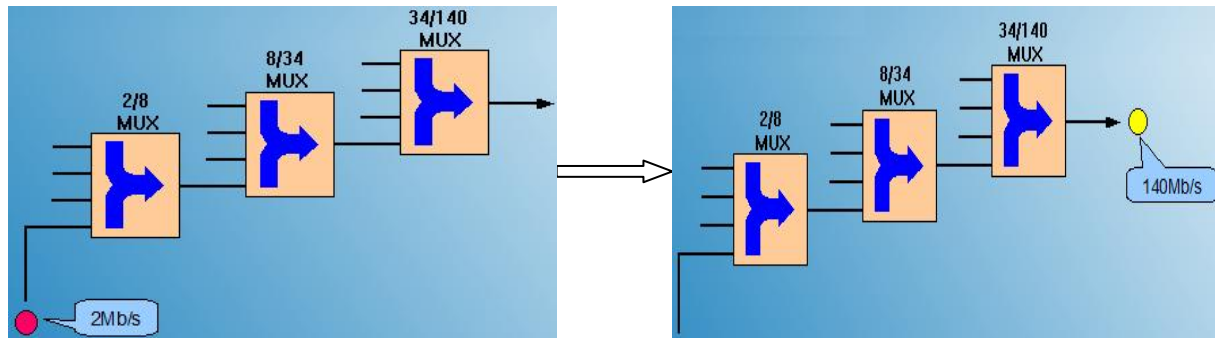


Figure 2: Multiplexage niveau par niveau

Nous voyons que nous ne pouvons pas insérer directement un signal de 2 Mb/s de débit dans un canal de 140 Mb/s, c'est une insertion niveau par niveau ou bit par bit.

Pour le démultiplexage c'est la même chose que le multiplexage, l'extraction d'un signal s'effectue niveau par niveau comme illustre la figure suivante.

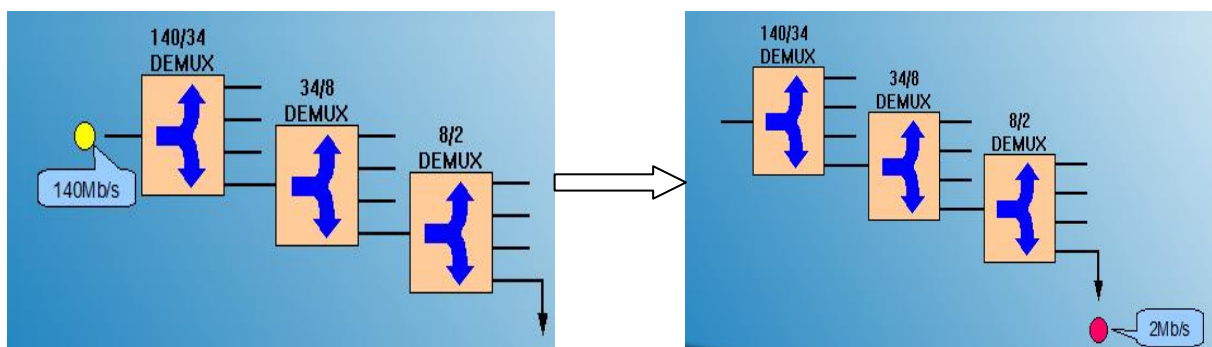


Figure 3: Démultiplexage niveau par niveau

I.3. Inconvénients de la technologie PDH :

Avant les années 1990, le réseau de transmission des opérateurs était basé sur les systèmes PDH ; une technologie qui a vu le jour avec la numérisation des réseaux téléphonique dans les années 1970. Toutefois, cette technologie présente des inconvénients:

Le premier est que le multiplexage/démultiplexage est fait niveau par niveau ; Ce qui augmente le coût, la consommation d'énergie, la complexité, entraînant la dégradation du signal et diminue la qualité de la transmission.

Dans la structure de la trame PDH, nous trouvons juste quelques octets supplémentaires utilisés pour les fonctions d'exploitation, administration et maintenance. Nous sommes donc



partis sans capacité de signal de secours pour apporter des améliorations lors de la transmission du signal.

L'absence de normalisation entraîne l'impossibilité d'interconnecter deux ou plusieurs hiérarchies provenant par exemple de pays différents (USA, JAPON, EUROPE) sans passer par un équipement intermédiaire.

Conclusion:

Vers la fin des années 1980, les grosses difficultés rencontrées au niveau de cette technologie seront résolues grâce à l'arrivée d'une nouvelle hiérarchie de transmission qui est la SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

II. LA TECHNOLOGIE DE TRANSMISSION SDH

La SDH vient pour répondre à certains nombre d'objectifs qui sont : la flexibilité, la visibilité, la facilité d'exploitation, la prise en compte des évolutions futures vers les hauts débits et l'interconnexion des systèmes de transmission:

La flexibilité d'un système de multiplexage se mesure d'une part par la facilité de Réorganisation du train résultant et d'autre part par la possibilité de transporter dans ce train des débits variés.

Le principe de multiplexage retenu pour la SDH est celui synchrone. Ce type de multiplexage procure une visibilité directe des signaux transportés à l'intérieur d'une trame de 155Mbit/s. Nous pouvons alors extraire ou insérer des affluents, réorganiser le multiplex sans effectuer l'ensemble des opérations de multiplexage/démultiplexage. De plus il est possible de transmettre dans une trame synchrone des débits non normalisés G.703.

Contrairement à la PDH, une partie relativement importante du débit est réservée aux différentes fonctions d'exploitation, d'administration et de maintenance, et existe aux différents niveaux des débits définis par la SDH.

Dans la SDH les trames à haut débit sont construites par multiplexage synchrone d'une entité de base normalisée (STM-1). Cette entité de base définit donc implicitement toutes les



trames à haut débit, Chaque trame est obtenue en rajoutant un sur débit de gestion au multiplexage des entités de base.

La figure suivante présente un tableau récapitulatif des débits en SDH :

Niveau SDH	Débit correspondant en Kbit/s
STM - 1	155.520
STM - 4	622.080
STM - 16	2.488.320
STM - 64	9.953.280

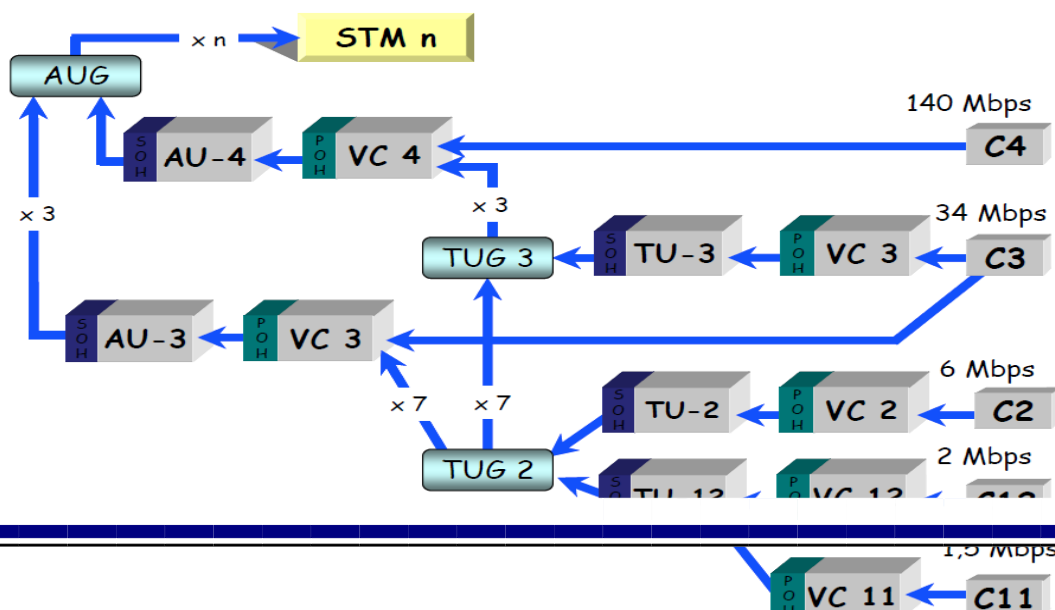
Tableau 2: Débits correspondent à la SDH

Comme énoncé en haut, la SDH est basée sur une technique de transmission fondée sur les concepts de SONET (technologie utilisée en Amérique) ; donc il existe une correspondance de débit entre les deux technologies :

STM	SONET	Débit
STM-1	STS-3/OC-3	155 Mbit/s
STM-4	STS-12/OC-12	622 Mbit/s
STM-16	STS-48/OC-48	2,5 Gbit/s
STM-64	STS-192/OC-192	10 Gbit/s
STM-256	STS-768/OC-768	40 Gbit/s

Tableau 3: Comparaison entre les deux standards SDH et SONET

II.1. La structure de multiplexage SDH définie par ITU-T:



La figure ci-dessous illustre la structure de multiplexage des réseaux SDH selon ITU-T. Définissons maintenant les différents éléments de cette structure:

Le conteneur Cn: est une entité dont la capacité est dimensionnée pour assurer le transport d'un des débits définis par le CCITT. Le conteneur joue le rôle de régénération du signal plésiochrone de départ. Il récupère l'horloge et transforme le code de transfert selon les débits entrants. Le " n " de Cn dépend du débit entrant, par exemple C4 correspond à 139264kbit/s, C3 à 44736 ou 34368 Kbit/s (selon le continent), C12 à 2048kbit/s, C11 à 1544 Kbit/s.

Le conteneur virtuel VCn : est obtenu à partir du conteneur en lui ajoutant un Sur débit de Conduit **POH** (Path OverHead) utilisé pour la gestion du conteneur. C'est le conteneur virtuel VC qui est l'entité gérée par le réseau SDH.



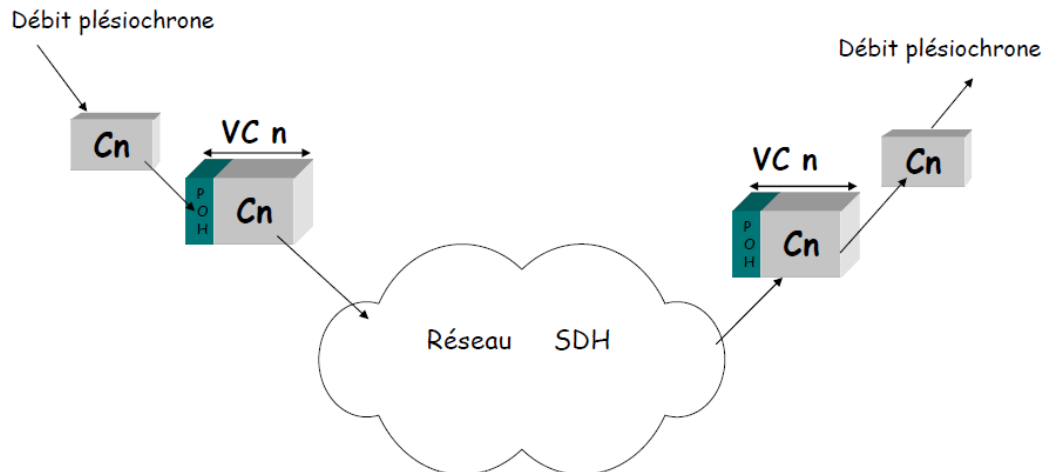


Figure 5: passage d'un réseau PDH vers un réseau SDH

L'unité d'affluent TU-n (Tributary Unit): est composée du VCn et d'un pointeur PTR associé. La valeur de ce pointeur indique l'emplacement du VCn dans la trame de transport utilisée. Ce pointeur est associé au processus de justification du VC dans la trame de transport.

Le Groupe d'Unité d'Affluent TUG-n :(Tributary Unit Group) représente une structure virtuelle de la trame permettant le multiplexage de TUn et n'est pas une nouvelle entité physique. Il constitue un regroupement de TUn dans un espace réservé d'une entité supérieure. Nous pouvons considérer que le TUG définit des règles de rangement des TUn dans cette entité supérieure, et à travers elle dans la trame de transport. Il existe :

- Le TUG 2 regroupant 3 TU12 ou 1 TU2.
- Le TUG 3 regroupant 7 TUG 2 ou 1 TU3.

L'unité administrative (Administrative Unit) AU: AU4 est composée du VC4 et du pointeur PTR associé. La valeur de ce pointeur indique l'emplacement du début du VC4 dans la trame de transport utilisée. Ce pointeur est associé au processus de justification du VC4 dans la trame.

Le Groupe d'Unité Administrative AUG: représente une structure virtuelle de la trame et pas une nouvelle entité physique. AUG correspond à la place que doit occuper l'AU4 dans la trame de transport utilisée. Les trames de transport **STMn** (Synchronous Transport Module)

sont obtenues en multiplexant n AUG (et non n STM1) et en rajoutant un sur débit dit Sur débit de Section **SOH** (*Section OverHead*). La trame de Base STM1 (155,520Mbit/s) contient un AUG et son SOH, la trame STM4 (622,080Mbit/s) contenant 4 AUG et son SOH, la trame STM16 (2488,320Mbit/s) contenant 16 AUG et son SOH.

Cette hiérarchie pose le problème du débit qui varie de plus ou moins Dx bit/s par rapport au débit nominal X bit/s du signal entrant. C'est pour cela que l'on utilise une opération qui permet de transporter un signal de débit variable dans une trame de débit fixe. Cette opération s'appelle la Justification. Nous parle de Justification positive, nulle et négative. Il suffit pour cela de prévoir dans la trame de transport une place allouée à chacun des affluents suffisante pour permettre de transporter leur plus grand débit possible. Puis grâce à des bits de remplissage (bourrage), nous obtenons le débit désiré.

A partir de ces connaissances, nous allons insérer des affluents à différents débits (140Mbit/s, 34 Mbit/s et 2Mbit/s) dans une trame STM1.

II.2. Insertion d'affluents dans une STM1 :

II.2.1. Insertion d'affluent 140Mbit/s dans une STM1 :

-Tout d'abord, le signal 140 Mb/s PDH est adapté via un bit de justification dans le conteneur C-4.

-Le conteneur C-4 contient 9 lignes * 260 colonnes (2340 octets).

-Le débit de la trame de C-4 est 8000 trames /s (une trame chaque 125 μ s).

-Donc le débit après l'adaptation devient: 8000 trames/s * 9 ligne*260 colonnes*8 bits =149.760 Mb/s.

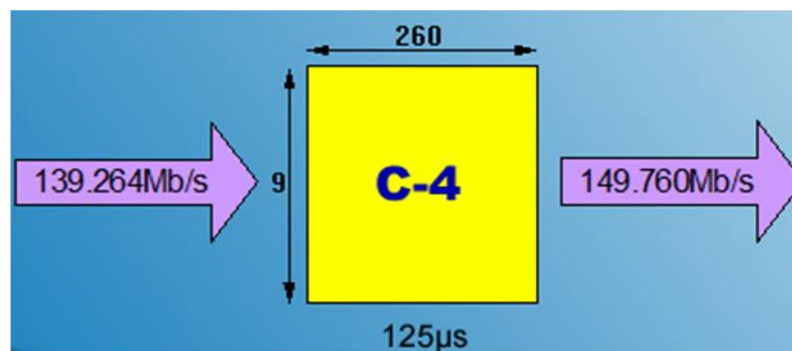


Figure 6:Le conteneur C-4



Après, nous rajoutons un Sur débit de Conduit appelé POH ce qui fait 1 octet de plus pour chaque ligne, soit 9 octets de plus par rapport à C4 afin de construire le virtuel conteneur VC-4.

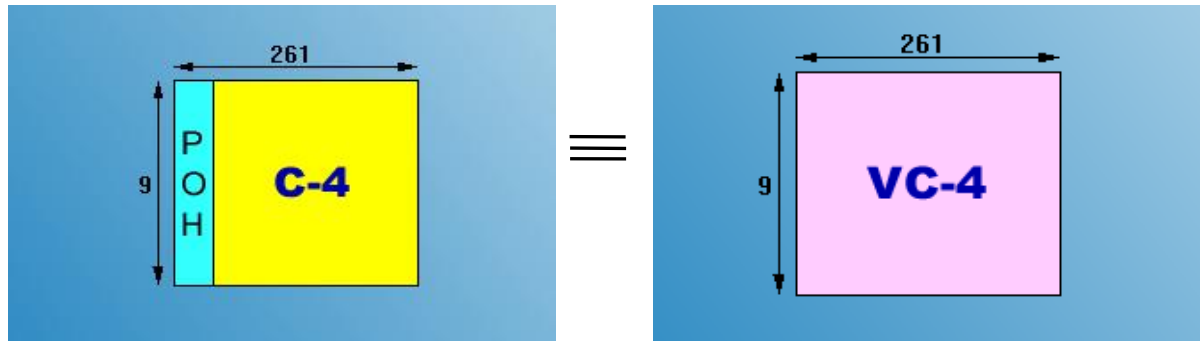


Figure 7: Le virtuel conteneur VC-4.

Le débit de VC-4 devient: $8000 \text{ trames/s} * 9 \text{ ligne} * 261 \text{ colonnes} * 8 \text{ bits} = 150,336 \text{ Mb/s}$.

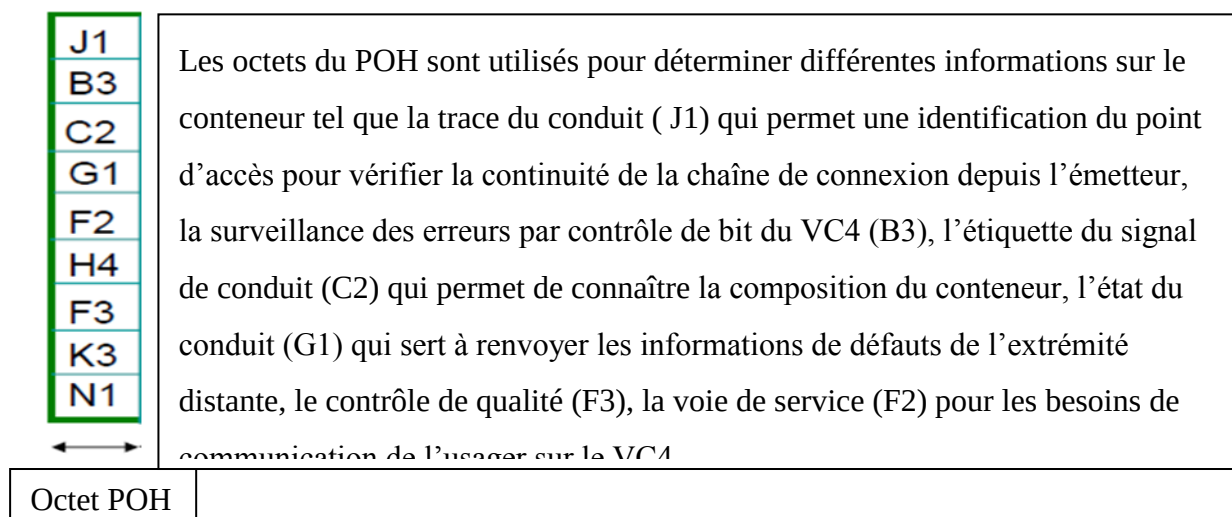


Figure 8: Les éléments de sur débit de Conduit POH

Par la suite, un pointeur AU-PTR est rajouté au VC-4(conteneur virtuel) avec pour rôle d'indiquer le début du VC-4 pour former l'unité administrative AU-4 qui constitue la structure de base de la trame STM-1 (9 ligne*270 colonnes) sans SOH.



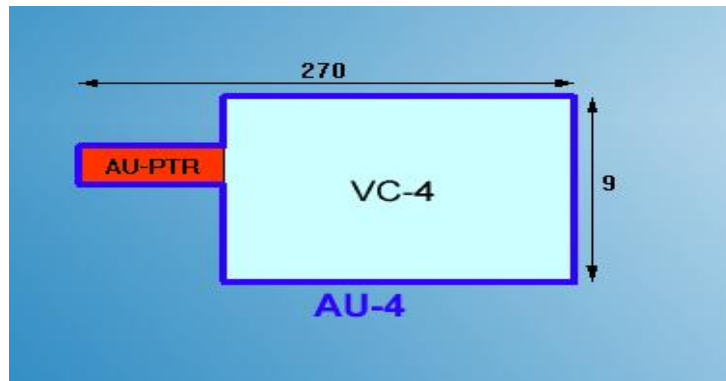


Figure 9: L'unité administrative AU-4

Toutefois, le Sur débit de Section SOH composé par le RSOH et le MSOH est ajouté à l'unité administrative AU-4 pour former la trame STM-1.

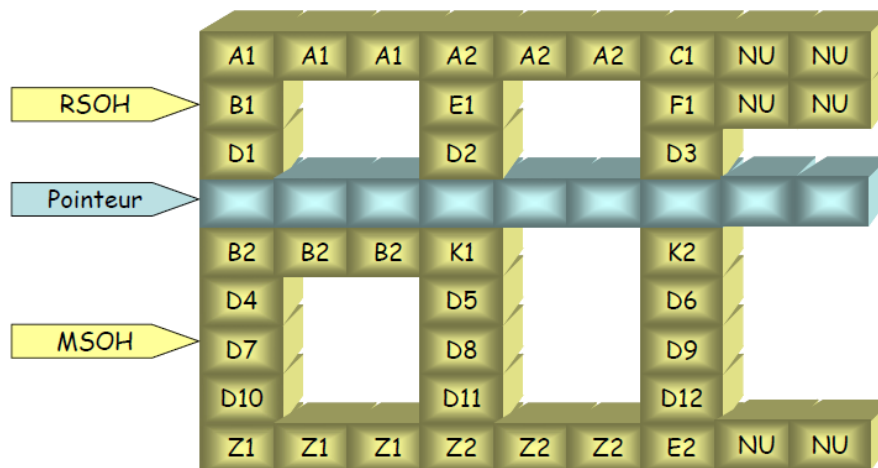


Figure 10: Les éléments de sur débit de section SOH

Dans le RSOH, les octets A1/A2 permettront de constituer le mot de verrouillage de la trame; C1 identifie l'AUG avant le multiplexage au niveau STM-N; B1 permet la surveillance des erreurs sur les bits de la section élémentaire régénérée; E1 est une voie de service pour des communications vocales entre régénérateurs; et l'octet F1 est une voie de donnée entre régénérateurs réservés aux besoins particuliers de l'utilisateur.

Dans le MSOH, l'octet B2 permet la surveillance des erreurs sur les bits de la section de multiplexage ; K1 et K2 sont affectés à la commande de commutation de protection automatique APS (Automatic Protection Switching 1+1 ou 1:n); les octets D4 à D12 forment un canal de communication de données DCC pour une section de multiplexage; l'octet S1

contient des bits pour la description de l'état de la synchronisation, c'est-à-dire les quatre niveaux de synchronisation adoptés par le ITU-T; l'octet E2 est une voie de service pour les communications vocales entre multiplexeurs.

Remarque:

Pour certaines applications telles qu'une interface de section (jonction), nous pouvons utiliser une interface à fonction de sur débit réduite qui dépend du type de support physique (Optique ou électrique) car tous les octets décrits ci-dessus ne sont utilisés comme B1.

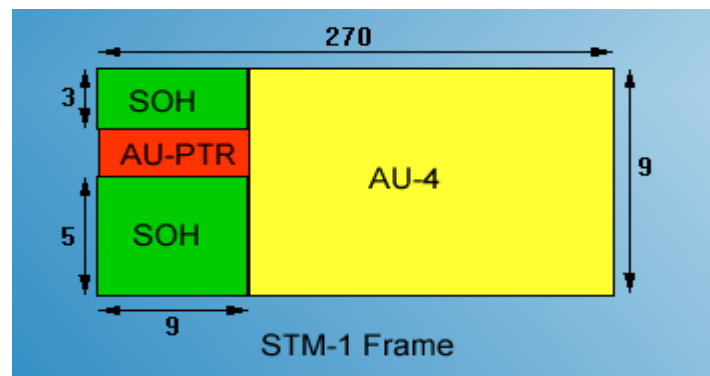


Figure 11: La trame STM-1

Ci-dessous un résumé des différentes étapes pour insérer l'affluent 140 Mb/s dans la STM-1

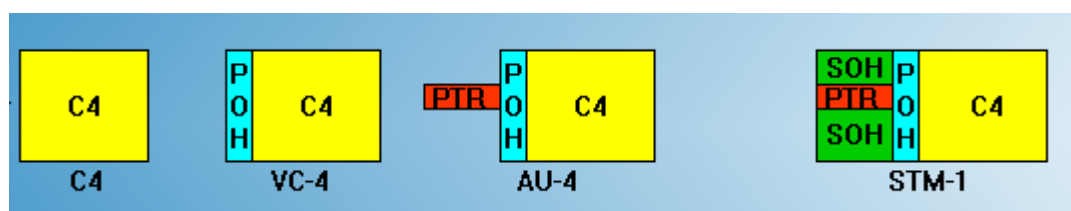


Figure 12: Processus d'insertion d'affluent 140 Mb/s dans la STM-1

II.2.2. Insert

Dans un premier temps, les données du signal PDH 34Mbit/s sont placées dans le conteneur C-3. Ce dernier est constitué par 9 lignes et 84 colonnes, soit 756 octets. Ce conteneur est de périodicité de 125µs, donc un débit de 48,384Mbit/s.



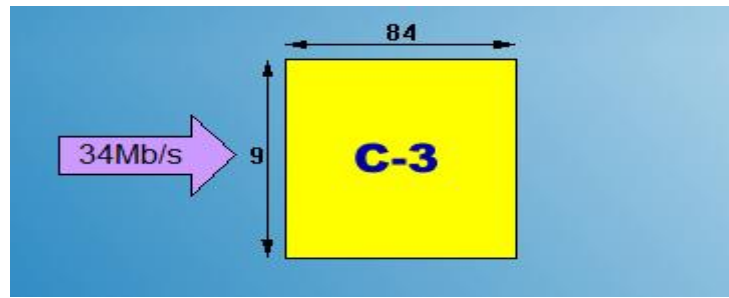


Figure 13: le conteneur C-3

Ensuite, un Sur débit de Conduit POH identique au POH du VC4 est ajouté au C-3 pour former le VC-3.

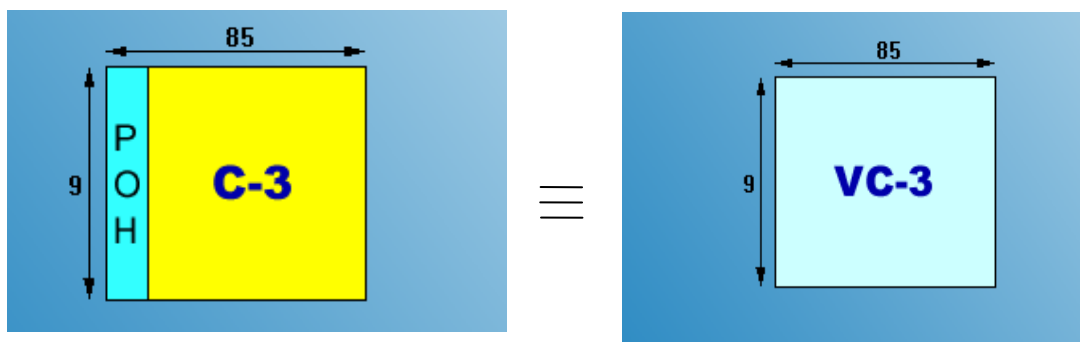


Figure 14: Le conteneur virtuel VC-3

A ce VC-3, est ajouté un pointeur TU-PTR pour indiquer le début du conteneur virtuel VC-3 formant un TU-3.

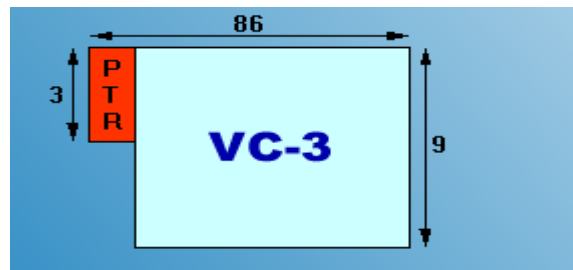


Figure 15 : L'ajout d'un TU-PTR au VC-3

A cette structure TU-3, 3 autres pseudo-allocation y sont ajoutées pour former le TUG-3 comme l'illustre la figure suivante.

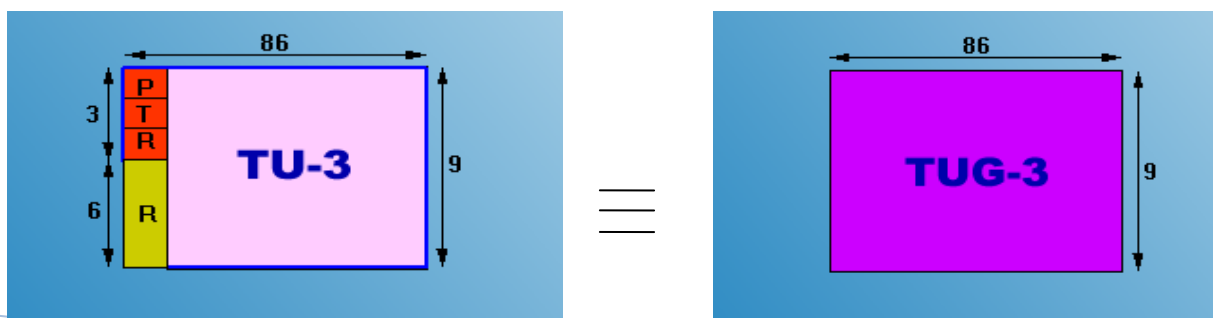


Figure 16: La structure TUG-3

Le conteneur C-4 est formé de 3 TUG-3 et obtenue en effectuant un multiplexage par entrelacement de colonnes des TUG-3 #1/#2/#3.

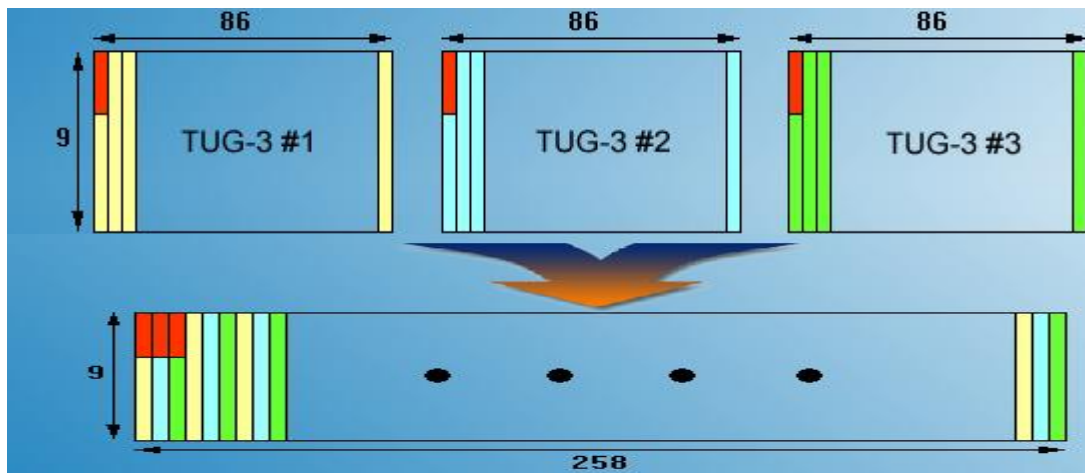


Figure 17: Multiplexage par entrelacement de colonnes des TUG-3

La structure du C-4 étant incomplète, deux colonnes de 9 octets y sont ajoutées pour obtenir 260 octets.

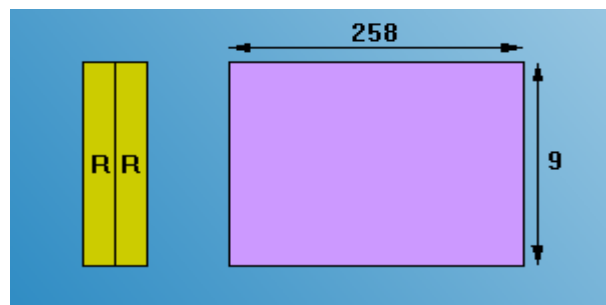


Figure 18: Constitution de conteneur C-4

Après la construction du C-4, le reste du processus est similaire au processus d'insertion de l'affluent 140 Mb/s dans une STM-1. La figure suivante résume tout le processus.

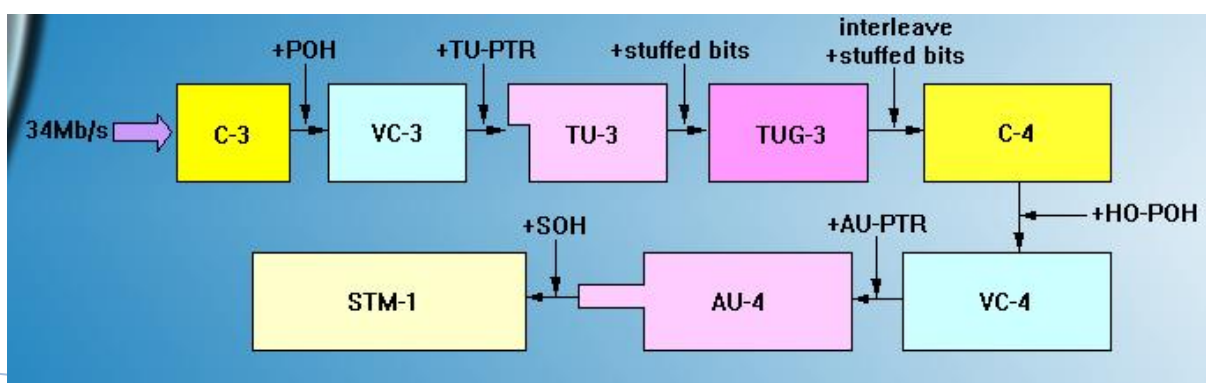


Figure 19: Processus d'insertion de l'affluents 34Mbs dans la STM-1

II.2.3. Insertion d'affluent 2Mbit/s dans une STM1

Le processus de l'insertion est résumé comme suit :

- les données de 2 Mb/s PDH sont placées dans un conteneur C-12,
- après un LO-POH est ajouté au C-12 pour rendre le signal plus performant et obtenir un VC-12.
- l'ajout d'un autre pointeur TU-PTR permet de construire l'unité d'affluent TU-12
- par multiplexage par entrelacement de 3 TU-12, nous obtenons un TUG-2 et par multiplexage de 7 TUG-2 et ajout de deux colonnes de bourrage, nous construisons le TUG-3.

Le reste du processus est similaire à l'insertion du TUG-3 dans une STM-1.

Nous résumons les différentes étapes citées ci-dessus par le schéma suivant :

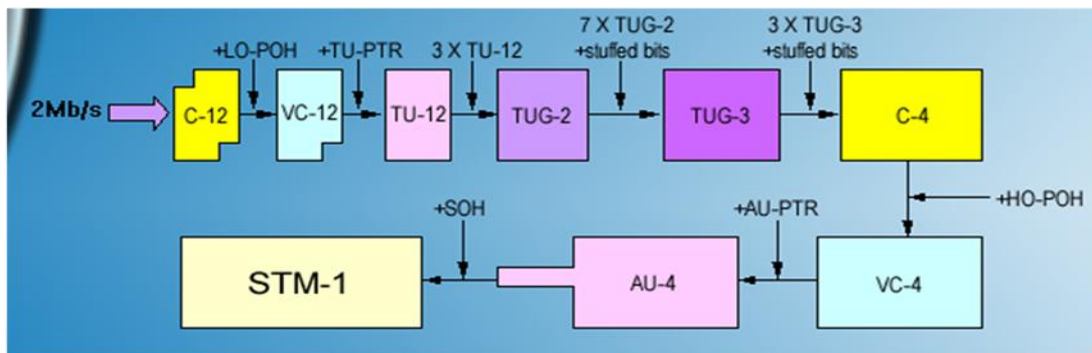


Figure 20: Processus d'insertion de l'affluents 2Mbs dans la STM-1

II.3.la trame STM-n

Une trame STM-n est composée d'une capacité utile obtenue par multiplexage de n AUG, et d'un SOH. La trame n'est donc pas le résultat d'un multiplexage de n STM-1.



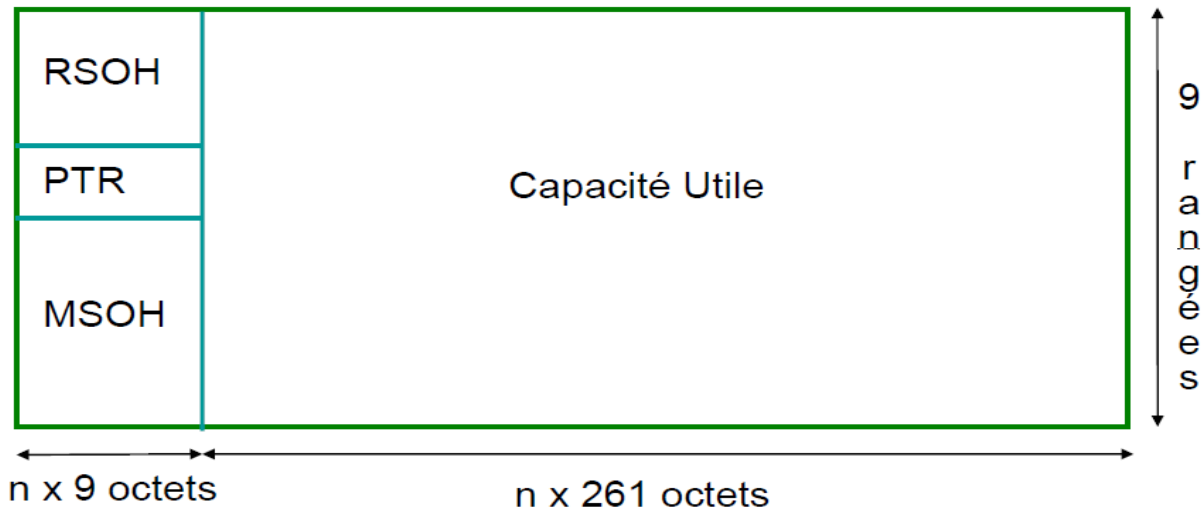


Figure 21: La trame STM-n

Dans ce cas, le multiplexage des pointeurs se fait par entrelacement des octets de ces n pointeurs. Les n VC4 seuls se trouvent donc dans la capacité utile.

Donc par exemple pour la STM-4, le SOH est formé de 4 fois 9 colonnes soit 36 colonnes. Les octets significatifs qui le composent ont les mêmes fonctions que les octets du SOH d'une STM-1 pour chacun des AUG qui composent la STM-4.

II.4. INFRASTRUCTURE DU RESEAU SDH

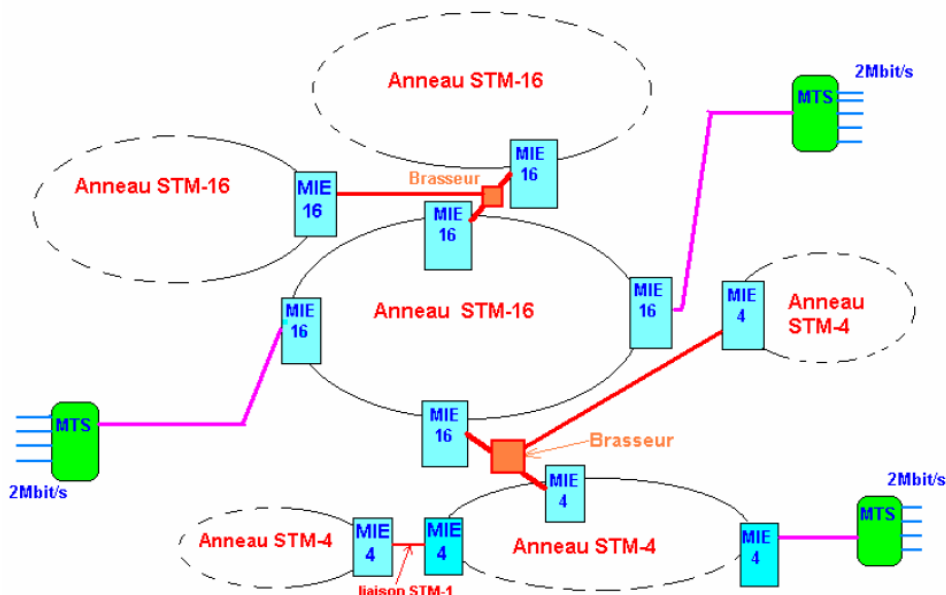


Figure 22: Exemple d'une architecture d'un réseau SDH

Liaison physique optique :

Pour une boucle SDH, nous utilisons 2 fibres optiques unidirectionnelles sur un tronçon car lorsque l'on envoie une trame STM-n venant de la Commutation à partir du MIE, la trame est envoyée sur une fibre optique suivant le sens des aiguilles d'une montre lorsque l'on regarde la boucle optique. Une copie de cette même trame est envoyée sur la deuxième fibre optique dite de secours dans le sens inverse de l'autre fibre, ce qui permet de sécuriser 100% des BPN(Bloc Primaire Numérique) de la boucle et d'être sûr que la trame arrive à destination du MIE. Pour les autres trames STM, la trame est envoyée dans le sens conventionnel et pas dans la fibre de secours. En cas de coupure optique, il y a rebouclage au niveau du MIE entre la fibre normale et la fibre de secours permettant de continuer le fonctionnement en boucle SDH.

Multiplexeur Insertion - Extraction MIE :

Les multiplexeurs insertion - extraction (add-drop) sont utilisés pour réaliser les fonctions de transmission suivantes :

- transfert du signal numérique synchrone de ligne entre ses accès " Ouest " et " Est ".
- dérivation : insertion/extraction de signaux numériques plésiochrones et/ou synchrone dans le signal numérique synchrone présent à ses accès " Ouest " et/ou "Est".
- des fonctions de brassage de VC-12 ont été introduites dans le MIE.

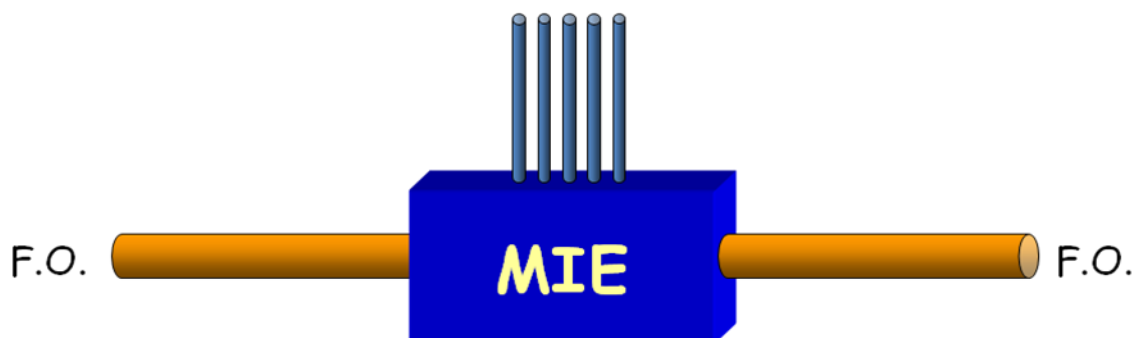


Figure 23: Multiplexeur/Insertion extraction



Le MIE a la fonctionnalité de régénération qui permet la remise en forme uniquement par régénération du signal électrique, et une surveillance de la section de la régénération. Pour de longue distance, un MIE sans cartes affluentes est installé pour régénérer le signal. L'un des inconvénients majeur du MIE est le nombre insuffisant d'accès à 2Mbit/s au niveau du châssis MIE alors que ce débit est le plus demandé ; c'est pour cela que des **MTS** sont utilisés.

Multiplexeur Terminal Simplifié(MTS):

Le multiplexeur terminal simplifié (MTS) permet le multiplexage de signaux affluents plésiochrones ou synchrones dans un signal de ligne STM-1 résultant. Dès lors, nous ne parlons plus de configuration en anneau mais de configuration point à point. Il existe deux configurations point à point possible : la première reliant deux MTS et la seconde reliant un MTS à un MIE qui est en anneau. La seconde solution est la plus utilisée au sein du réseau des Opérateurs car l'avantage du MTS est son nombre important d'entrée/sortie d'affluent 2Mbit/s venant le plus souvent de la commutation pour relier les autocommutateurs publics entre eux et desservir des baies d'abonnées distantes de l'autocommutateur où l'anneau optique ne passe pas. Ce-ci correspond à une architecture comme celle-ci :

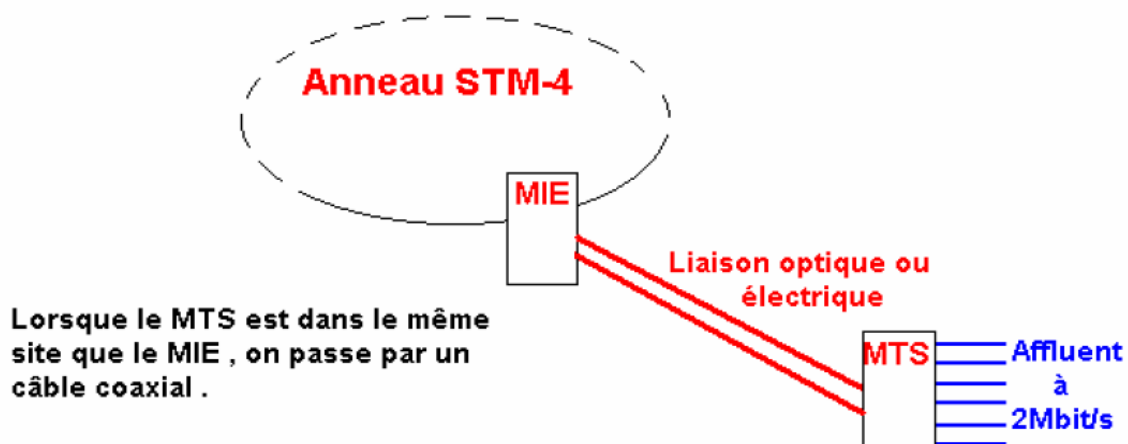


Figure 24: Multiplexeur MTS



Les brasseurs :

Les brasseurs sont destinés à assurer la connectivité et la flexibilité de la bande passante entre différentes portions de réseau et les transferts de VC entre boucles ou sous réseaux. Ces brasseurs sont des équipements de forte capacité et ils sont donc situés aux noeuds importants du réseau.

Le brasseur est composé de plusieurs modules : module d'entrée-sortie, module de matrice, module d'horloge et module de commande.

Le module d'entrée et de sortie peut démultiplexer les signaux plésiochrones à 2,34 et 140Mbit/s, les insérer dans un VC correspondant à leur hiérarchie, et générer une trame STM-1 interne qui est transmise à la matrice pour brassage. Il peut démultiplexer un signal synchrone à 155Mbit/s (STM-1).

Le module de matrice est basé sur le principe de brassage temporel des signaux. La structure de la matrice est carrée, ce qui assure un brassage des signaux sans blocage.

Le module d'horloge produit un signal qui permet de synchroniser les signaux acheminés à l'intérieur du brasseur. Il reçoit des signaux à 2 048 kHz, de deux horloges de référence externe à 2 048 kHz ou des signaux de synchronisation générés à partir des signaux STM-1 présents à l'entrée du brasseur.

Le module de commande permet d'établir et de maintenir les connexions, de collecter et d'exploiter les informations d'alarme et de performance, de gérer la configuration du matériel de l'équipement, et les fonctions relatives à la sécurité.



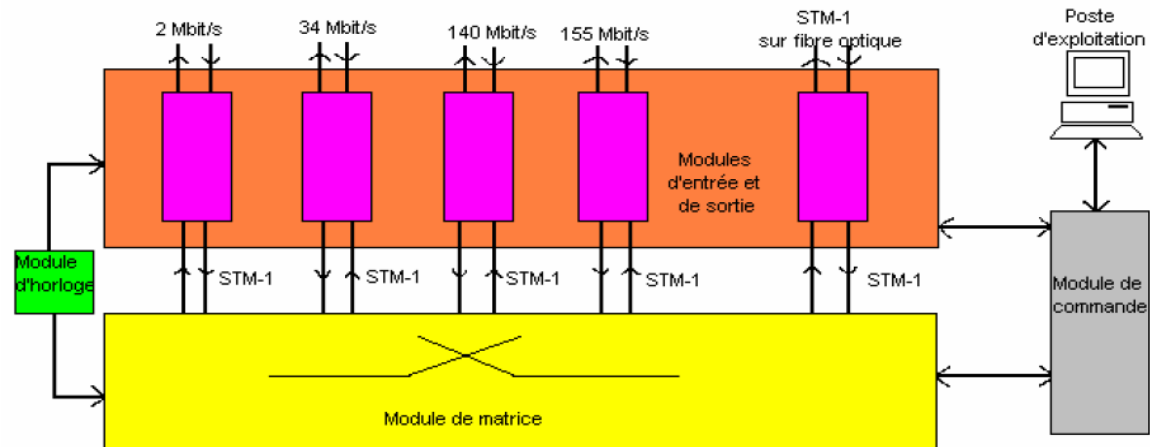


Figure 25: Exemple d'un brasseur

II.5. Topologie et systèmes de protection des réseaux SDH

II.5.1. Les topologies

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

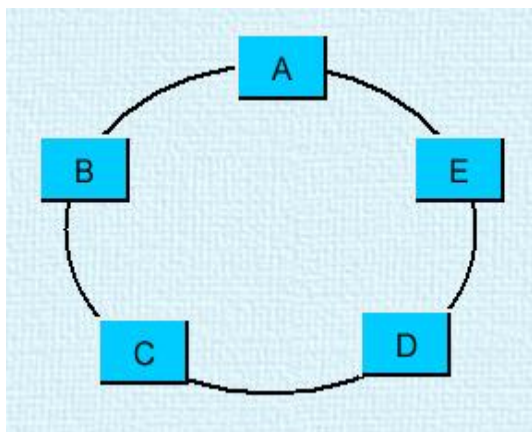
L'efficacité, la fiabilité et le rapport coût-efficacité du réseau dépendent fortement de sa topologie.

Ci-dessous les différentes topologies :

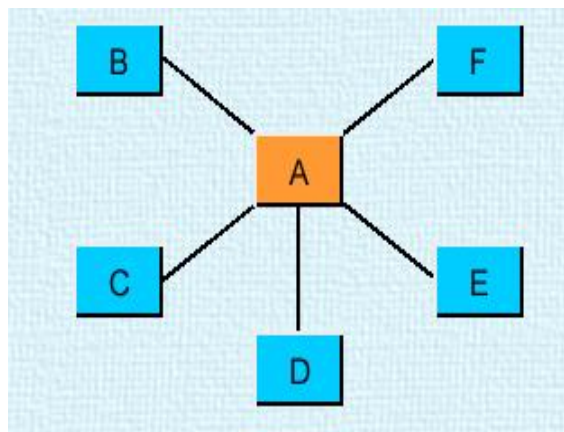




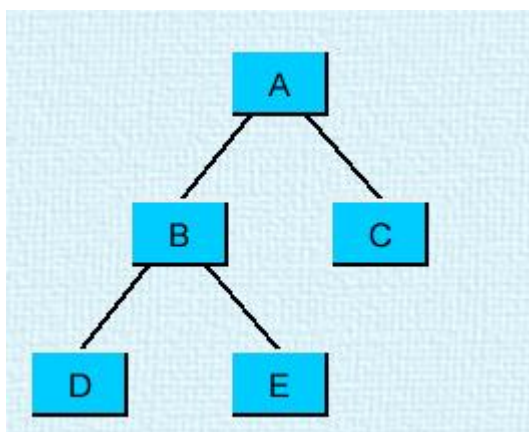
Topologie en bus



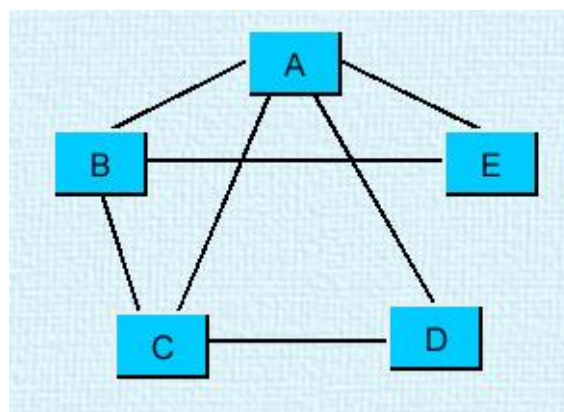
Topologie en anneau



Topologie en étoile



Topologie en arbre



Topologie en maille

Figure 26: différentes topologies des réseaux SDH

II.5.2. Systèmes de Protection

La sécurité de la technologie SDH prévoit qu'en cas de coupure de ligne, le signal est automatiquement réacheminé sur un réseau "secours". Plusieurs configurations de ce réseau sont possibles :

Système de protection linéaire MSP 1+1 (Multiplexer Section Protection) :



Cette configuration est idéale dans une topologie linéaire avec la disponibilité de fibre. Le client bénéficie de la protection contre la coupure de fibre et la protection des circuits.

Dans ce système, la protection est réalisée par la fonction "envoi et la réception sélective" .

L'envoi du trafic se fait sur les deux canaux (canal normal et secours) mais la réception uniquement sur le canal normal comme montre la figure suivante :

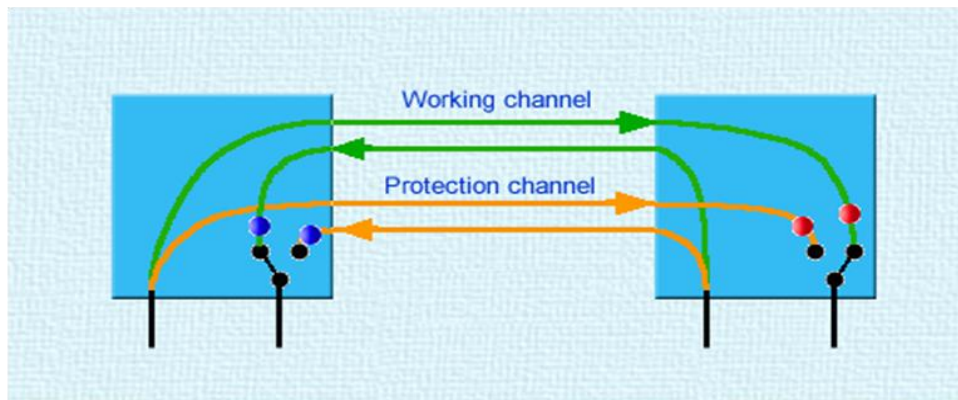


Figure 27: envoi et réception du trafic via le canal normal

Lorsque le canal normal est en panne, la réception se fera sur le canal de protection (fig.ci-dessous).

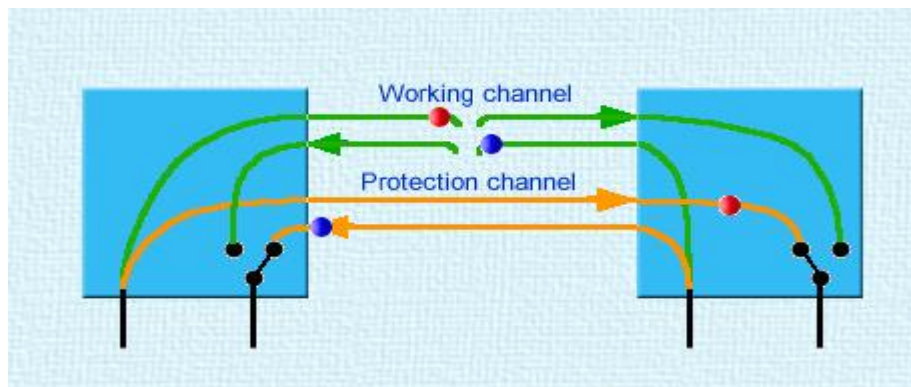


Figure 28: envoi et réception du trafic sur le canal de protection

Système de protection linéaire 1:1 ou 1:N:

Dans ce système, il y a un seul canal de protection pour N canaux normaux. Lorsqu'un de ces derniers tombe en panne, le trafic est réacheminé vers le canal de protection.



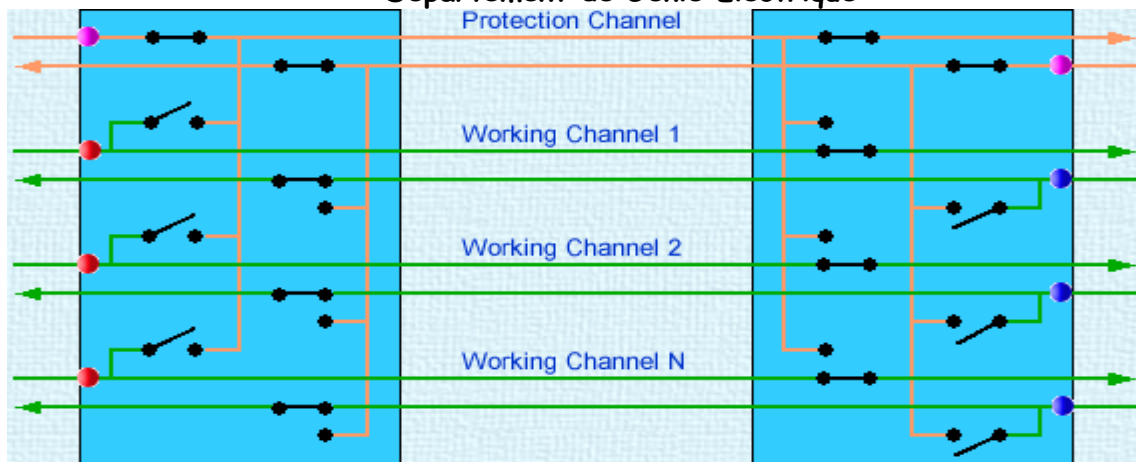


Figure 29: Système de protection 1:N

Système de protection SNCP:

Lors du transport de B->A, au nœud B le trafic est diffusé sur le lien actif ainsi que sur le lien de protection. Ces deux liens sont reçus au nœud A. Seulement le lien actif est transmis sur la sortie du nœud A. Si le lien actif disparaît à cause d'une coupure ou de tout autre problème, alors le nœud A active le lien de protection. Chaque lien depuis chaque nœud est associé à un sélecteur de lien.

La figure suivante schématise cette configuration :

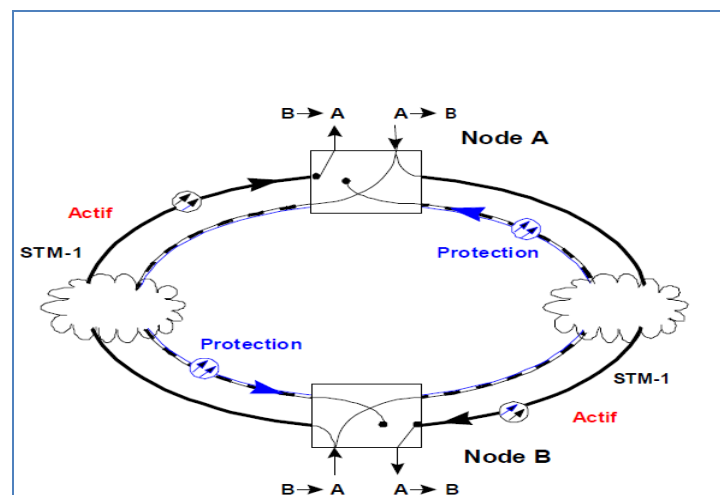


Figure 30: Système de protection SNCP

Système de protection MS SPRING:

Dans cette configuration, les deux canaux partagent la même protection. Si un canal est coupé, il y aura réacheminement du trafic vers le canal de protection comme montre la figure suivante.

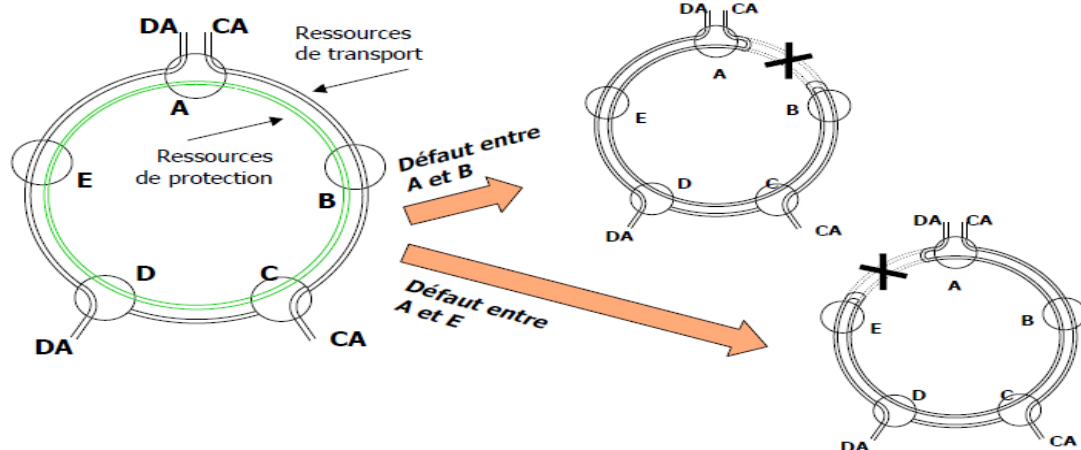


Figure 31: Système de protection MS-SPRING

II.6. SYNCHRONISATION DU RESEAU SDH

Le dispositif général de distribution de l'horloge est de type maître/esclave. Chaque équipement du réseau possède une horloge propre qui se synchronise sur l'horloge du niveau supérieur. L'horloge unique de plus fort niveau est appelée horloge de référence PRC (Primary Reference Clock). C'est une horloge de très haute précision et est secondée par une deuxième horloge appelée SRC (Secondary Reference Clock).

L'architecture du réseau est telle que chaque élément du réseau reçoit au moins deux circuits d'horloge. Dans un réseau en anneau, la référence primaire est injectée sur un nœud qui se charge de la diffuser sur les trames STM vers les autres nœuds. L'horloge secondaire est injectée sur un autre nœud qui la diffuse vers les autres, soit sur la deuxième fibre dans le cas d'un anneau bidirectionnel soit sur la fibre de secours.

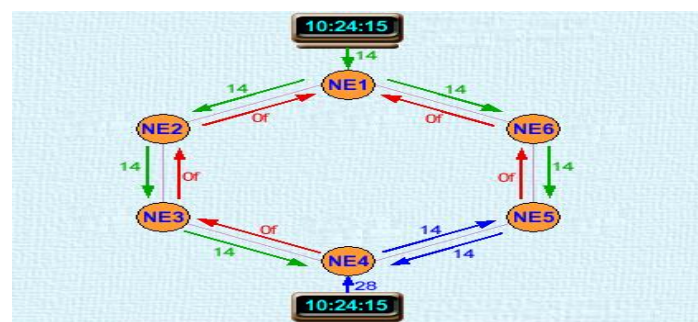


Figure 32: Synchronisation des réseaux NG-SDH

Remarque:

- L'horloge secondaire est utilisée en cas de rupture du circuit normal ou en cas d'annonce du nœud N1 d'une perte du rythme de référence.



- Les trames STM comportent un octet dans le sur débit de Section SOH qui permet d'identifier la nature de l'horloge transportée.
- Tout élément désynchronisé passe en HoldOver (horloge interne de l'équipement).
- En temps normal, un équipement passe en HoldOver pour une durée comprise entre 1 minute et 8H ; le temps que sa source externe de synchronisation redevienne opérationnelle.

III-NOUVELLE GENERATION SDH (NG-SDH)

La nouvelle génération SDH vient pour répondre à la demande de besoin de réseau de télécommunication par l'amélioration de qualité de service(QOS) de données, offrir des débits plus élevés, une flexibilité exceptionnelle, une efficacité, une évolutivité et une excellente protection en intégrant la simplicité et le coût-efficacité du réseau de data et de qualité de service du réseau optique synchrone.

Un certain nombre d'améliorations importantes ont été apportées récemment pour mieux utiliser l'infrastructure de transport SDH existant pour les services de données. Il s'agit notamment du protocole de tramage générique (GFP), la concaténation virtuelle (VCAT) et l'ajustement de la capacité de liaison (LCAS).

En combinant GFP, VCAT et LCAS, La nouvelle génération SDH supporte un nouveau type the trafic qui est l'Ethernet et autres services de données comme montre la figure suivante :

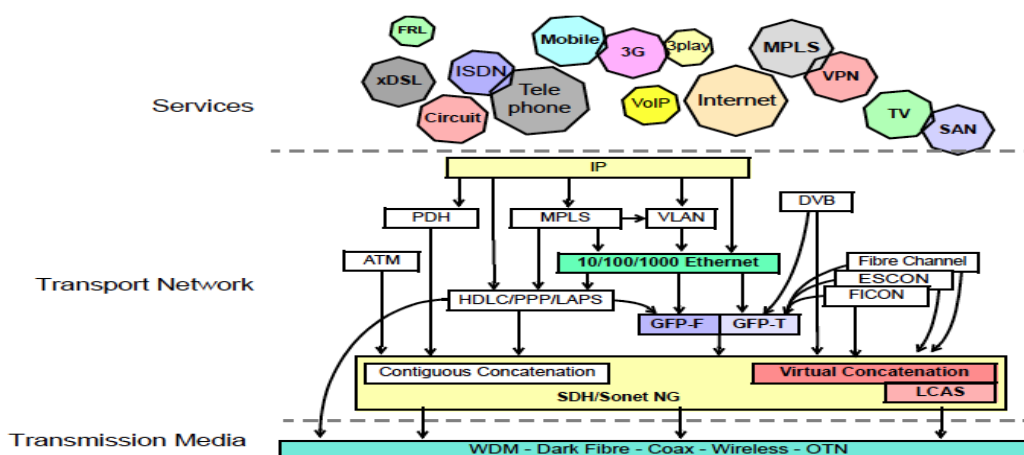


Figure 33: Les services supportés par les réseaux NG-SDH



III.1-Les nouvelles fonctions de la NG-SDH

III.1.1. GFP (Generic Framing Protocol)

GFP défini dans la Recommandation UIT -T G.7041 a pour but l'adaptation du trafic de signaux clients de couche supérieure à un réseau de transport.

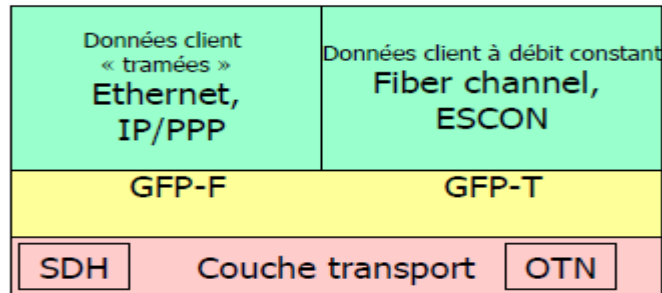


Figure 34: Les deux types de la trame GFP

Il existe deux types de GFP:

- **GFP-T** (Transparent): où les codes en blocs de signaux Data sont mappés en des trames GFP périodiques.
- **GFP-F**(Framed) : où une trame de signal Data est mappée dans son intégralité dans une trame GFP.

Structure de la trame GFP

En plus qu'elle permet de transporter le trafic Ethernet à travers le réseau SDH, cette structure détecte mieux et corrige les erreurs et offre une plus grande bande passante que les procédures d'encapsulation traditionnelles.

Les quatre grandes parties qui constituent la trame GFP sont :

- **L'entête principal**: définit la longueur de la trame GFP et détecte les erreurs.
- **L'entête de la charge utile**: définit le type d'informations transportées, soit des trames de gestion ou soit des trames de clients ainsi que le contenu de la charge utile.
- **L'information utile au client**: définit la charge utile réelle à transporter.
- **FCS**: détecteur facultatif des erreurs.



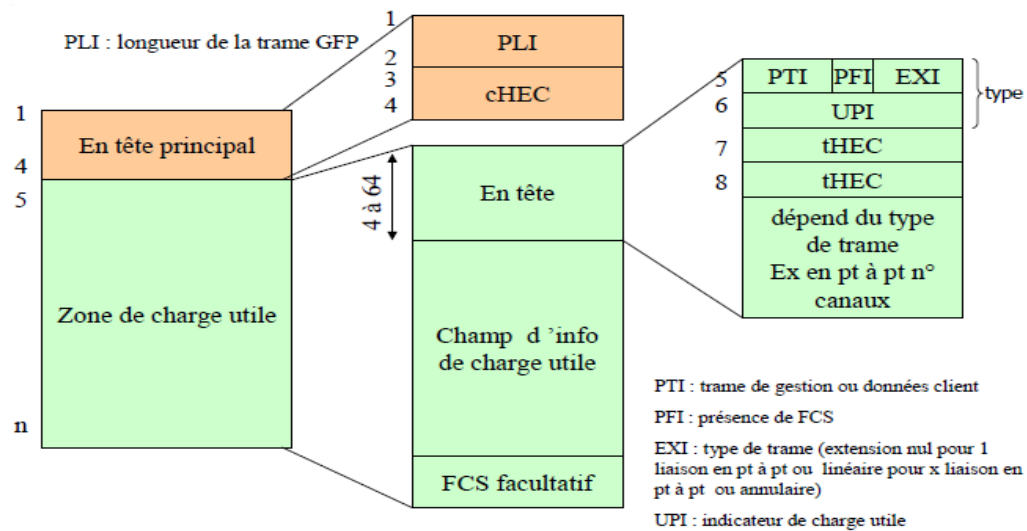


Figure 35: Les éléments de la trame GFP

III.1.2. CONCATENATION VIRTUELLE

La méthode traditionnelle de concaténation telle que définit dans la norme UIT-T G.707, est appelé «contiguë». Cela signifie que les conteneurs adjacents sont combinés et transportés à travers le réseau SDH comme un seul conteneur. Les limites de la concaténation contiguë à savoir que tous les nœuds de réseau faisant parti de la voie de transmission doivent être en mesure de reconnaître et de traiter le conteneur concaténé et le manque de granularité de bande passante rendent le transport de nombreux signaux de données inefficace.

La Concaténation virtuelle, comme défini par l'UIT aborde les inconvénients liés à la méthode contiguë. La concaténation virtuelle mappe les conteneurs individuels dans un lien quasiment enchaîné. N'importe quel nombre de conteneurs peuvent être regroupé, ce qui offre une meilleure granularité de bande passante susceptible d'être atteinte en utilisant les techniques traditionnelles. En outre, elle permet aux opérateurs de réseau d'ajuster la capacité de transport du service à la clientèle avec une plus grande efficacité.

Du fait que les nœuds de réseau intermédiaires traitent chaque conteneur dans la ligne en tant qu'une norme, seul l'équipement d'origine et de terminaison de trajet ont besoin de reconnaître et de traiter la structure du signal virtuellement concaténé. Cela signifie que chaque liaison peut prendre son propre chemin à travers le réseau pouvant conduire à des différences de phase entre les contenants arrivant à l'équipement de terminaison de trajet ce qui exige un équipement pour résoudre ce problème.



Les paramètres requis pour la concaténation virtuelle sont le compteur de trames (MFI) et le numéro de séquence (SQ).

Les membres d'un VCG (groupe de conteneur virtuel) pouvant voyager à travers le réseau via des chemins différents, ils n'arrivent pas au port de destination en même temps. Pour éliminer ce retard différentiel et garantir l'intégrité de tous les membres d'un groupe, un numéro de séquence (SQ) et un compteur de trame MF I sont affectés à chaque élément permettant de compenser jusqu'à 512 ms de retard.

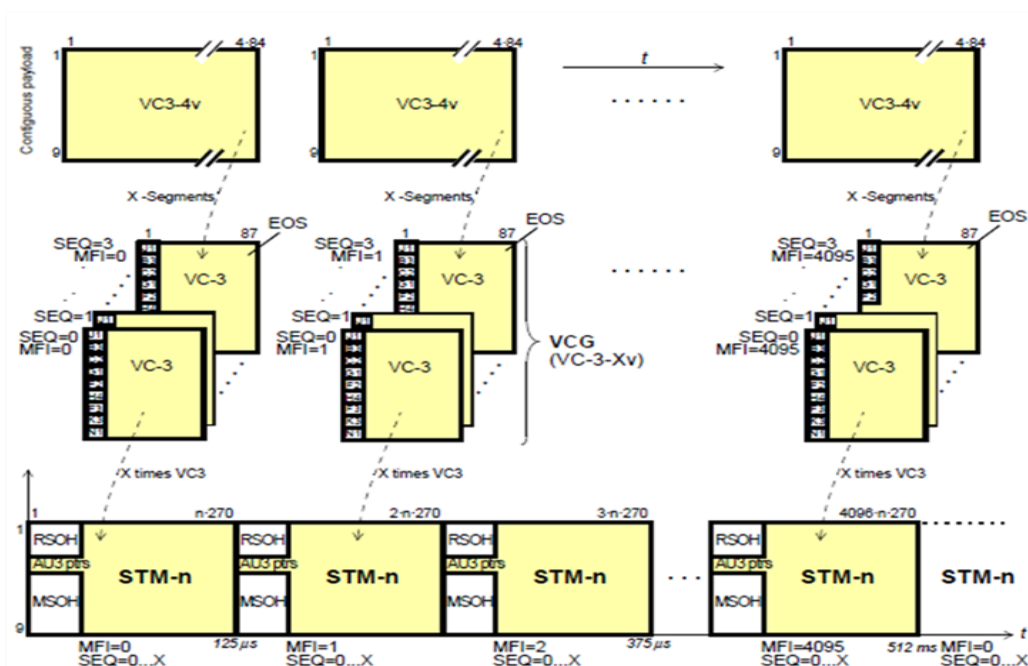


Figure 36: Processus de concaténation virtuelle

Nous distinguons principalement deux types de concaténation virtuelle :

- La concaténation virtuelle Ordre Bas (LO -VCAT) utilise X fois VC-11, VC-12, ou des conteneurs VC-2 (VC-11/12/2-Xv, $X = 1 \dots 64$).
- La concaténation virtuelle Ordre Supérieur (HO-VCAT) utilise X fois VC-3 ou VC-4 conteneurs (VC-3/4-Xv, $X = 1 \dots 256$), offrant une capacité de charge de X fois 48 384 ou 149 760 kbit / s.

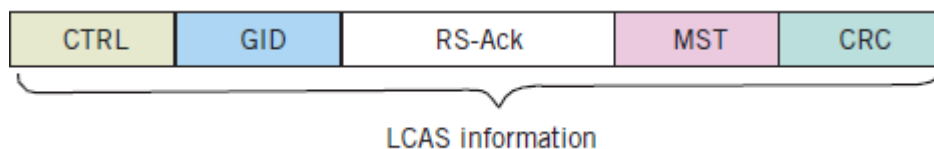


III.1.3. Système d'ajustement de capacité de la liaison (LCAS)

LCAS permet à l'équipement d'origine de modifier dynamiquement le nombre de conteneurs dans un groupe concaténé en réponse à une modification en temps réel des besoins en bande passante. Cette augmentation ou diminution de la largeur de bande passante peut être effectuée sans influencer négativement le service. Par exemple, une entreprise qui a besoin d'une liaison de 500 Mbps pendant les heures normales de travail demande une bande passante plus élevée pour effectuer les mises à jour pendant les heures de repos. Avec LCAS, 1 Go de bande passante supplémentaire est automatiquement provisionné sans impact négatif sur le service.

Les paramètres suivants sont pertinents pour le protocole LCAS:

- **CTRL** : Le protocole de contrôle des messages qui peuvent être fixés, ajoutés, ralentis...,
- **GID** (Identificateur du groupe) : est une valeur constante pour tous les membres d'un VCG (groupe de conteneurs virtuels).
- **MST** (État du membre) : qui indique à la source l'état de chaque membre : échec ou OK.
- **RS-Ack** (Resequencing acknowledge) : notifie à la source que le récepteur a reçu des changements.
- **CRC** (Contrôle de redondance cyclique) : détecte les erreurs et contrôle les membres individuels du VCG.



Conclusion

Figure 37: Paramètres du protocole LCAS

Avec le développement de l'industrie des télécommunications, le besoin d'un réseau est de répondre à la demande des clients dans les budgets stricts. La SDH non seulement rentable, elle améliore les capacités de réseaux existant à des niveaux qui dépassent les autres options. En intégrant la nouvelle génération de la technologie SDH dans les réseaux existants, un gain significatif en débit, en qualité et en disponibilité du service sont atteints tant que le test et la surveillance sont utilisés pour vérifier que la technologie existante et la nouvelle peuvent accueillir la demande croissante en bande passante.



Le plus grand avantage de la nouvelle génération SDH est qu'elle permet aux opérateurs de réseau d'introduire les nouveaux types de trafic dans leurs réseaux SDH traditionnels en remplaçant seulement les éléments aux bords de réseau. En outre, la flexibilité de cette technologie permet aux opérateurs de réseau de construire un réseau qui prend en charge le trafic TDM et Ethernet.

Nous trouvons plusieurs équipements qui prennent en charge cette technologie. Parmi eux, les deux les plus utilisés au Maroc sont la famille **Optix OSN** de HUAWEI et le **SPO** et le **OMS** d'ERICSSON.

CHAPITRE II : CONCEPTION DU RESEAU

NG-SDH ET SURVEY DE PROJET

Introduction:



La conception et le Survey de projet présentent les étapes les plus importantes pour bien réussir le déploiement d'un projet NG-SDH. Ils consistent dans un premier temps d'étudier le cahier des charges et proposer la solution qui répond au besoin du client qui est dans notre cas Maroc Telecom, suivi par une étude environnementale des sites en vue de quantifier la réalisation du projet. Cette dernière permet d'assurer le bon déploiement de la solution proposée.

I-CAHIER DES CHARGES DU PROJET

Il s'agit de concevoir, installer, et mise en service d'un réseau NG-SDH dans la région Laayoune-Boujdour. C'est un réseau composé de 5 nœuds (5 sites) : Laayoune LGD, Laayoune Port, Labradich Relais, Alcabino Relais et Boujdour LGD. La capacité de cette liaison est de 2.5 Gb/s SDH et 10 Giga Ethetnet. Les liens demandés par le client Maroc Telecom sont résumés dans le tableau suivant:

		Laayoune LGD	Laayoune Port	Labradich Relais	Alcabino Relais	Boujdour LGD
Laayoune LGD	Capacité TDM		63*E1	63*E1	63*E1	63*E1 2*STM-1
	Capacité IP		2*GE	2*GE	2*GE	6*GE
Laayoune Port	Capacité TDM					
	Capacité IP					
Labradich Relais	Capacité TDM					
	Capacité IP					
Alcabino Relais	Capacité TDM					
	Capacité IP					
Boujdour LGD	Capacité TDM					
	Capacité IP					

Tableau 4: Cahier de charge de la liaison NG-SDH

La topologie de la liaison est en bus comme montre la figure suivante:

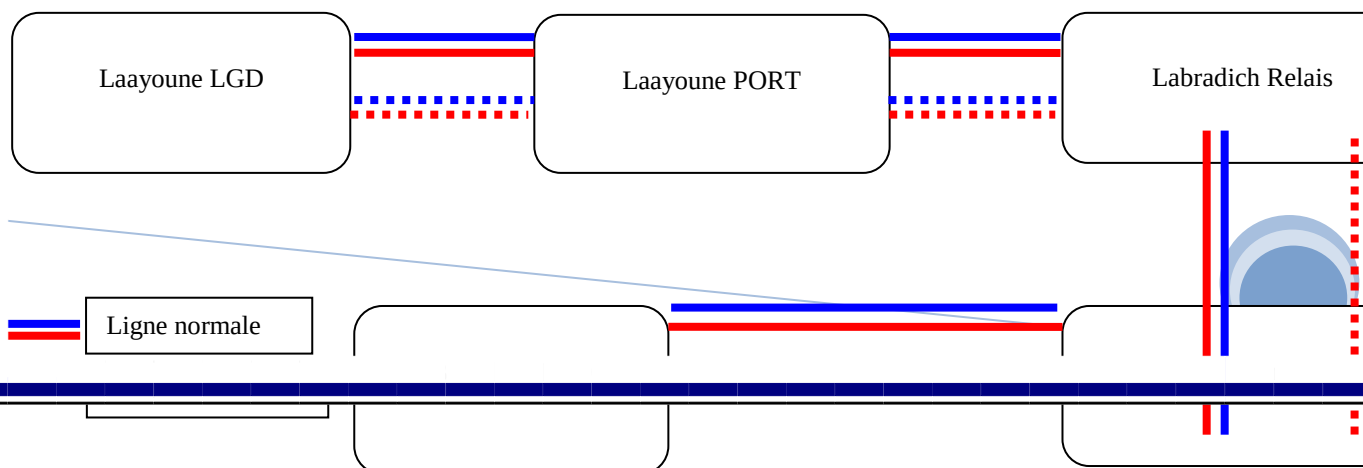


Figure 38: Architecture de la liaison

II-CONCEPTION DE LA LIAISON NG-SDH

II.1.Détermination du système protection

Vue la topologie de la liaison qui est une architecture en bus, le type de protection qui convient est le système MSP 1:1, c'est-à-dire une ligne de secours pour chaque ligne normale (voir fig.38).

II.2.-Calcul de capacité souhaitée pour chaque nœud

Laayoune LGD:

Dans ce site Nous avons:

- 4 *63 soit 252 liens E1.
- 2 liens STM-1.
- 12 liens de type 1GE.

Laayoune Port ,Labradich Relais et Alcabino:

Ces trois sites ont la même capacité:

- 63 liens E1.
- 2 liens de Capacité 1GE.

Boujdour LGD:

- 63 liens E1.
- 2 liens STM-1.
- 6 liens de capacité 1GE.

II.3.Description des équipements

Puisque c'est un projet ERICSSON-MAROC TELECOM, nous devons obligatoirement travailler avec des équipements d'ERICSSON.



Les deux familles qui supportent la technologie NG-SDH sont celle OMS 1664 et celle SPO 1460. Ces deux équipements constituent l'organe principal d'un réseau NG-SDH. Nous allons donner une description de ces deux équipements.

II.3.1. Description de L'OMS 1664

L'OMS1664, une famille d'équipements de nouvelle génération qui peuvent être utilisés comme multiplexeurs d'insertion / extraction (Add / Drop Multiplexer, ADM) riches en fonctionnalités brassages numériques (Digital Cross-Connect). Il permet la transmission de la trame STM-1, STM-4, STM-16 et offre aussi la Possibilité de transmettre des données(DATA) via FastEthernet et GigaEthernet utilisant des procédures telles que LCAS, VCAT et GFP [3].

La famille OMS1664 peut transporter différents types de données de trafic. En plus de sa capacité de transmettre des signaux SDH et PDH standard, il peut également transmettre 10/100 Mb/s Ethernet ou Gigabit Ethernet:

- SDH à des débits de 155 Mb/s, 622 Mb/s et 2,5 Gb/s et 10 Gb/s.
- PDH à des débits de 2 Mb/s, 34 Mb/s, 45 Mb/s.
- Ethernet à des débits de 10M, 100M et 1G.

Les systèmes de Protection dans l'OMS1664:

L'OMS 1664 prend en charge un certain nombre de système de protection, qui sont :

- Protection MSP (1 +1 et 1: N).
- Protection SNCP.
- Protection MS-SPRING.

Selon l'application souhaitée, la décision est prise sur le meilleur système de protection.

type de Cartes/LTU	Protection
2M	1 :4
34/45M	1*1:15 jusqu'à 8*:1:1
STM-1	1*1:8 jusqu'à 8* 1:1

Tableau 5: Les systèmes de protection pris en charge par l'OMS1664

Capacité OMS 1664:



Le OMS 1664 intègre tous les composants et les unités nécessaires pour supporter de grandes applications. Il est constitué de [3]:

- 16 Slots
- 16 LTU (unité de lignes affluentes)
- 2 Switchs
- Unité auxiliaire
- Unité de communication et de contrôle (CCU)
- Système de gestion et synchronisation des LTU
- Système d'alimentation

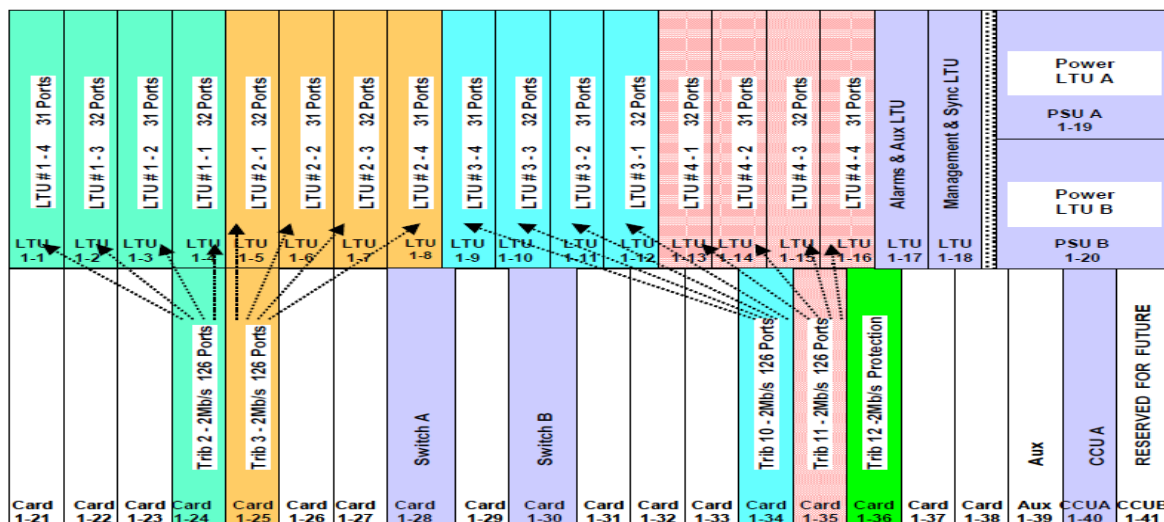


Figure 39: l'équipement OMS 1664

II.3.2. Description du SPO1460

La famille SPO 1400 est constituée de deux équipements le SPO 1410 et le plus grand le SPO 1460. Les deux partagent un ensemble commun de modules.

Le plus utilisé est le SPO 1460 et constitué de:

- 16 slots universels
- 2 systèmes de contrôles: contenant la matrice de commutation, le contrôleur de système et l'interface auxiliaire pour la synchronisation et la gestion.



- Module d'expansion (EM): utilisé pour un soutien des connecteurs pour les interfaces à base de cuivre.
- Module de Service (SM): contient les interfaces de trafic, collecte et traite le signal des interfaces de la ligne.
- Data Fabric Module (DFM): gère les services propres à l'opérateur comme la voie de service.
- Module d'alimentation(P.M.):fournit l'alimentation aux autres modules dans le système.
- Module de Fan(FM).

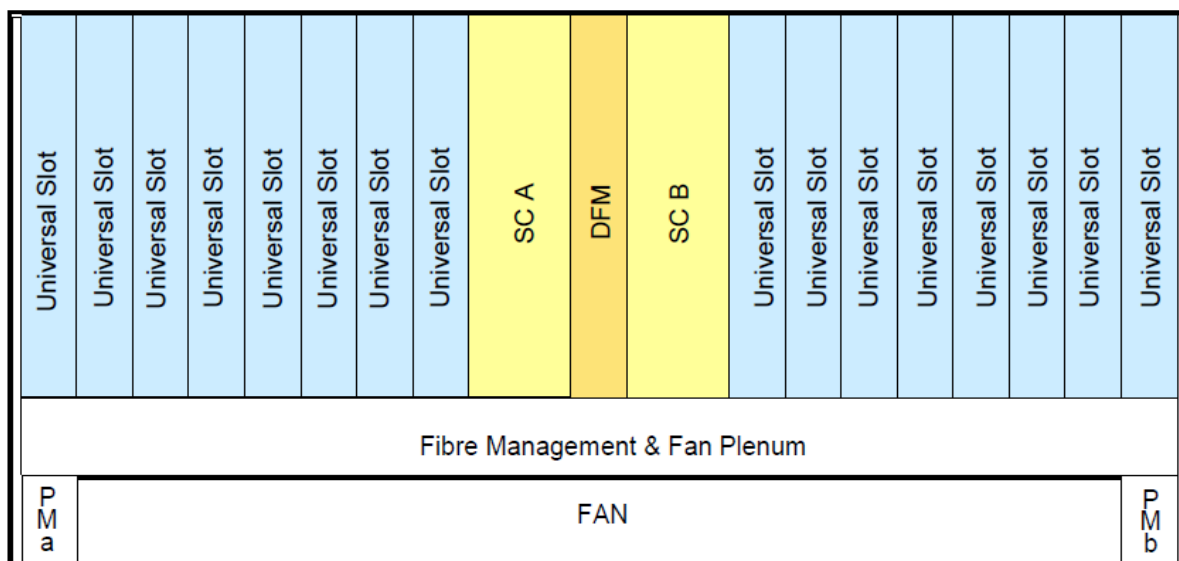


Figure 40: Architecture de l'équipement SPO 1460

Le SPO1400 peut être configuré en TDM (SDH) pur, solution optique de transport d'Ethernet pur, ou pour les deux. Ainsi, il permet de transporter efficacement les différents types des services grâce à l'intégration des fonctions GFP, LCAS et VCAT (le SPO prend en charge la technologie NG-SDH) [2].

Les interfaces suivantes sont prises en charge par le SPO1460. Le tableau ci-dessous montre le nombre d'interfaces totales supportées par le SPO1460. Le nombre d'interfaces équipées peut changer selon les systèmes de protection adoptés ou quand les interfaces ne sont pas toutes employées [2].



type d'interface	capacité maximales
Ethernet	
10/100/1000 MB/s	160
10 Gb/s	32
PDH	
E1	252
T1	252
E3	48
T3	48
SDH	
STM-1	128
STM-4	64
STM-16	24
STM-64	6

Tableau 6: Types des interfaces et capacités supportés par SPO1460

Après avoir donné une description générale de ces deux équipements qui constituent le cœur d'un réseau NG-SDH, nous allons définir les équipements nécessaires pour satisfaire les besoins de notre projet.

II.4. Conception de la liaison NG-SDH

II.4.1. Conception du site Laayoune LGD

La capacité de la ligne Ethernet est de 10 GE. Donc, un SPO 1460 est nécessaire pour cet objectif car l'OMS prend en charge au maximum 1 GE.

Donc, nous avons besoin de deux cartes de types 10 GE (ligne normale et secours) pour la ligne Ethernet et deux modules d'expansion pour extraire les 12 liens de 1GE.

Pour la ligne SDH, sa capacité est de 2.5 Gb/s (STM-16). Donc, deux cartes sont nécessaires (chaque carte prend en charge 4 STM-16).

Pour les liens E1 (2 Mb/s de débit), il faut 3 slots pour chaque 63 E1: deux pour les cartes de module de service des E1 (normale et protection) et un pour le module d'expansion. Or pour 252 E1, il faut 12 slots. Donc, le reste des slots vides dans le SPO n'est pas suffisant pour accueillir les 252 E1. Ainsi, la meilleure solution est d'utiliser l'OMS1664 parce qu'il offre jusqu'à 504 liens E1.



Pour les liens STM-1, nous avons le choix entre utiliser le SPO ou L'OMS. Nous proposons de l'extraire à partir de l'OMS.

Pour faire transmettre l'Ethernet et la SDH sur la même fibre, nous utilisons un multiplexeur insertion/extraction optique (OADM). Pour ce site, nous avons besoin de deux multiplexeurs OADM : un pour la ligne normale et l'autre pour la protection.

La distance séparant ce site du site Laayoune Port n'est pas longue (25 km) ce qui ne génère pas une grande atténuation du signal. Alors, l'utilisation d'un amplificateur n'est pas nécessaire dans ce nœud de la liaison.

Tronçon	Longueur du câble (km)	Affaiblissements (dB)
Laayoune LGD-Laayoune PORT	25,25	6,82
		5,80
Laayoune Port-Labradich	80,803	21,816
		21,816
Labradich-Alcabino	35	9.54
		9.54
Alcabino-Laayoune Boujdour	60,842	12.89
		13.42

Tableau 7: Tableau des affaiblissements de la liaison

Remarque:

La décision d'utiliser un amplificateur est exigée par Ericsson.

La figure suivante présente le montage à réaliser dans ce site:



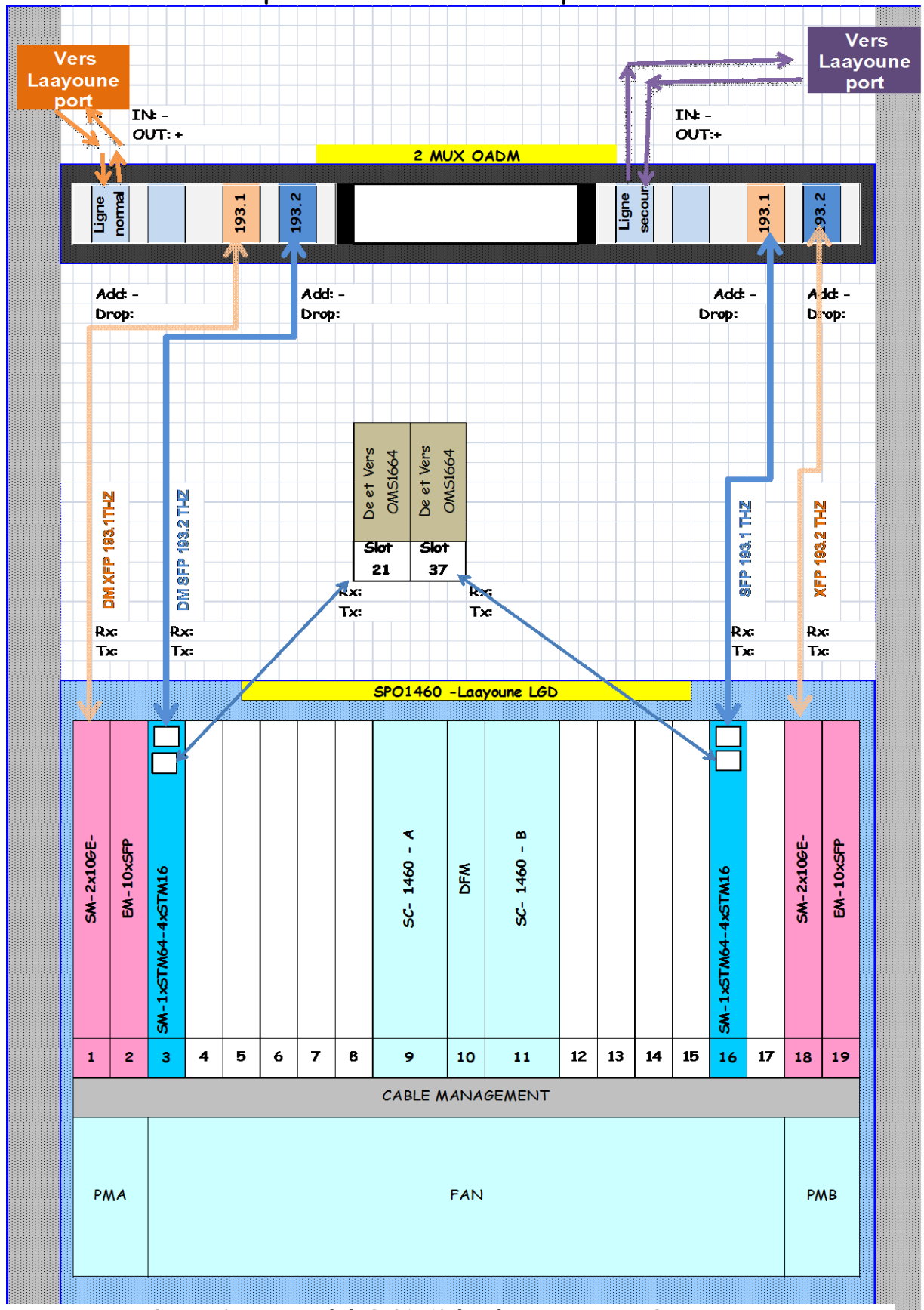


Figure 41 : Montage de le SPO1460 dans le site Laayoune LGD

Pour les liens E1, il faut interconnecter l'OMS et le SPO par deux lignes STM-16 (normale et secours). La figure suivante illustre la configuration de l'OMS1664 où nous avons pris deux cartes E1 plus une de protection offrant 126 ports pour chacune. Ces liens seront extraits à partir des unités de lignes affluentes (slots 1 à 8). Alors pour les deux liens STM-1, nous avons pris deux cartes (normale et secours) chacune offre 8 ports STM-1.

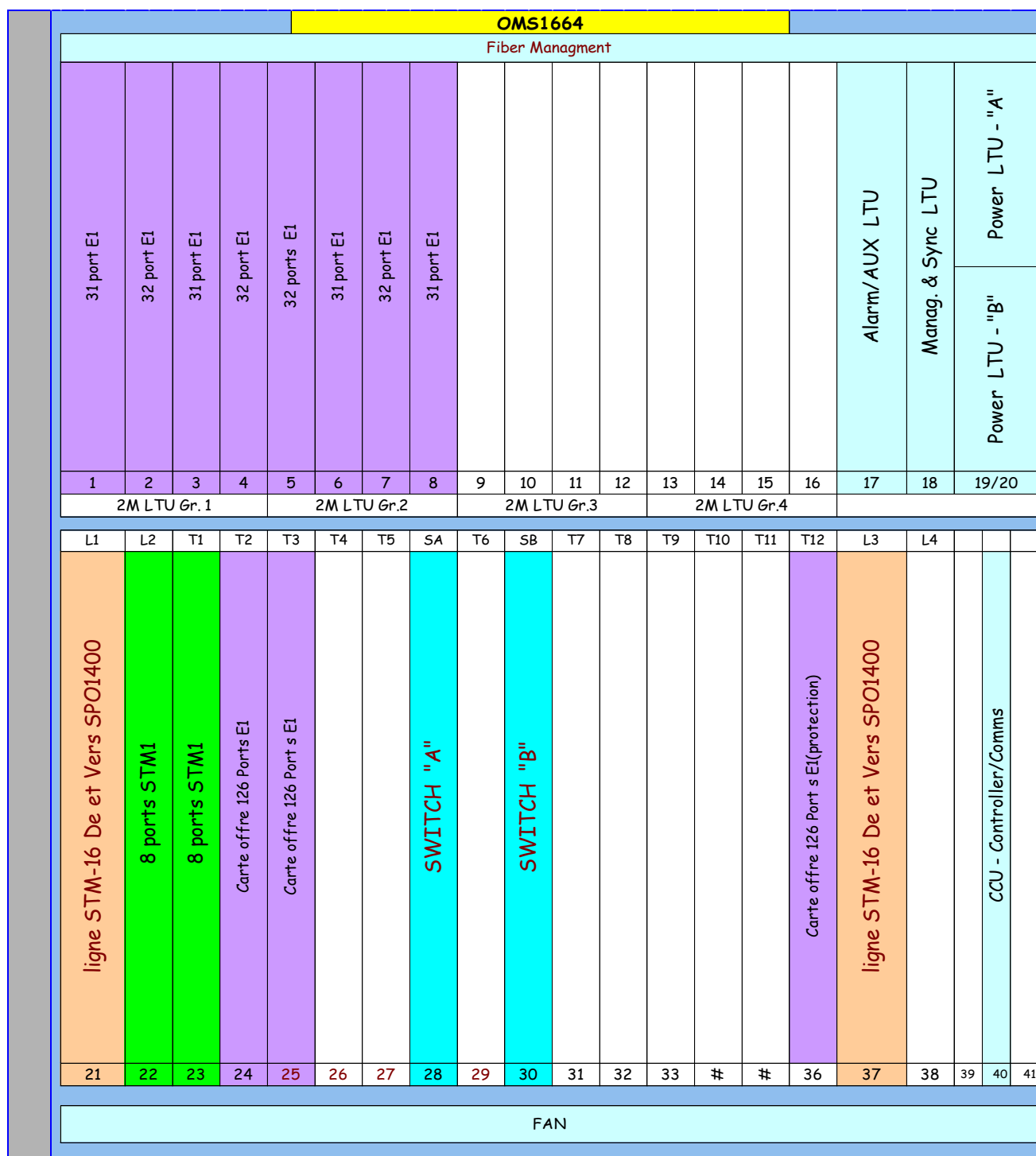


Figure 42: Montage de l'OMS 1664 dans le site Laayoune LGD



II.4.2. Conception des sites Laayoune Port, Labradich et Alcabino

Ces trois sites ont la même structure dont la capacité est de 63 E1 et 2 GE pour chacun. Alors, un SPO 1460 peut satisfaire au besoin. La configuration est la suivante:

- 3 cartes de capacité 2*10 GE pour la ligne Ethernet de capacité 10GE.
- Un module d'expansion de 10 *1GE.
- Deux cartes de module service de capacité de 63 E1 pour chacune (une normale et l'autre de protection).
- Un module d'expansion pour les liens E1 (les liens E1 extraits à partir de ce module).

Pour ces trois sites, chacun d'entre eux voit deux sites ce qui nécessite l'utilisation de quatre multiplexeurs OADM.

Les distances (Tableau 7) entre ces sites sont longues pouvant engendrer l'atténuation voire la perte du signal optique. Alors, la solution est d'utiliser un amplificateur du signal optique. L'équipement que nous allons utiliser est le MHL3000 d'ERICSSON. Cet équipement permet la régénération des signaux de débits allant de 155 Mb/s à 40 Gb/s. Le signal à régénérer est celui sortant du multiplexeur OADM.

Le montage de la réalisation du site Laayoune Port est illustré ci-dessous :



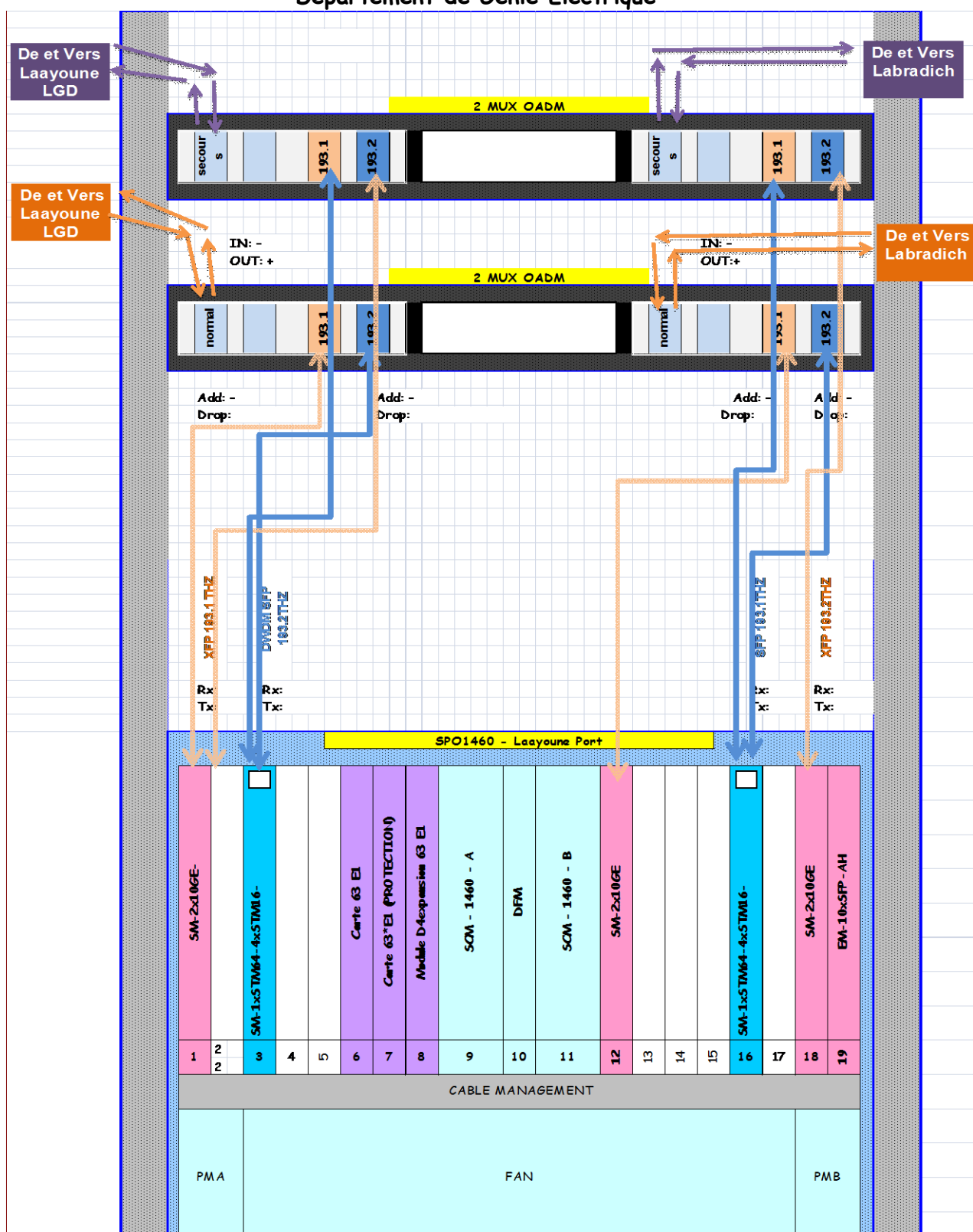


Figure 43: Montage du SPO1460 pour le site Laayoune Port



II.4.3. Conception du site Boujdour

Les liens demandés pour ce site sont 6 GE, 2*STM-1 et 63 E1. Un SPO permettra d'offrir ces liens dont la configuration est la suivante :

- Deux cartes 2*10GE.
- Un module d'expansion de 10*1GE.
- deux cartes de capacité 8*STM-1.
- Deux cartes de capacité 4*STM-16.
- 2 cartes de capacité 63 E1 (une normale et l'autre de protection).
- Un module d'expansion pour liens E1.

Pour transmettre l'Ethernet et la SDH sur la même fibre, nous utilisons des multiplexeurs insertion/extraction optique(OADM).

La distance entre ce site et Alcabino est longue pouvant engendrer la perte du signal optique. Alors, la solution est d'utiliser un amplificateur du signal optique (MHL3000).

La figure suivante :



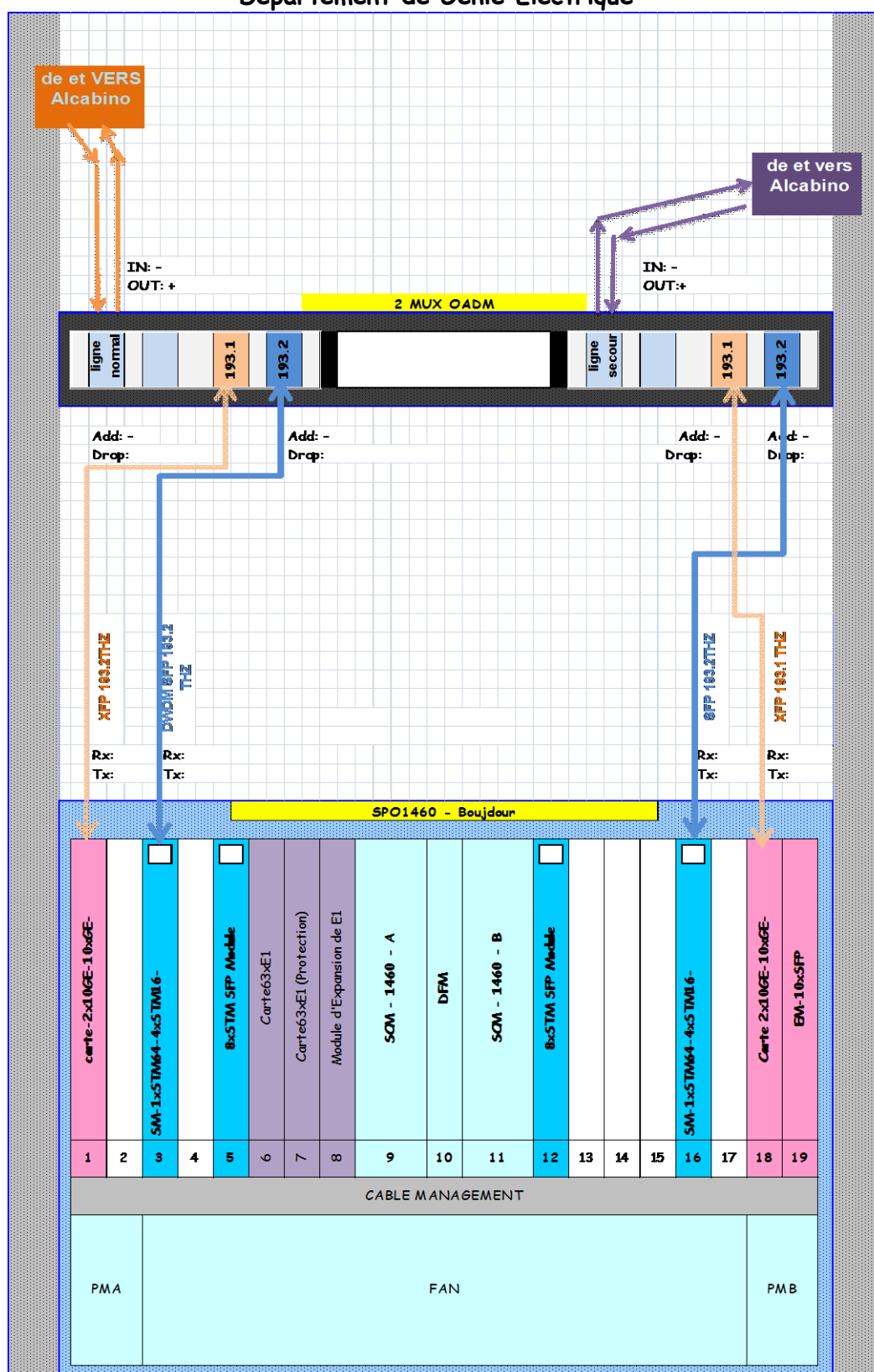


Figure 44: Montage du SPO1460 pour le site Boujdour LGD

III-SURVEY DE PROJET

Il s'agit d'étudier l'environnement de la salle afin de voir la disponibilité des places pour installer les équipements et de calculer la quantité des câbles, fibres et chemin des câbles pour fournir l'alimentation aux équipements. Cette étude se fait sous forme d'un questionnaire pour chaque site.

Donnons un exemple de cette étude pour le site Laayoune LGD.

III.1-Fiche de Survey du Site Laayoune LGD

	Pré- Requis	Disponibilité		Qté/ nombre	Remarque
°		oui	non		
	Etat de la salle & Emplacement:				
1	Existence du faux plancher .préciser la hauteur		X		
2	Existence du faux plafond .préciser: la hauteur: Sol - faux plafond H1 la hauteur: faux plafond-plafond H2		X		
3	Emplacement libre pour l'installation des Bâti SDH 2200 x 600 x 300 mm . Préciser le mode de fixation(Cheville,support...)	X		8 Chevilles	Equipement à désinstaller pour nouveaux Racks
4	Emplacement libre pour installation d'un coffret PDB Ericsson -48V et mesurer la longueur des câbles,chemins des câbles et goulottes	X			22m du câble 14m de chemin du câble
	Énergie:				
5	Disponibilité de l'emplacement pour la fixation du PDB	X		1	au dessus de Rack
6	Disponibilité de 2 départs -48V.preciser l'ampérage et mesurer la longueur des câbles,chemins des câbles et goulottes	X		2x63A	
7	Disponibilité de chemin de câble pour le passage des Fibres optiques;préciser le chemin à construire si nécessaire	X		8m de goulotte	
8	Disponibilité d'une barre de terre dans la même salle que les équipements: Mesurer le câble de terre pour assurer la connexion	X		20m de câble de terre	
	Cablge, DDF & ODF				
9	Emplacement libre pour installation d'un coffret de loyage des Fibres optiques: Mesurer le flexible nécessaire	X		10m de flexible	au dessus de Rack
10	Disponibilité d'un ODF IAM.preciser: la destination EST (Vers Site: aucun) Ouset(Vers site: Laâyoune Port)	X			
11	Disponibilité de chemin de câble pour le passage des Fibres optiques;préciser le chemin à construire si nécessaire	X		4+12m de chemin de câble	
12	Emplacement libre pour installation des DDF	X		15 m	Equipement à désinstaller pour nouveau DDF
13	Disponibilité de chemin de câble pour le passage des câbles vers le DDF:Mesurer le chemin des câbles à réaliser	X		4m de chemin du câble	
14	Préciser le Nombre des réglettes 2MBà installer et réserver l'emplacement si DDF existant	X		8	
15	Préciser réglette des alarmes et de synchro à installer et réserver l'emplacement si DDF existant	X		1	

Tableau 8: fiche de Survey du site Laayoune LGD



Après avoir effectué cette étude pour chaque site, nous allons définir la quantité de matériels nécessaires pour ce projet.

III.2-Les sources d'énergie

Il s'agit de vérifier l'existence d'un redresseur, la disponibilité de deux départs +48V et -48V, mesurer la distance qui sépare le redresseur du PDB (tableau de distribution de l'énergie), et mesurer aussi la distance entre le PDB et PDU (unité de distribution d'énergie). C'est ce

Site	Disponibilité des 2 départs Energie	Distance Rack - PDB	Distance PDB-Redresseur IAM	Distance Rack--Mise à la terre
Laâyoune LGD	oui	3m	22m	20 m
Laâyoune Port	oui	6m	6m	10 m
Labradiche	non	4m	Pas de source d'énergie	22 m
Alcabino	non	8m	Pas de source d'énergie	22 m
Boujdour LGD	oui	8m	18m	12 m

dernier qui fournit l'alimentation aux équipements.

Tableau 9: Informations sur la source d'énergie

III.3- Répartiteur numérique de trame (DDF)

Un répartiteur numérique de trame (DDF) est l'interface où le câble coaxial (dans notre cas sont les câbles E1) se termine ou est interconnecté avec les réseaux de transport à grande distance. Alors dans la salle des équipements, il faut vérifier l'existence de DDF et mesurer la distance qui le sépare de l'équipement de transmission.

Site	Existence de DDF	Distance Rack--- DDF
Laâyoune LGD	Nouveau DDF à installer	15m
Laâyoune Port	Existant	32m
Labradiche	Existant	12m
Alcabino	Existant	8m
Boujdour LGD	Existant	18m

Tableau 10 : Informations sur le DDF



III.4.Répartiteur optique de trame (ODF)

Un répartiteur optique (ODF) est principalement utilisé pour connecter les fibres optiques. Il est applicable pour l'intersection de fibres entre les nœuds d'un réseau de transmission optique. Le tableau ci-dessous donne la distance entre l'emplacement des

Site	ODF de ligne	ODF Affluents	Rack---ODF	Besoin en nouveau Chemin de Câble
Laâyoune LGD	oui	oui	15m	15m
Laâyoune Port	oui	non	10m	6m
Labradiche	oui	non	16m	2m
Alcabino	oui	non	16m	6m
Boujdour LGD	oui	oui	15m	6m

équipements NG-SDH et l'ODF.

Tableau 11: Informations sur les ODF

Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre une description des équipements entrant dans la construction d'un réseau NG-SDH. Ensuite, nous avons fait la conception de la liaison NG-SDH ce qui nous a permis de donner les schémas de réalisation de notre projet, et nous avons terminé par une étude environnementale des sites où nous allons installer les équipements en vue de quantifier le déploiement de la solution proposée.

Après la conception et le Survey du projet, l'étape qui vient après est l'installation des équipements. Dans le chapitre suivant, nous allons décrire les procédures de cette étape.





CHAPITRE III: DEPLOIEMENT DU RESEAU NG-SDH

Introduction

Le déploiement du réseau NG-SDH est une étape suivant directement sa conception. Il faut respecter une procédure lors du déploiement des équipements afin de garantir la sécurité des personnes et des équipements.

I-PROCEDURE ET INSTRUCTIONS DE SECURITE

I.1.Autorisation d'accès à la salle des équipements

Avant d'accéder à la salle des équipements, il faut avoir une autorisation signée par les responsables de Maroc Télécom. C'est un document contenant les noms des personnes autorisées à faire l'installation des équipements et les travaux à faire dans cette salle. Le rôle de cette procédure est de sensibiliser les techniciens de l'obligation de faire attention lors du déploiement des équipements et surtout de ne pas toucher les éléments existant dans la salle (équipements, câbles et fibres optiques). En effet, ce genre de salles représente les cœurs des réseaux de télécommunications. Une coupure de quelques fibres peut causer qu'une partie d'une ville ne soit pas couverte ni par l'internet, ni par la téléphonie.

I.2-Exigences de sécurité

Les exigences en sécurité décrites ci-dessous doivent être suivies pour éviter toutes blessures et dommages sur des biens matériels.

Il est de la responsabilité du chef de projet local ou superviseur de s'assurer que les réglementations locales et les consignes de sécurité soient respectées.

I.2.1. Qualité de Personnels

L'installation doit être effectuée par des personnes autorisées ayant la compétence technique appropriée et l'expérience nécessaire pour être conscientes des dangers durant l'installation et de mesures visant à minimiser les dangers pour elles-mêmes ou pour toutes autres personnes.



I.2.2. Outils et instructions pour l'installation

Lors de l'installation, les techniciens doivent respecter les remarques suivantes :

- Ne pas utiliser des composants d'installation (par exemple des vis et des écrous) autre que ce qui est joint à l'équipement ou recommandé par le fournisseur (Ericsson).
- Veiller à ce que les Instructions de travail soient suivies, les outils recommandés soient utilisés, les dispositifs de sécurité adéquats soient adoptés et les risques de chute et surtout ceux des objets soient connus.
- Les équipements contiennent des composants sensibles aux décharges électrostatiques (ESD). Gardez les pièces et cartes dans leur emballage antistatique jusqu'à ce que vous soyez prêt à les installer. L'utilisation d'un bracelet antistatique mis à la terre est recommandée lors de la manipulation des modules pendant l'installation.

II- PLANIFICATION DE L'INSTALLATION

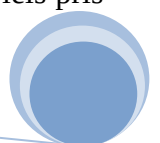
II.1. Matériels supplémentaires

En plus des deux équipements l'OMS et le SPO, Les matériels suivants sont fournis séparément selon les exigences d'installation, ce sont :

- Support d'équipements (Bâtis)
- Tableau de distribution d'énergie.
- Unité de Distribution d'énergie.
- Disjoncteurs.
- Panneau des alarmes (facultatif).
- Modules SFP/XFP (des émetteurs-récepteurs optiques).
- Les câbles et fibres optiques (Coaxial, RJ45, E1). Généralement, tous les types câbles sont placés séparément selon les exigences du client.
- Les étiquettes.

II.2- Les étapes de l'installation des équipements

Nous présentons les étapes recommandées pour une bonne installation des matériels pris en charge par le SPO 1460 et l'OMS1664 [1] :



- Déballer l'équipement.
- Fixer l'équipement (OMS ou SPO) sur le support comme décrit dans le guide d'installation.
- Installer le Module de ventilation (FM) et le filtre du ventilateur.
- Installer les modules d'énergie.
- Installer le module Data Fabric (DF) et les systèmes de contrôle (SCM) pour le SPO, les Switchs, l'unité auxiliaire, l'unité de communication et de contrôle (CCU), et le système de gestion et synchronisation pour l'OMS.
- Installer les modules de Service (SM).
- installer les modules d'Expansion (EM).
- installer les modules SFP / XFP.
- Installez les câbles de terre.
- raccorder toute les câbles pour les modules de Synchronisation, la gestion, et les alarmes.
- Raccorder toutes les fibres et câbles de trafic depuis les module SC/SM/EM et jusqu'à ODF/DDF.
- Raccorder toute la gamme des câbles E1 depuis les modules d'expansion des E1 jusqu'au DDF.

III-DEPLOIEMENT DES EQUIPEMENTS NG-SDH

Nous allons donner une description des étapes d'installation pour un seul site (comme exemple le site «Laayoune LGD»:

III.1.Fixation des équipements

Dans un premier temps il faut fixer les bâtis dont les dimensions sont: 2200 x 600 x 300 mm. Ensuite la fixation des équipements, à savoir le SPO, l'OMS, les multiplexeurs OADM, régénérateur MHL3000, et le panneau des alarmes comme illustre la figure suivante.



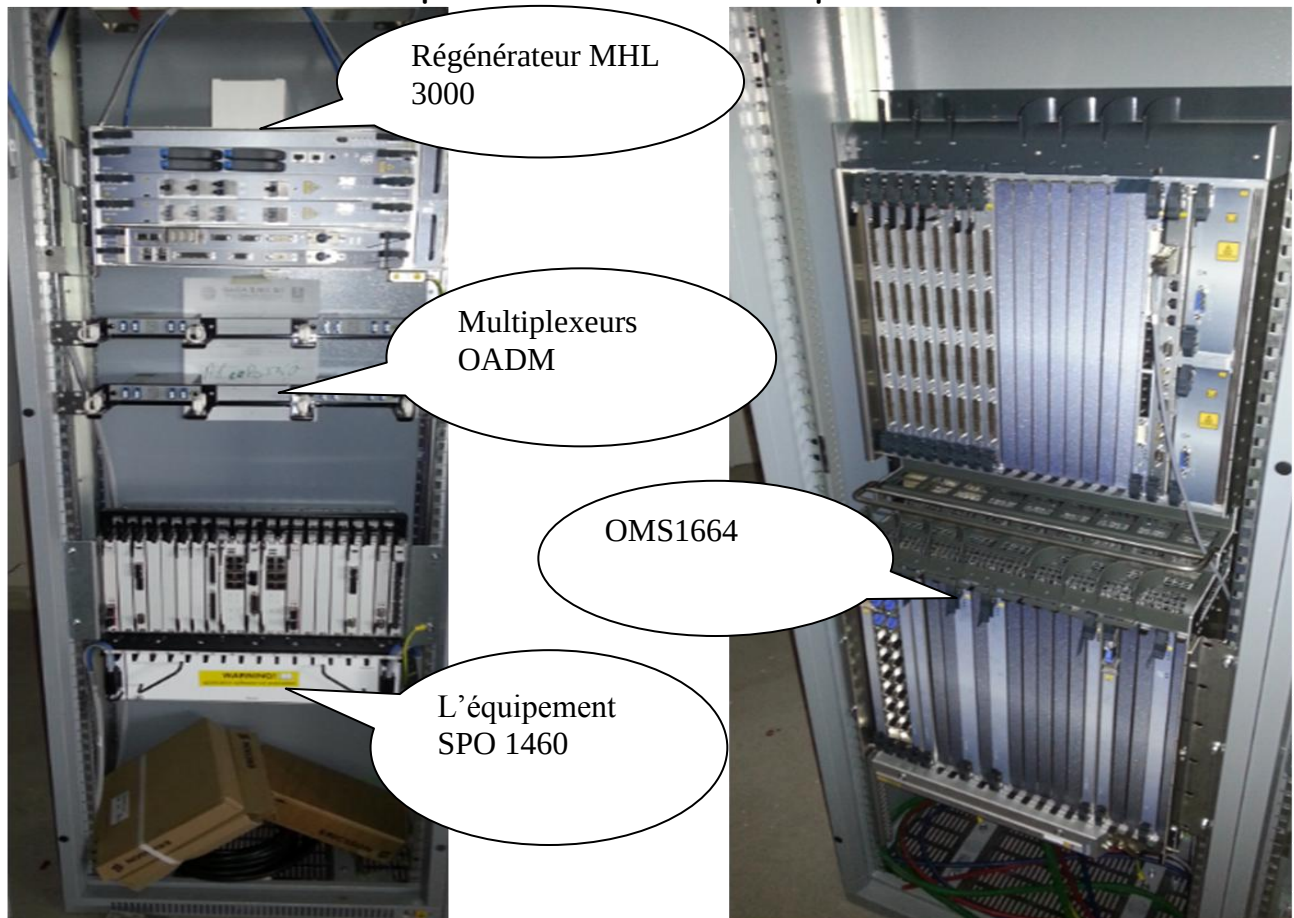


Figure 45: Photos des équipements

III.2. Câblage

III.2.1. Câbles d'alimentation des équipements

L'unité de distribution d'énergie (PDU) inclut des fusibles pour protéger la source d'alimentation externe contre les défaillances internes. Un système de protection contre les surtensions est inclut aussi dans le module de puissance des équipements SPO et OMS. Ils ont également un circuit de surveillance de puissance qui surveille la tension d'entrée et indique si la tension est en dehors de la plage normale.

Les Câbles d'alimentation sont livrés avec chaque équipement. Le câblage se fait en reliant les sorties des fusibles inclus dans la PDU et les modules de puissance des équipements (fig.45).

III.2.2. Raccordement des câbles E1 et les fibres optiques



Pour les E1, il faut prendre les sorties des cartes LTU (sur OMS) ou les sorties des modules d'expansion (sur SPO) et les acheminer vers les réglettes du DDF et les fibres optiques connectées des modules d'expansion vers les ODF.

III.2.3. Câble de management et de Synchronisation

Chaque module de système de contrôle (SCM) dispose d'une interface de synchronisation qui est une horloge de 2 MHz et une interface de management pour connecter l'équipement au centre de gestion du réseau.

Une extrémité du câble RJ-45 est raccordée à la source de synchronisation externe et l'autre extrémité connectée à l'interface « SYNC » située sur le module de système de contrôle (SCM-A et SCM-B).

Les interfaces de gestion prennent en charge l'auto-détection ; des câbles Ethernet droits ou croisés peuvent être utilisés. Il faut connecter un câble Ethernet R-J45 à l'interface MNGT du module de système de contrôle et l'autre extrémité du câble doit terminer sur une réglette de management.

La figure suivante illustre les équipements avec le câblage cité en dessus.

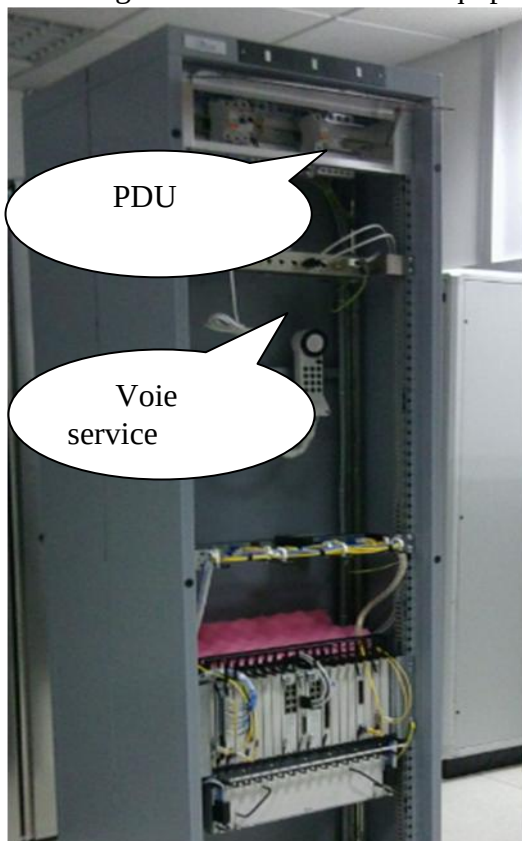


Figure 46 : Photos des équipements avec câblage

Conclusion

Afin de garantir la sécurité des équipements et des personnes, les procédures décrites dans ce chapitre doivent être suivies en respectant l'ordre des étapes de déploiement. Le chapitre suivant sera le dernier et destiné à décrire les techniques de mise en service de la liaison NG-SDH.



CHAPITRE VI: MISE EN SERVICE DE LA LIAISON NG-SDH

INTRODUCTION

Après installation, câblage et alimentation des équipements, le réseau NG-SDH n'est pas encore fonctionnel. Alors pour le mettre en service, il faut encore des configurations à faire à savoir : l'activation des ports de ligne SDH et Ethernet, et la configuration des différents brassages (cross-connexion). Cela se fait à l'aide du logiciel LCT (Local Craft Terminal).

I-DESCRIPTION DE L'OUTIL DE CONFIGURATION LCT

Nous allons décrire la version LCT pour configurer le SPO 1460. Celle de l'OMS1664 est presque similaire.

Le logiciel LCT permet de configurer et d'effectuer la gestion, le contrôle et la surveillance d'un réseau NG-SDH constitué d'équipements ERICSSON. Ses fonctions sont accessibles directement sur le port LCT ou à travers le LCTS qui s'exécute à partir du NMS (Network Management System).

I.1.Informations pour se connecter la première fois à l'équipement

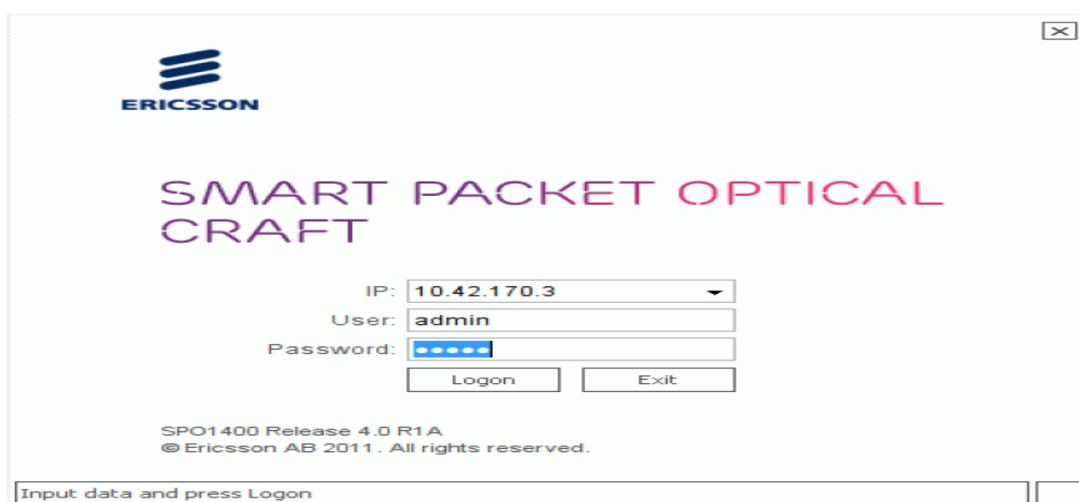


Figure 47: Première fenêtre de l'application LCT

-L'adresse IP par défaut est : **192.168.168.1**.



- le nom de l'utilisateur par défaut est : **admin**.
- Le mot de passe par défaut est : **admin**.
- pour confirmer et exécuter, une clique sur **Logon**.

I.2-Fenêtre principale de LCT

La fenêtre principale contient les principaux outils fournis par l'application LCT.

Lorsque l'application LCT se connecte à un réseau, la fenêtre s'ouvre sur la vue initiale du réseau. Dans cette fenêtre, le nom, l'emplacement et l'état d'alarme, etc... sont affichés. Le système permet de configurer le réseau avec les différentes vues disponibles.

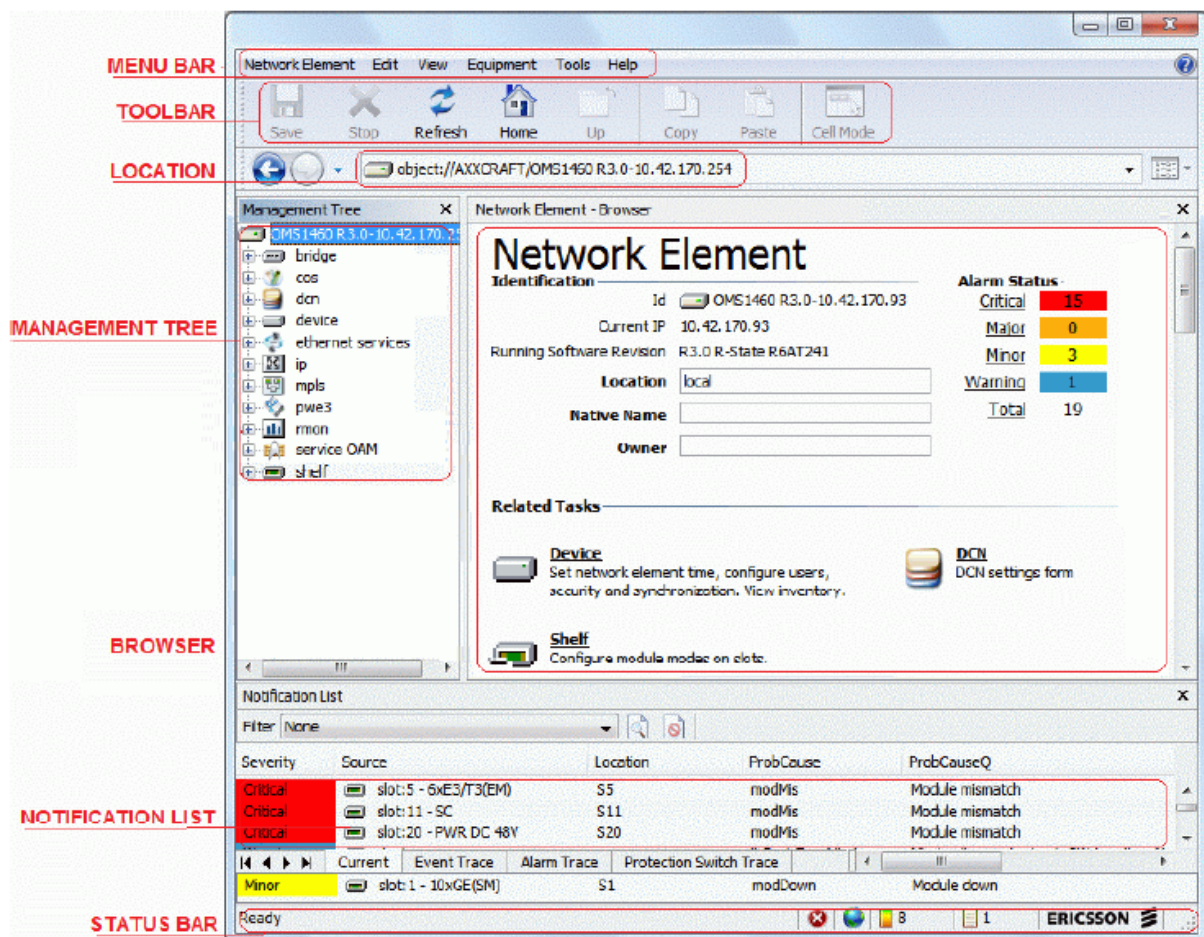
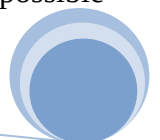


Figure 48 : fenêtre principale du logiciel LCT

- **La barre de Menu:** où, à l'aide des menus déroulants et des sous-menus, il est possible d'accéder presque à toutes les fenêtres du LCT.





- **La barre d'outils:** où il est possible d'accéder aux fonctions fréquemment utilisées par l'utilisateur de l'application LCT.
- **Une barre d'adresse :** donne l'adresse de la page actuelle et contient aussi une liste des pages récemment visitées.
- **L'Arbre de gestion:** il est affiché comme une structure de dossiers de la fenêtre. Au moyen de ce menu, presque tous les outils de configuration du réseau sont accessibles
- **Le Navigateur:** où les pages invoquées de l'Arbre de gestion ou la barre d'adresse sont affichées.
- **La Liste de notification:** il s'agit d'une série de tableaux où les événements actuels, les alarmes et leur historique sont affichés.

La description de l'outil est détaillée dans l'Annexe I.

II-MISE EN SERVICE DE LA LIAISON NG-SDH

II.1.Mise en service des ports Ethernet

II.1.1.Activation des ports de ligne 10*GE

Les paramètres à choisir sont :

- **Administrative Service :** in service
- **Capability :** L2, MPLS.
- **Provider Bridge Port Type :** pnp
- **Expected Port Interface :** 10 GBASE DWDM
- **Expected Wavelength :** Nous choisissons 193,1 THz ou 193,2 pour notre projet.



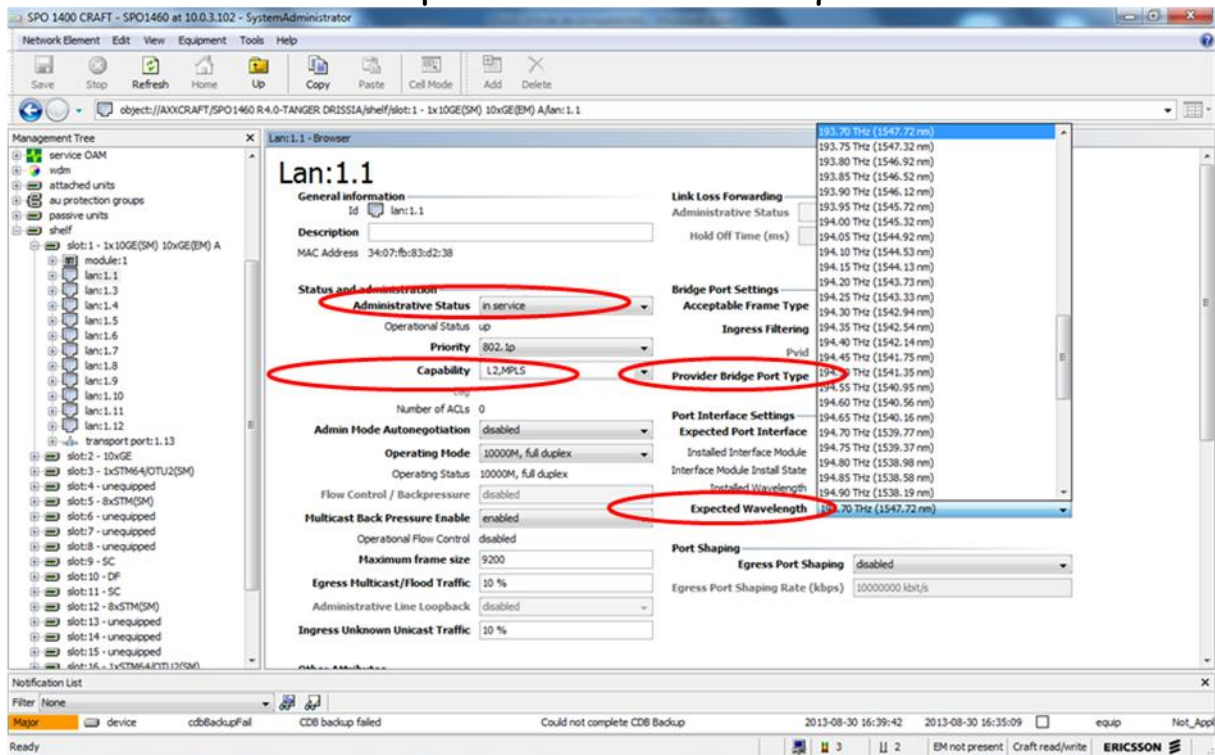


Figure 49: Activation d'un port 10*GE

II.1.2.Activation des ports 1GE

L'activation de des ports se fait en saisissant les paramètres suivants :

- **Administrative Service** : in service
- **Capability** : L2.
- **Provider Bridge Port Type** : cep
- **Expected Port Interface** : 1000BASE-LX10

La figure suivante illustre les paramètres de configuration de ces ports :



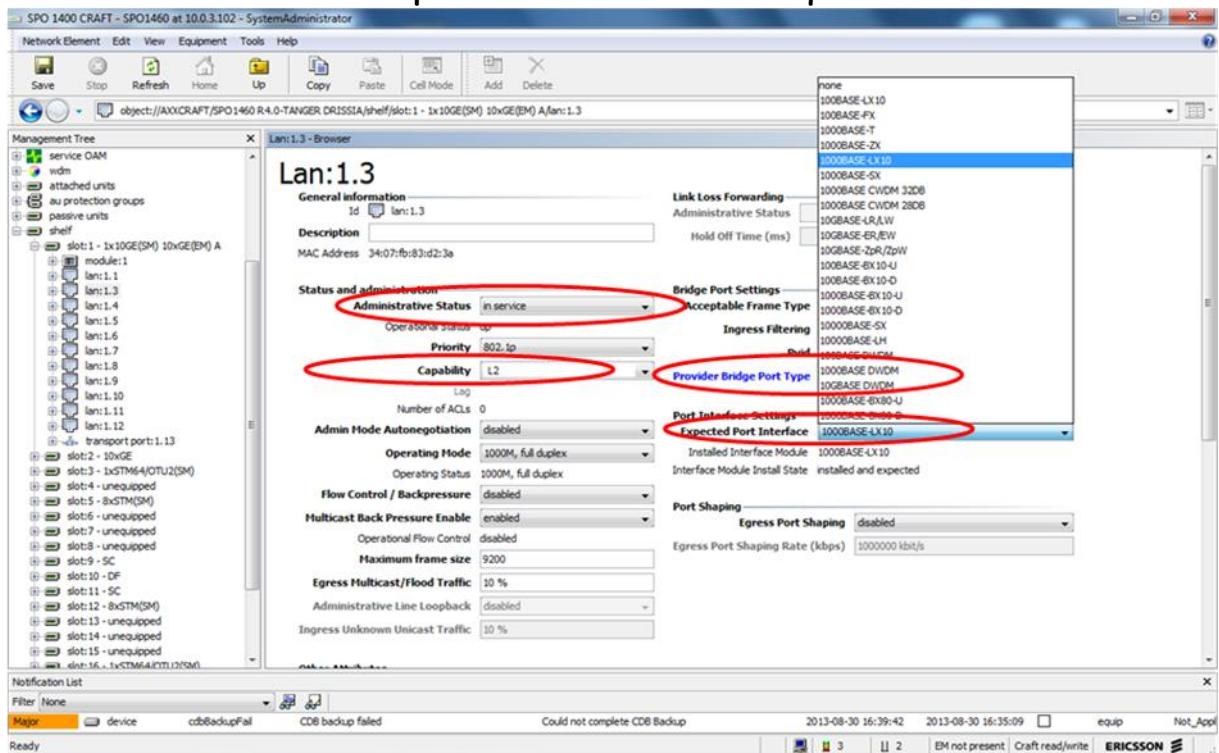


Figure 50: Activation des ports 1GE

II.2. Mise en service des ports SDH

II.2.1.Activation des ports de ligne

Les parametre à choisir sont : **Administrative Status**: in service ; **SDH Rate**: STM-16 ou STM-64; **Expected Port Interface** : L-64 ou L-16 ; **Expected Wavelength**: 193,1THz 193,2 THz

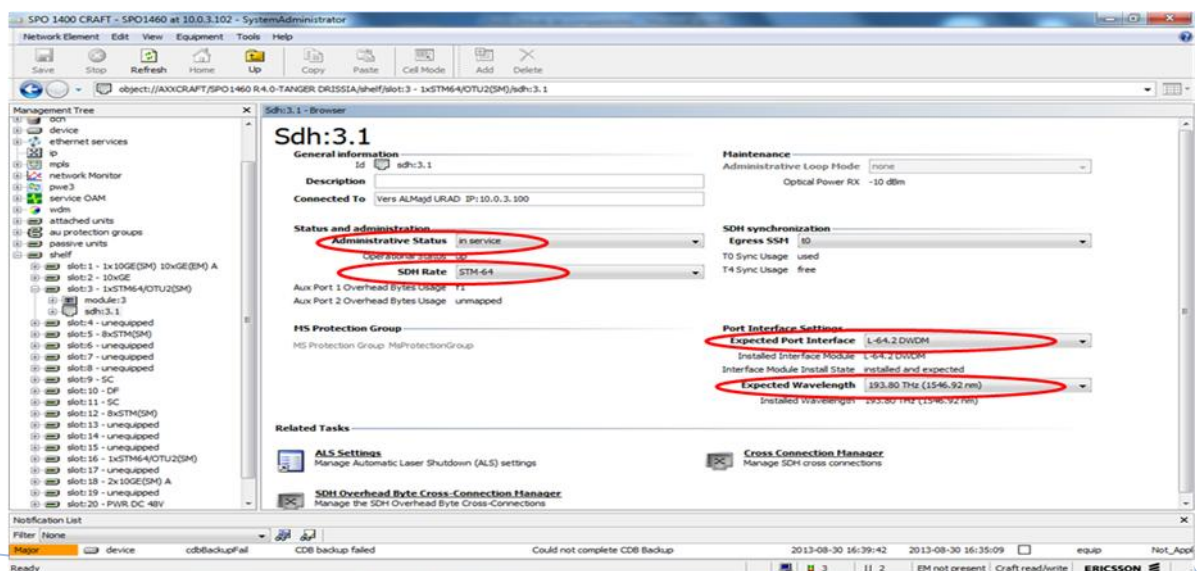


Figure 51: Activation des ports de la ligne SDH

II.2.2. Configuration de protection des ports

Ci-dessous un exemple de définition du port 14.1 comme protection du port 13.1.

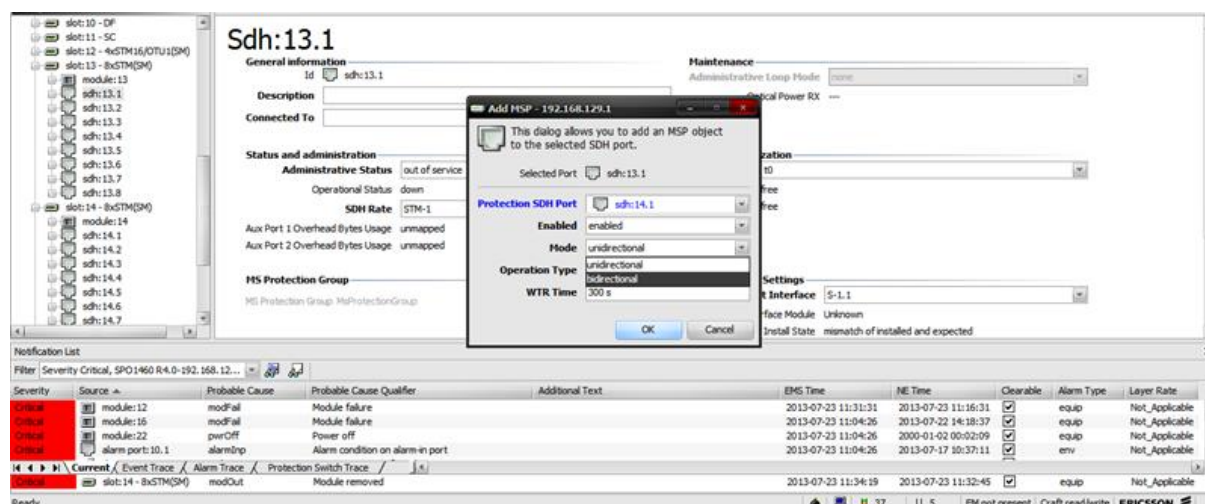


Figure 52: Définition d'un port de protection

II.2.3. Configuration du brassage (cross-connection)

II.2.3.1. Matrice de brassage

Cette matrice présente la partie importante de mise en service des liens SDH, elle constitue le module de base du brassage. C'est une conception des arrangements des différents canaux dans le réseau SDH, où il faut associer les différents liens (E1 et STM-1) à l'une des unités administratives constituant la ligne SDH (STM-16 pour notre cas).

Nous commençons toujours par l'arrangement des liens de type E1 et ensuite les liens STM-1. La figure suivante présente la matrice de brassage de la liaison Laayoune-Boujdour.

VC-4		LAAYOUNE LGD	LAAYOUNE PORT
1.1.1	AU4-1	63xE1 OMS1664 /RK2/ Card 24 LTU1 & 2	Chemin Normal MSP (TU-12) 63xE1 SPO1460 /RK 1/ Slot 7
1.1.2	AU4-2	63xE1 OMS1664 /RK2/ Card 24 LTU3 & 4	Chemin Normal MSP (TU-12) 63xE1 SPO1460 /RK 1/ Slot 14
1.1.3	AU4-3	63xE1 OMS1664 /RK2/ Card 25 LTU5 & 6	Chemin Normal MSP (TU-12) 63xE1 SPO1460 /RK 1/ Slot 7
1.1.4	AU4-4	63xE1 OMS1664 /RK2/ Card 25 LTU7 & 8	Chemin Normal MSP (TU-12) 63xE1 SPO1460 /RK 1/ Slot 7
1.2.1	AU4-5	STM 1 OMS1664 /RK2/ Slot22-Port 1	Chemin Normal MSP (AU-4) 63xE1 SPO1460 /RK 1/ Slot 4-Port
1.2.2	AU4-6	STM 1 OMS1664 /RK2/ Slot22-Port 2	Chemin Normal MSP (AU-4) 63xE1 SPO1460 /RK 1/ Slot 4-Port

Figure 53: Matrice de brassage de la liaison Laayoune-Boujdour.

II.2.3.2. Configuration de brassage

Nous donnons l'exemple du brassage au niveau du SPO1460 pour un nœud constitué par les deux équipements, l'OMS1664 et le SPO1460.

Pour configurer le brassage nous suivons ce chemin : Barre des menus → **Equipment** → **Cross Connection Manager**, la fenêtre suivante s'affiche où il faut choisir le port et le type de brassage :

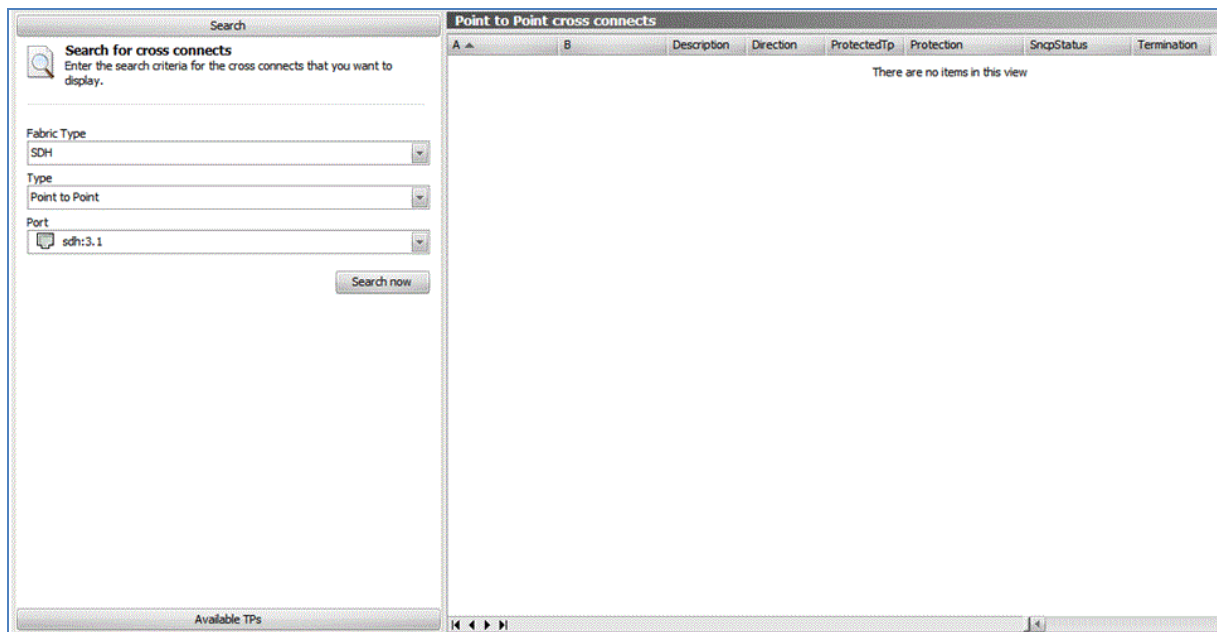


Figure 54: Paramètres de brassage

Dans le cas où un nœud du réseau est constitué de deux équipements (OMS et SPO), le type de brassage est « **double Add & drop** »

Brassage des E1 :

Puisque les liens E1 seront extraits à partir de l'OMS, nous sélectionnons le port (STM-16) d'interconnexion entre le SPO et le OMS puis l'onglet « **Tu-12/Vc-12** », ensuite une clique sur « **Search now** ». Par suite l'ensemble des Tu-12/Vc-12 existés vont apparaitre, nous sélectionnons le nombre des Tu-12/VC-12 comme nous avons défini dans la matrice de brassage suivi une clique sur l'icône « **Add** ».



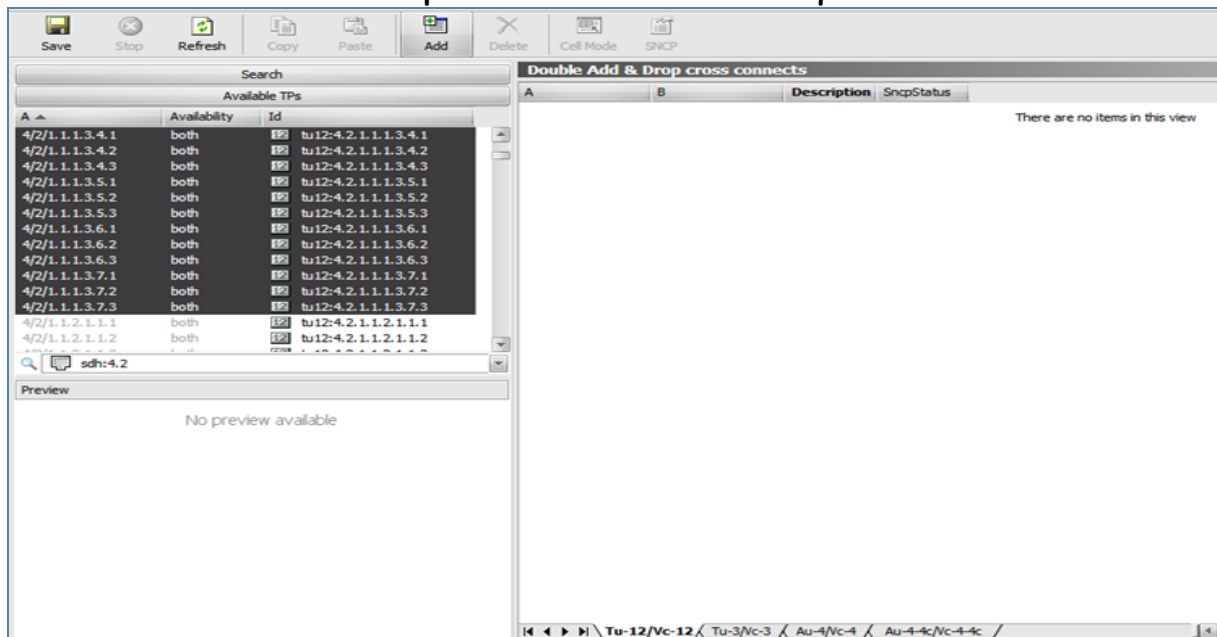


Figure 55: Arrangement des Vc-12 du port normal

Ensuite nous choisissons l'autre port (STM-16) d'interconnexion, dit de protection, nous faisons la même chose, puis une clique sur « **Set A2** », comme montre la figure suivante :

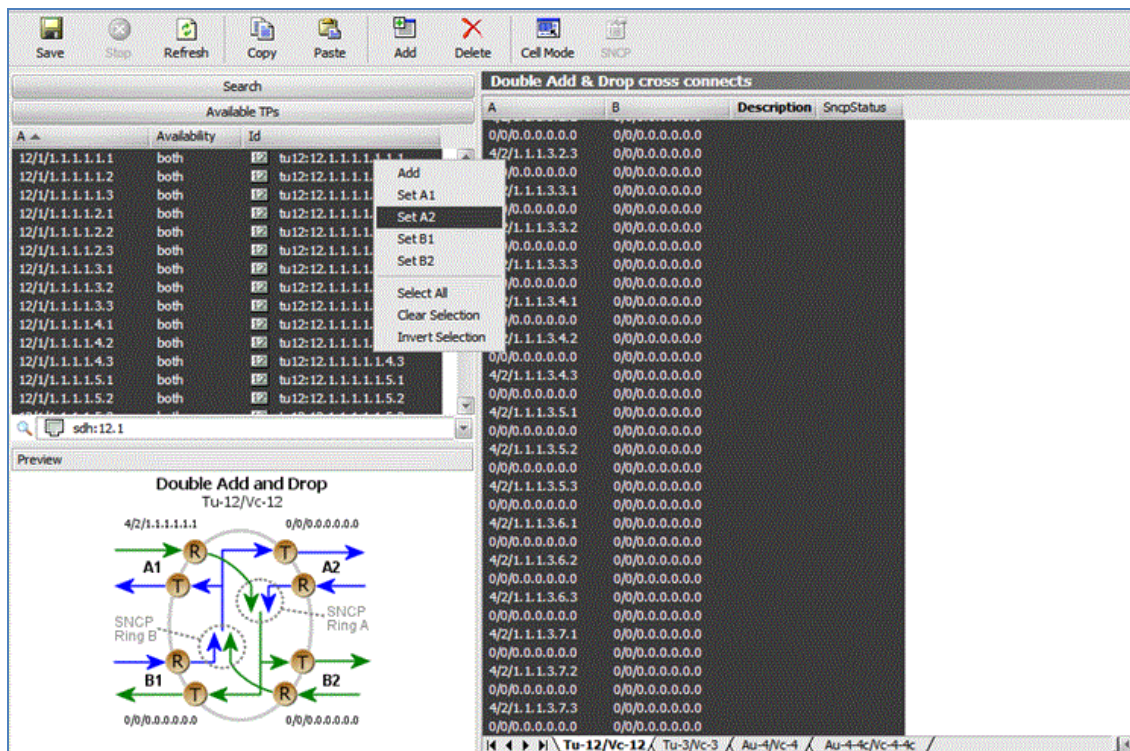


Figure 56: Arrangement des Vc-12 du port normal

Après, nous choisissons le port de ligne SDH, et nous sélectionnons les Tu-12/Vc-12 en respectant la matrice de brassage, puis une clique sur « **Set B1** », la même chose pour la ligne de protection avec une clique cette fois sur « **Set B2** ».

Les deux captures suivantes illustrent cette configuration :

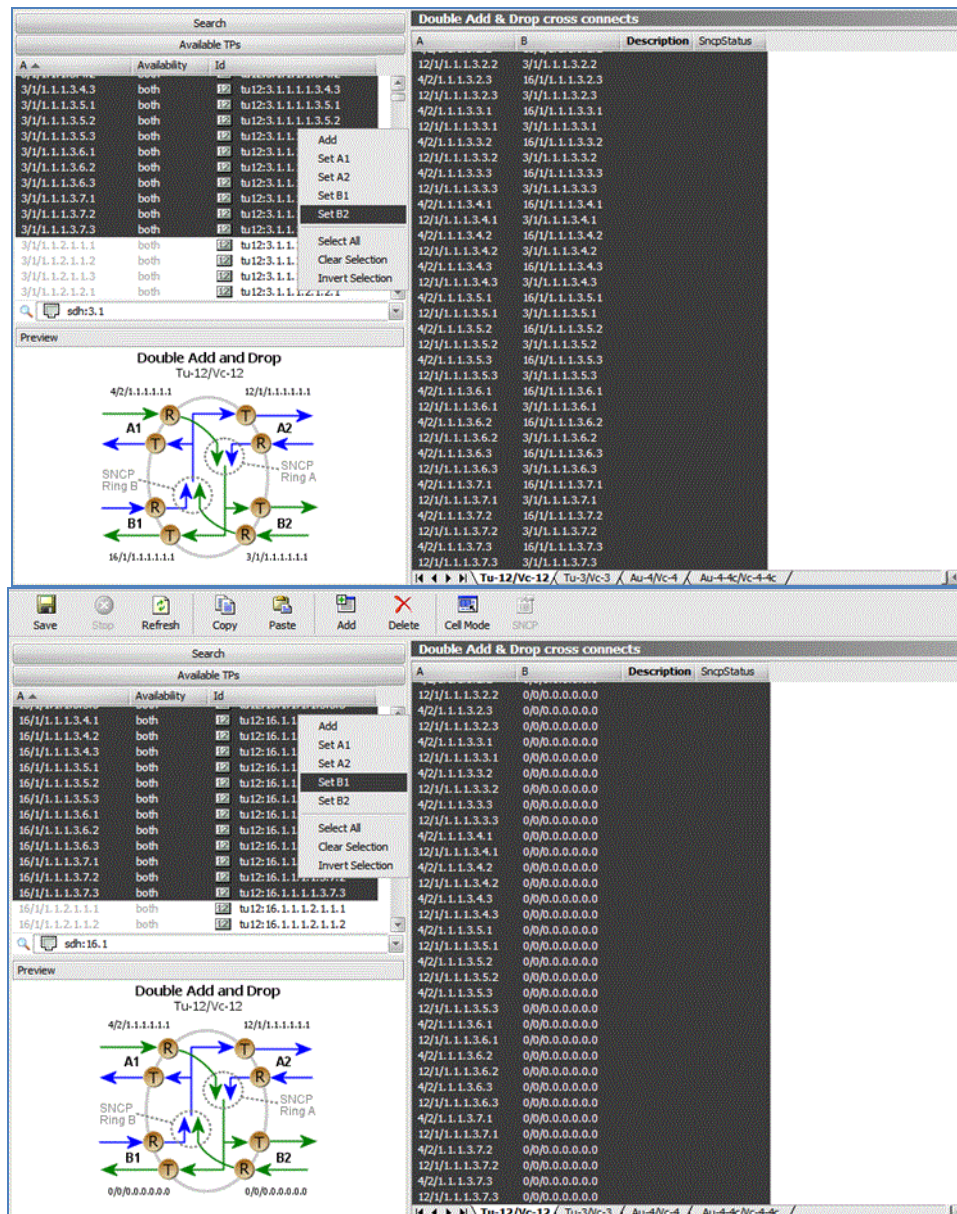


Figure 57: Arrangement des Vc-12 des ports de ligne (normale et secours)

Nous finissons par la sauvegarde en cliquant sur « **Save** ».la figure suivante montre que le brassage des E1 est fait avec succès.



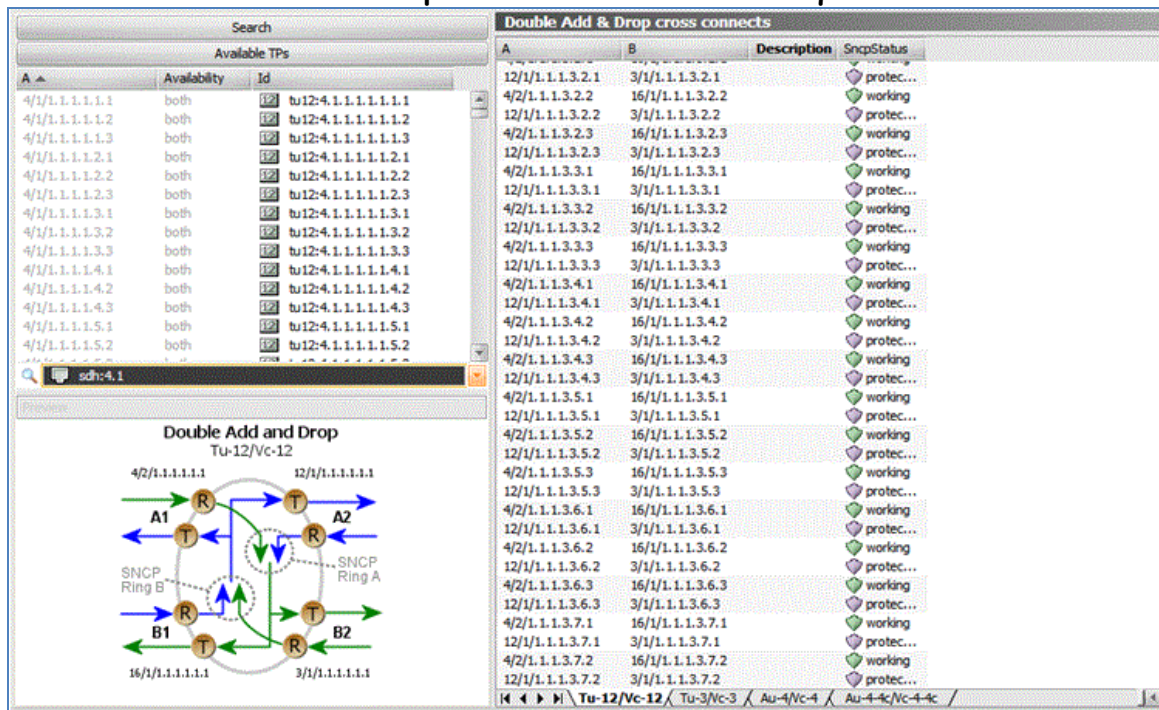


Figure 58: Sauvergarde du brassage des Vc-12

Brassage des VC-4(liens STM-1)

C'est la même configuration que celle des E1, sauf qu'il faut sélectionner l'onglet Au-4/Vc-4 au lieu des Tu-12/Vc-12 et refaire les mêmes étapes.

La figure suivante montre la phase finale de la configuration de brassage des STM-1 :

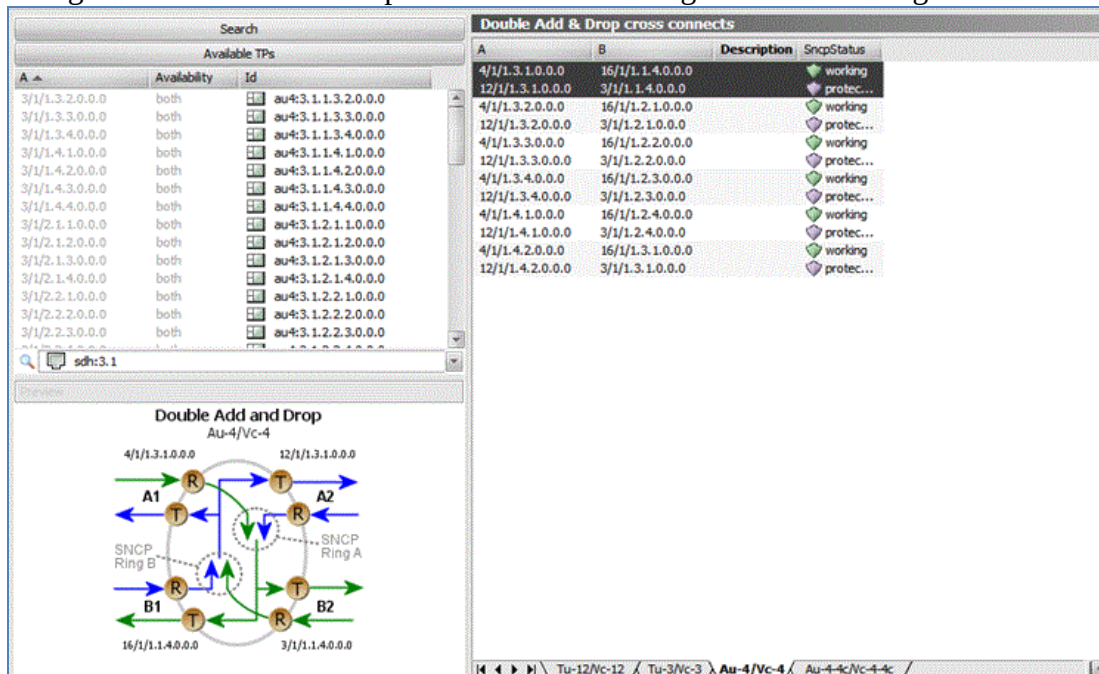


Figure 59: Sauvergarde du brassage des Vc-4

Brassage au niveau de l'OMS1664



Puisque les liens E1 et STM-1 vont être extraits à partir de l'OMS, il est obligatoire de configurer le brassage au niveau de ce dernier aussi. Nous donnons l'exemple de brassage des E1, la même chose sera pour le brassage des STM-1.

Pour configurer le brassage nous suivons le chemin suivant : Barre de menus →Connections →Connections.

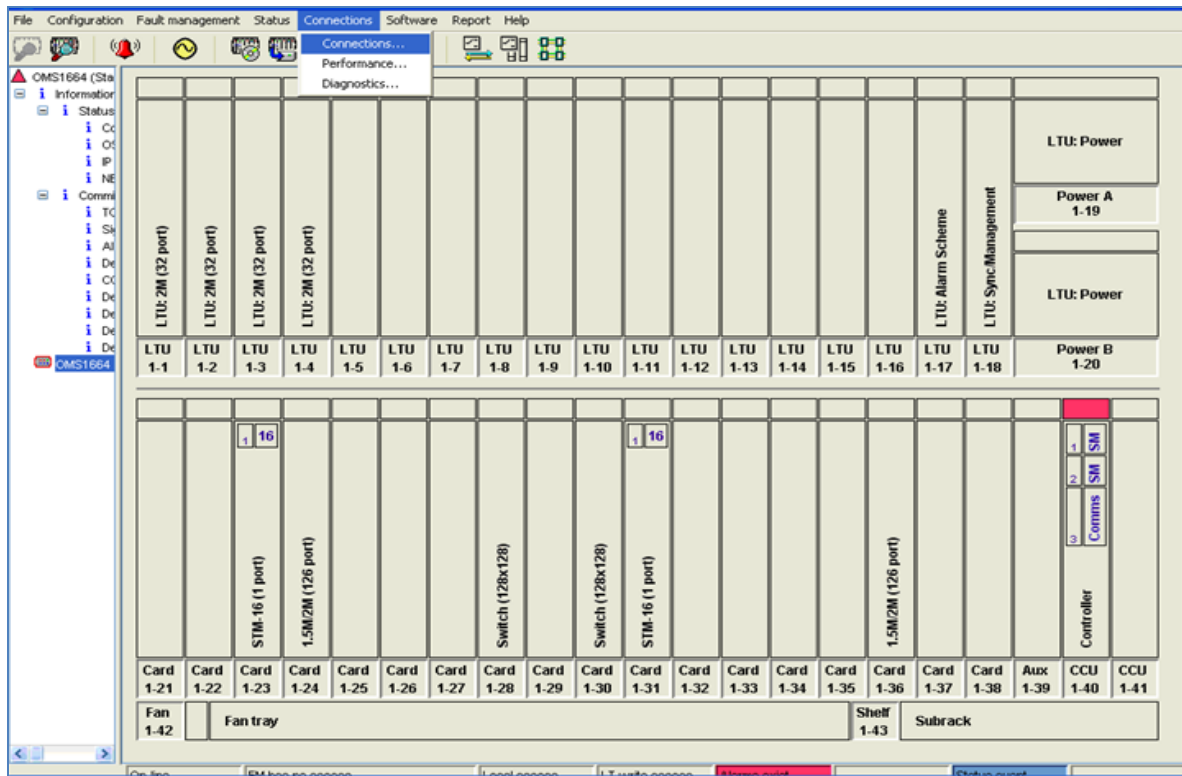


Figure 60 : Brassage dans l'OMS

Ensuite une clique sur « Quick Connect »La fenêtre suivante s'affiche :



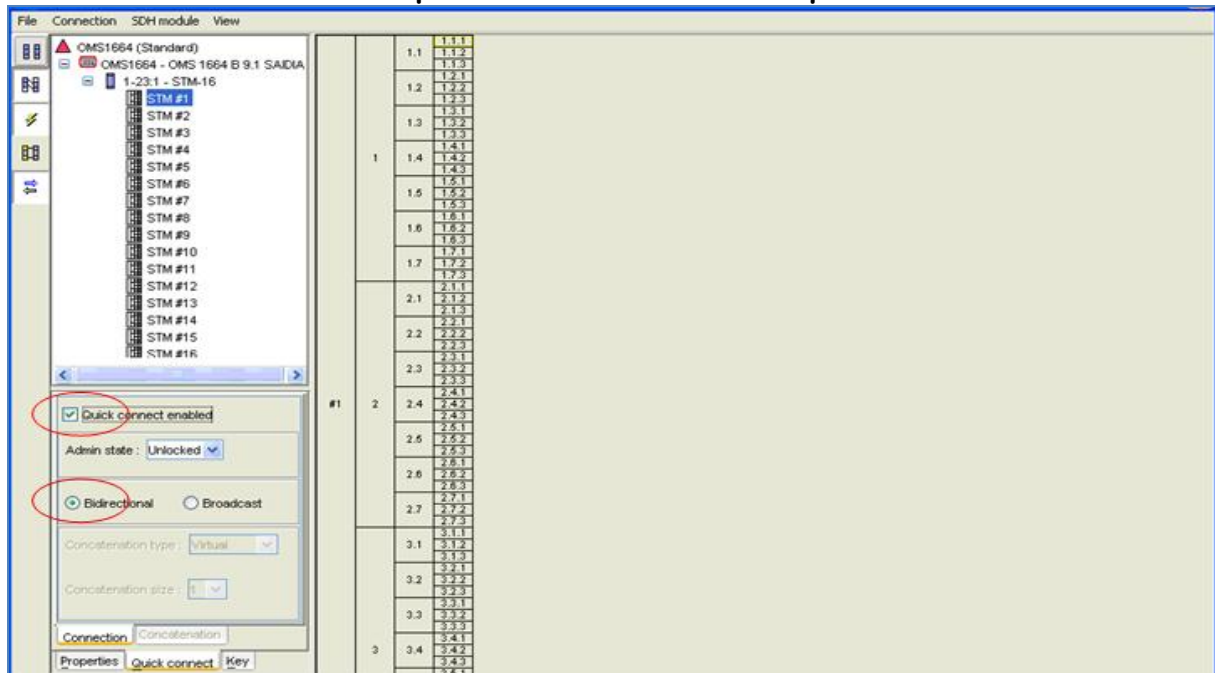


Figure 61 : Paramètres de configuration

Nous commençons le brassage en respectant la matrice de brassage :

Nous citons l'exemple du brassage de 126 E1 :

Le principe est d'interconnecter les ports des LTU et le port de la ligne STM-16. La figure suivante montre comment connecter les éléments d'une carte LTU et les éléments de ligne STM-16.

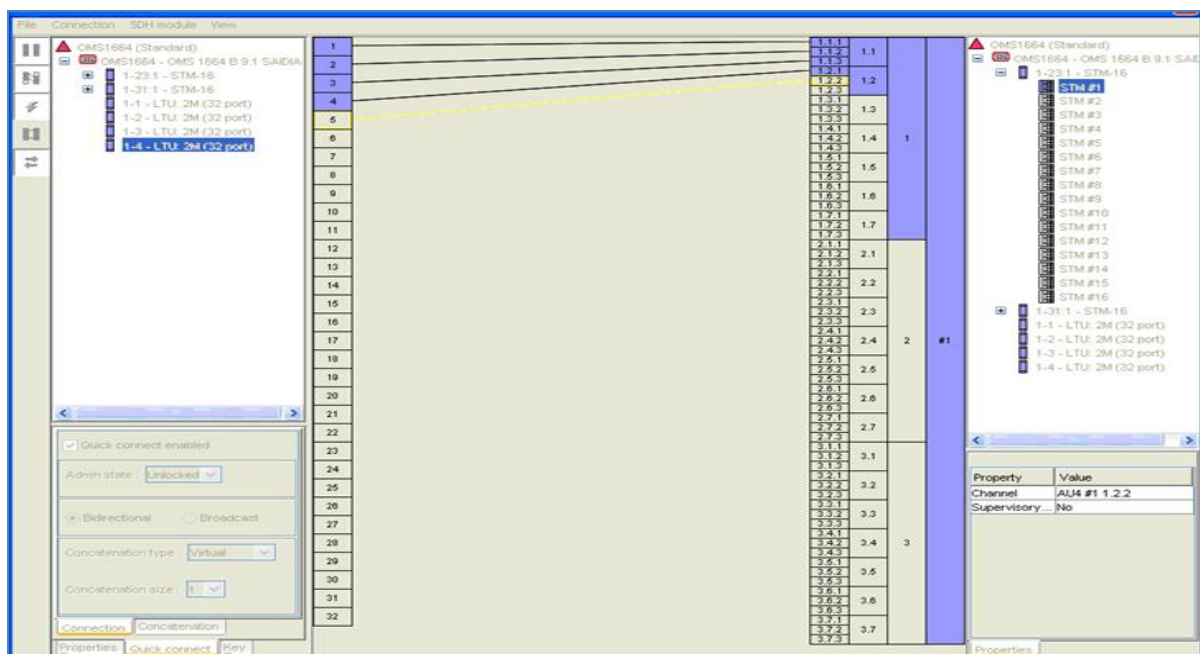


Figure 62: Connexion des éléments des Vc-12 cartes LTU et Celles de ligne (STM-16)



Nous faisons même chose pour configurer le brassage des liens STM-1, en cas où nous avons choisi de les mettre au niveau de l'OMS1664.

Remarque

Dans le cas où les liens (E1 et STM-1) vont être extraits à partir du SPO, le type de brassage qu'il faut choisir est (point to point).

Conclusion :

Nous avons présenté la dernière étape de construction d'un projet NG-SDH qui est la mise en service de ce réseau, en décrivant les procédures à suivre et les outils de configurations, ainsi nous avons donné des imprimés d'écrans qui représentent ces configurations.

CONCLUSION GENERALE

Le stage, que j'ai effectué au sein de la société Sirecom, s'inscrit dans le cadre du projet NG-SDH Ericsson-Maroc Telecom.

L'objectif était de répondre au cahier des charges du client (IAM), dont la demande était le déploiement et la mise en service d'une liaison NG-SDH dans la région Laayone-Boujdour, avec une topologie en bus composée de 5 nœuds. L'exigence du client étant l'utilisation des équipements Ericsson.





Dans un premier temps j'ai étudié le côté théorique des technologies de transmission PDH, SDH et NG-SDH, ainsi que le côté technique des équipements d'Ericsson qui prennent en charge la technologie NG-SDH, afin de bien maîtriser cette dernière.

Une étude a été faite du cahier de charges exigé par le client (IAM) afin de proposer une solution pour la conception du projet NG-SDH Laayoune-Boujdour. Cette étude nécessite la définition des paramètres de mise en service de la liaison NG-SDH, et d'un Survey pour définir la quantité de matériels nécessaire à l'installation des équipements.

Nous avons alors proposé une solution qui consiste à déterminer le type et le nombre des équipements (OMS, SPO, cartes,) ainsi que leurs emplacements. Cette solution répond en termes de débits au cahier de charges demandé. Nous avons par la suite décrit les configurations de tous les appareils et composants proposés pour l'utilisation (Matrice de brassage, ports de protection ...)

La solution proposée a été adoptée, les paramètres de la mise en service sont définis il reste juste les traduire en des configurations sur les équipements. J'espère effectuer cette tâche par la suite dans le cadre de la continuité de mon stage

Mon projet offrait, pour moi, une expérience professionnelle qui m'a permis de renforcer mes connaissances théoriques acquises durant mon cursus universitaire à la FST de Fès et de les mettre en pratique. Par ailleurs, ce stage m'a permis d'étendre mes compétences techniques et de maîtriser l'utilisation des documents techniques.

Comme idées de perspectives, je propose d'effectuer une étude avec une utilisation d'un amplificateur optique, voire la possibilité d'utiliser d'autres types des modules XFP pour atteindre des distances plus grandes.

ANNEXE I

Description de l'outil LCT pour configurer le SP01460 [4]

La zone barre de menu

La barre de menus offre un accès pratique à diverses opérations telles que l'enregistrement d'une configuration, quitter le programme, les préférences d'affichage de l'utilisateur, des outils

de configuration générale du réseau, les informations système, l'aide en ligne et ainsi de suite. Certaines entrées du menu peuvent être affichés ou masqués en fonction du réglage du système.

La Zone barre d'outils

La barre d'outils contient les entrées de menu les plus utilisés sous forme d'icône typique et pratique.

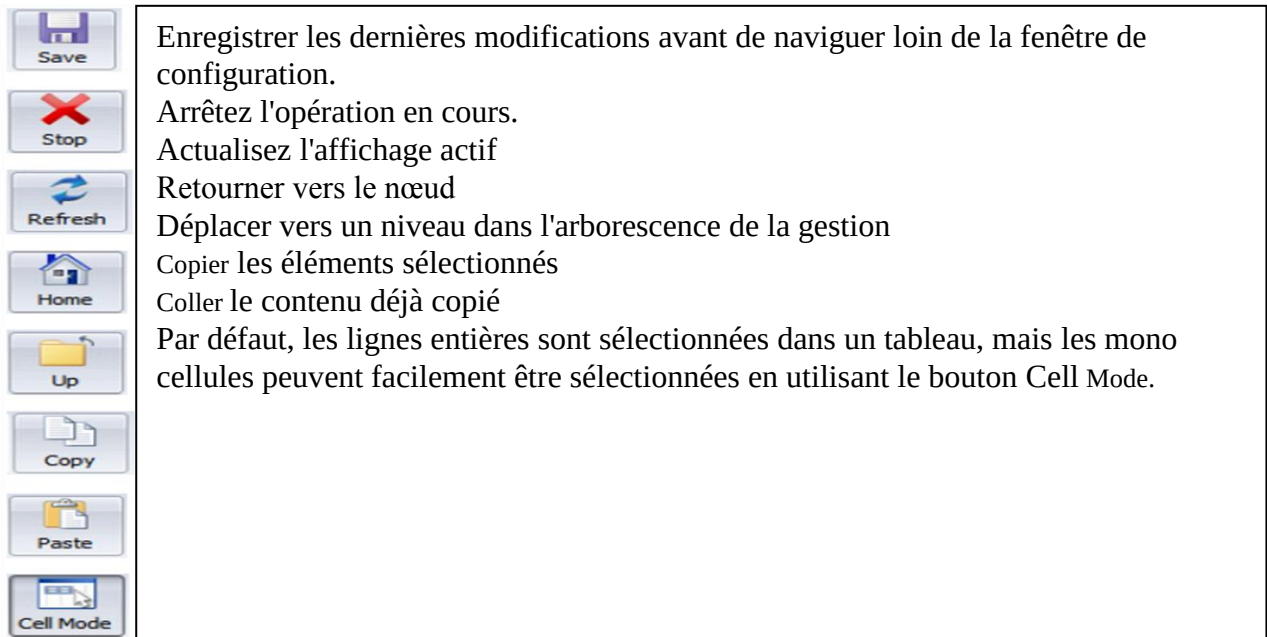


Figure I.1: Barre d'outils

Zone de la barre d'adresses

Cette barre donne l'adresse de la page actuelle et contient aussi les adresses des pages récemment visitées, la figure suivante illustre un exemple de cette barre :

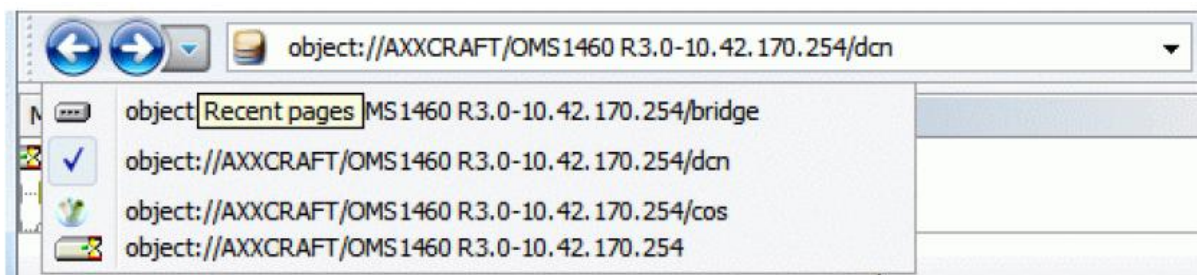


Figure I.2: la barre d'adresses

Arbre de gestion

Est une représentation en forme d'arborescence de répertoire. Elle offre l'accès presque à tous les outils de configuration du réseau.

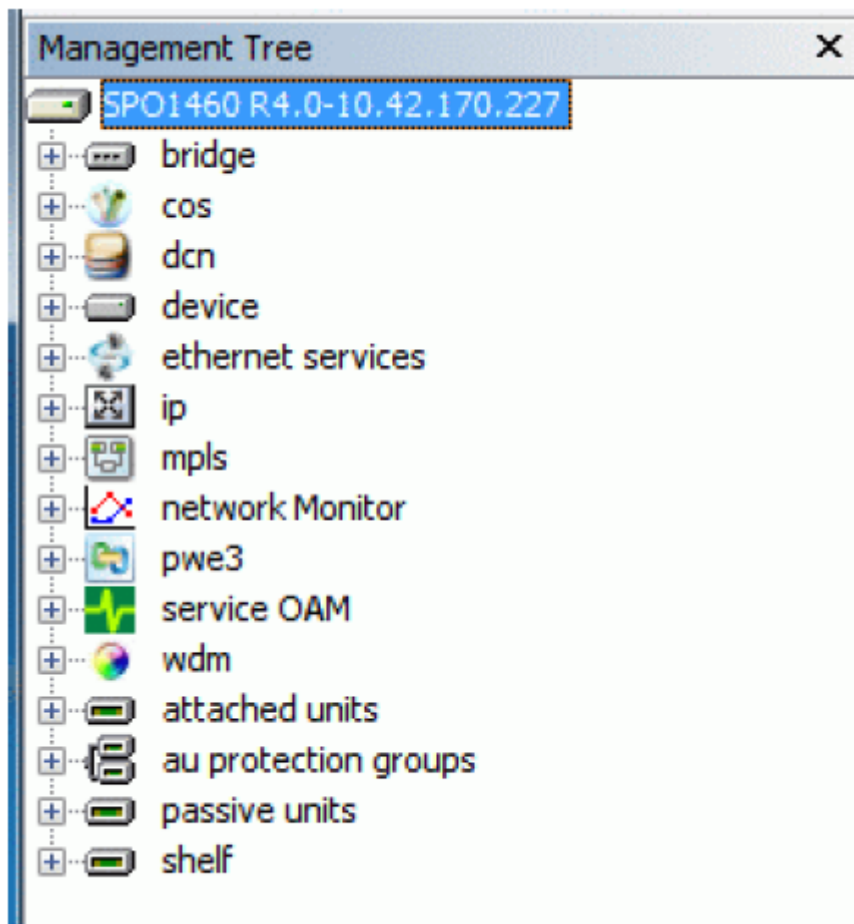


Figure I.3: Arbre de gestion

Zone Navigateur

Le navigateur est personnalisé pour l'élément sélectionné dans l'arborescence de gestion et contient les attributs de l'élément sélectionné, ainsi que les informations utiles applicables à l'élément sélectionné.



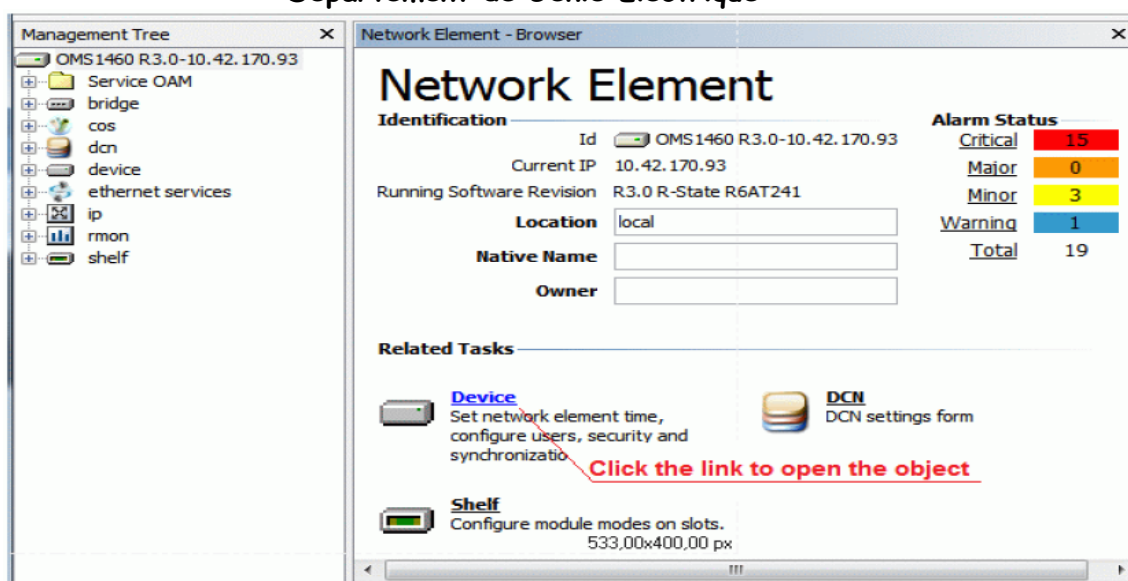


Figure I.4: Zone navigateur

Zone de liste des notifications

La liste de Notification affiche les notifications des alarmes et des événements actuelles. En outre, il affiche l'historique de toutes les alarmes, c'est à dire une notification est un message pour informer d'un événement spécifique, comme une situation d'alarme ou un changement d'état.

Les couleurs utilisées pour déterminer la sévérité sont décrits dans le tableau suivant :

Sévérité	Couleur
Normal	Vert
Critique / Majeur	Rouge
Mineur	Jaune
Avertissement	Bleu
Indéterminé	Blanche

Figure I.5: liste des notifications

Configuration de protection des ports

Pour définir la protection d'un port, une clique droite, ensuite nous sélectionnons MSP, une fenêtre va apparaître où il faut saisir les données convenances à savoir le port de protection

et le mode soit unidirectionnel ou bidirectionnel comme illustre la figure suivante.

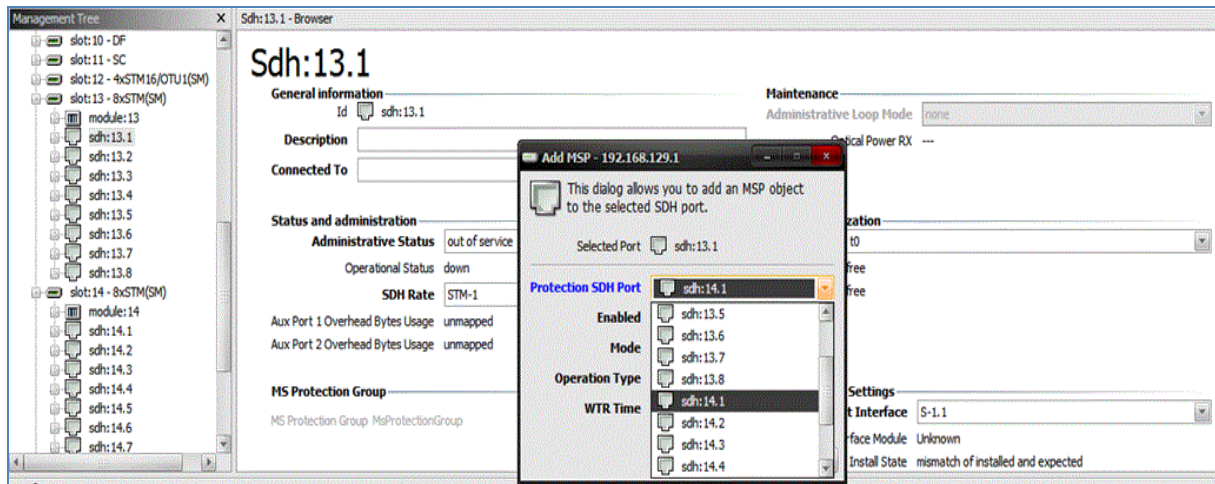


Figure I.6: Exemple de configuration de protection de port

Brassage SDH (cross connection)

Le SPO 1460 offre le brassage (cross connection) des objets suivants : VC4, VC4-4c, VC3 et VC12, et prend en charge les différents types des connections tels que : unidirectionnelle protégés et non protégés, bidirectionnelle protégés et non protégés, double insertion et extraction etc.

Procédure de configuration

Pour créer une connexion nous suivons ce chemin : **Desktop menu- > Equipment -> Cross Connection Manager**, ensuite :

- Sélectionnez les **VC-X** (virtuel conteneur) qui doivent être utilisés comme A, puis une clique sur l'icone « **Add** ».
- Sélectionnez les **VC-X** qui doivent être utilisés comme B, puis une clique sur **Set B**.
- Si les connexions doivent être protégées, sélectionnez les **VC-X** qui doivent être ajouté, puis une clique sur **Set Prot**.

La figure suivante illustre un exemple d'une fenêtre où ces actions sont appliquées:



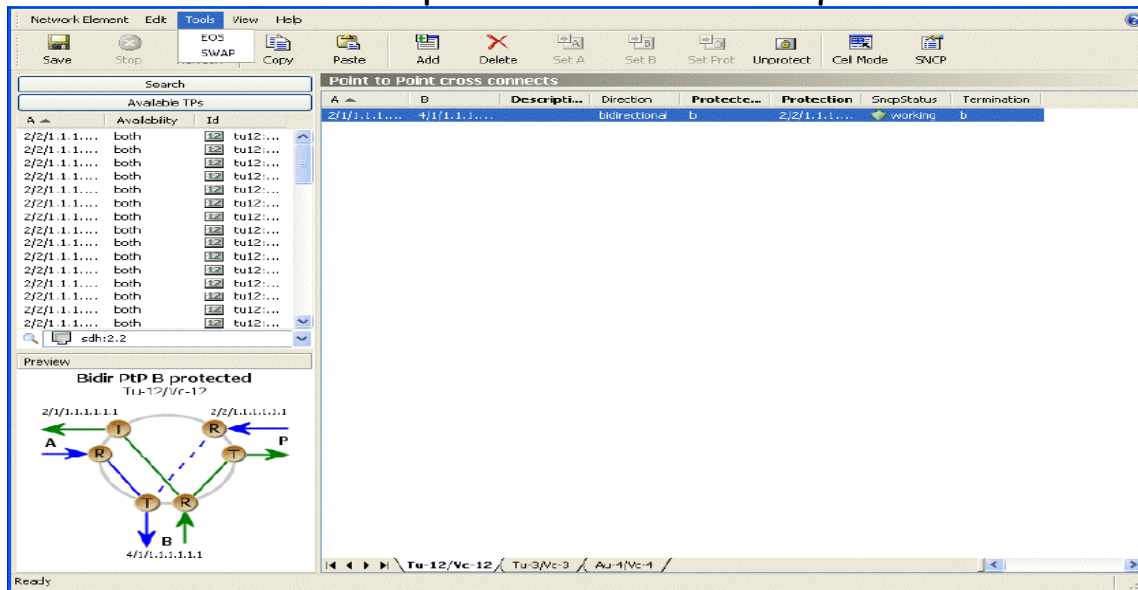


Figure I.7: Exemple d'une fenêtre de brassage

Configuration des ports Ethernet

Pour le service Ethernet nous faisons que l'activation des cartes et ports Ethernet, le reste des opérations s'effectuent par le client lui même à l'aide du NMS (network management system).

Voila un exemple d'un port Ethernet :

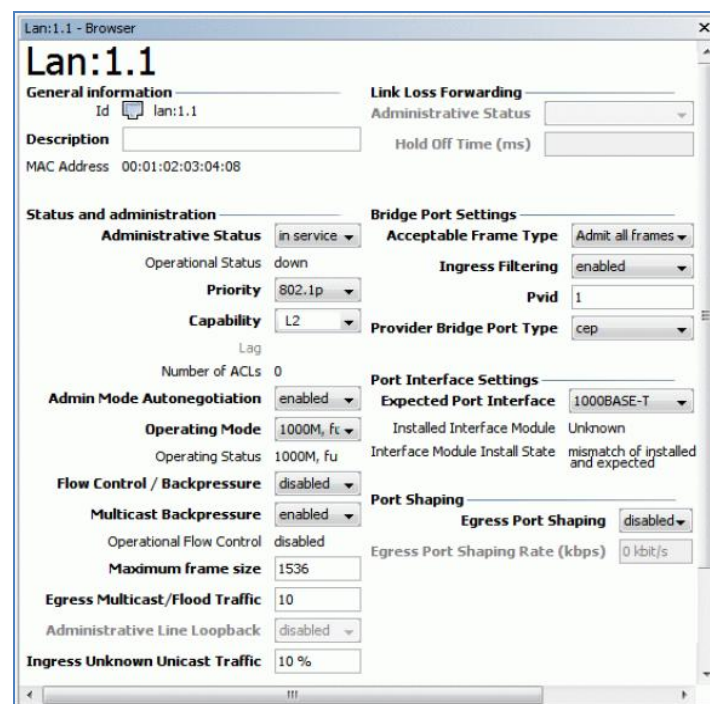


Figure I.8: Exemple de mise en service d'un port Ethernet



Les modules du SP01460 :

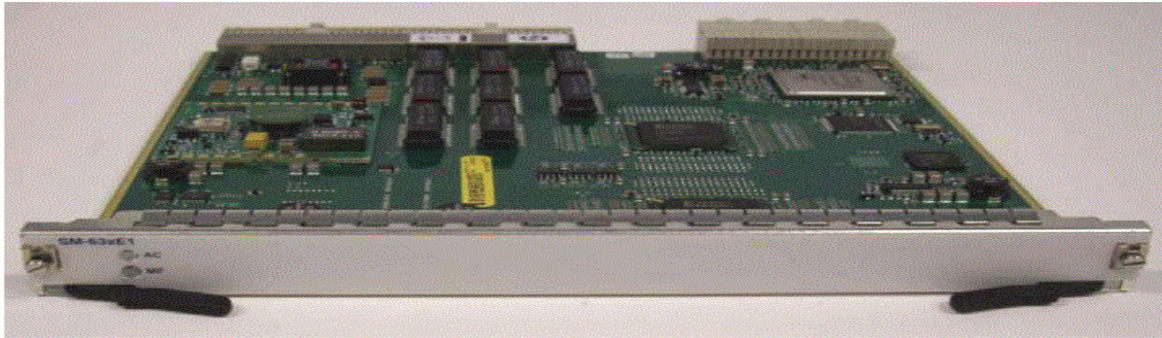


Figure.II.1: Module de Service SM-63xE1

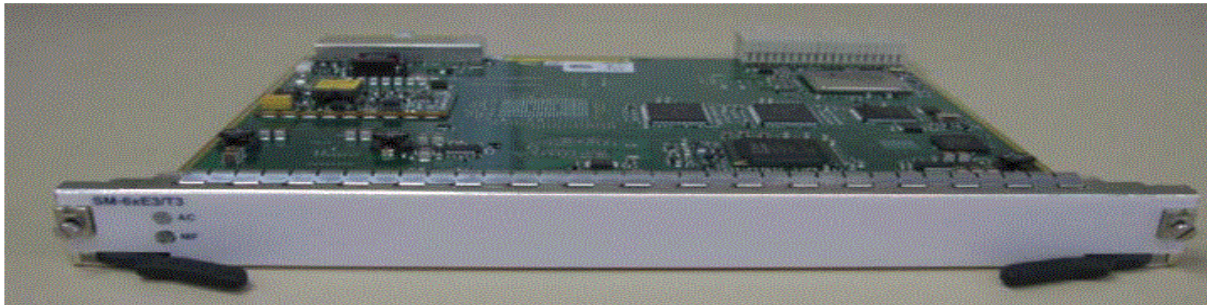


Figure.II.2 : Module de Service SM-6xE3

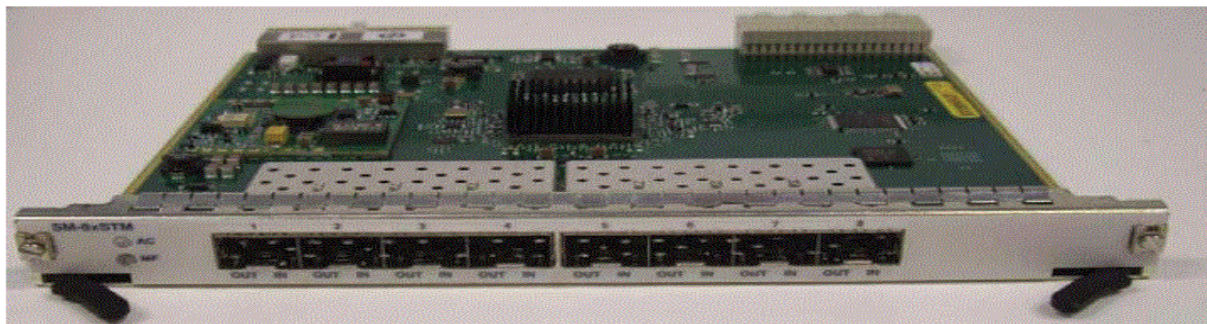


Figure.II.3: Module de Service SM-8xSTM

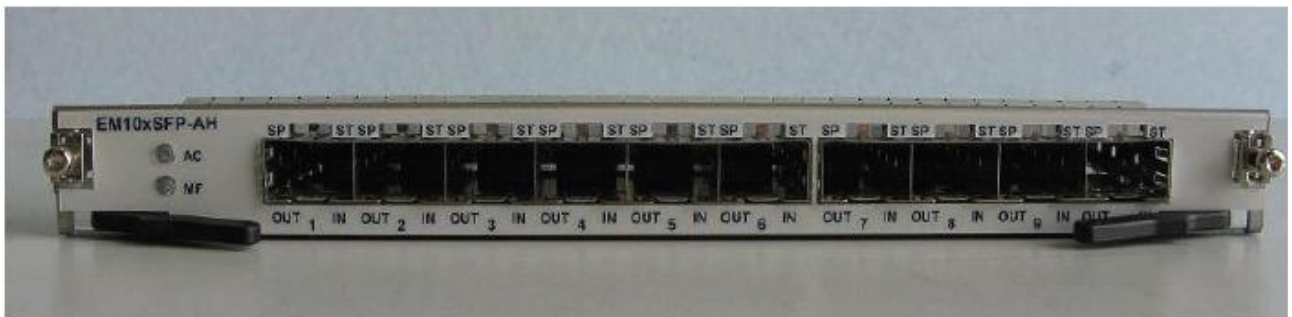


Figure. II.4: Module d'Expansion EM-10xSFP



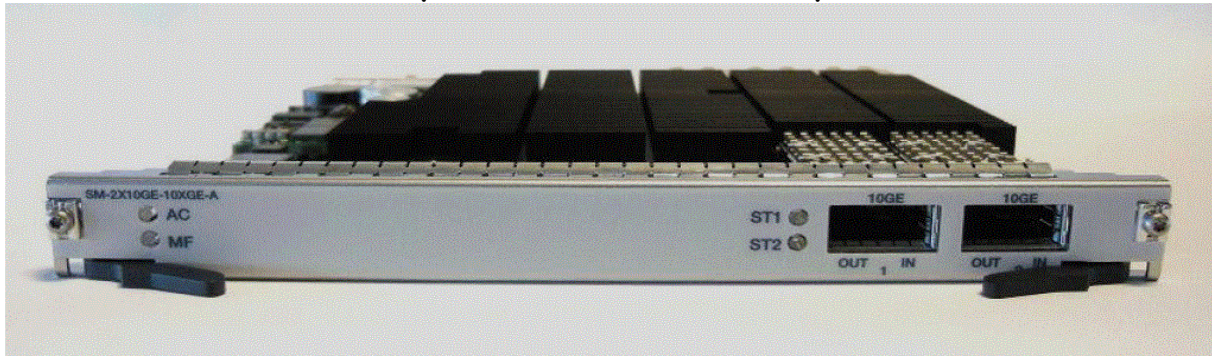


Figure.II.5: Module de Service SM-2x10GE-10xGE

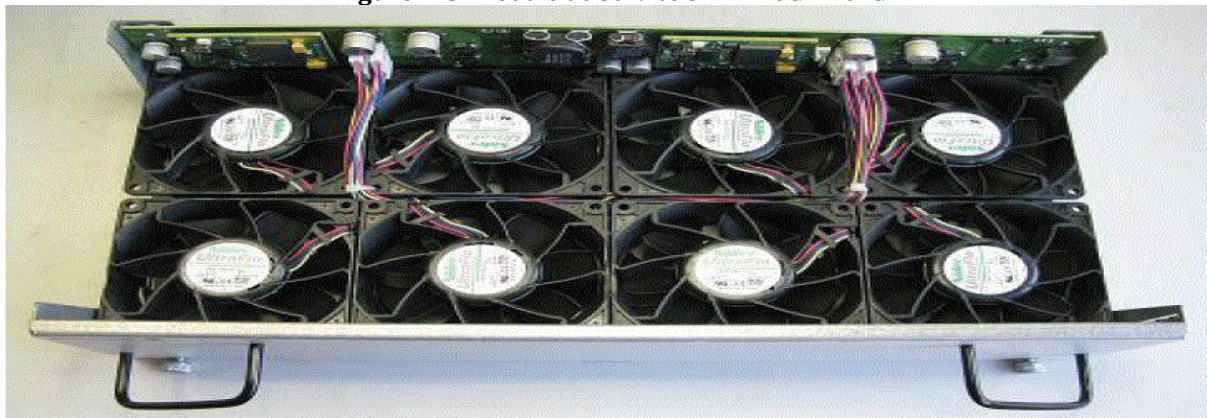


Figure.II.6: module fan

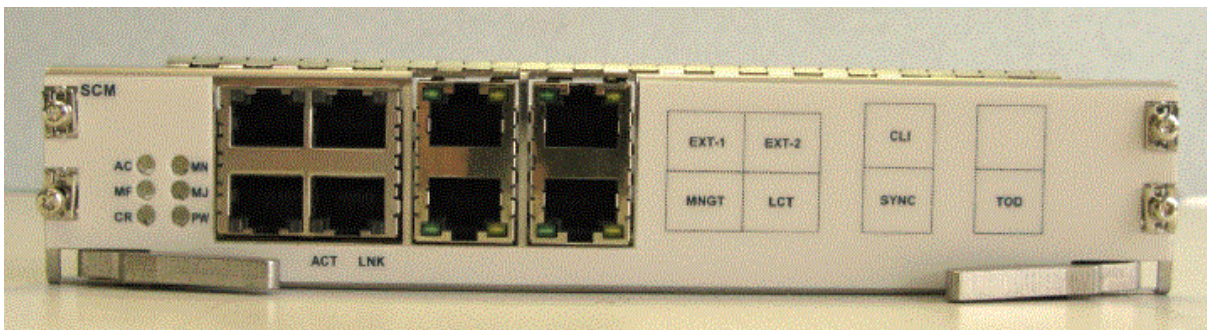


Figure.II.7: System de contrôle SC-AH

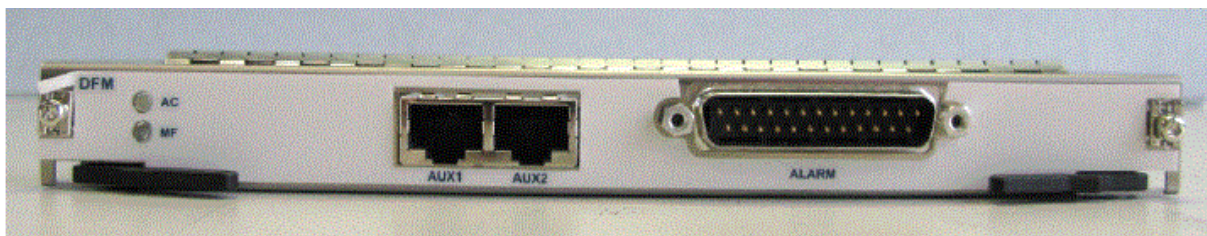


Figure.II.8: Module Data Fabric DFM



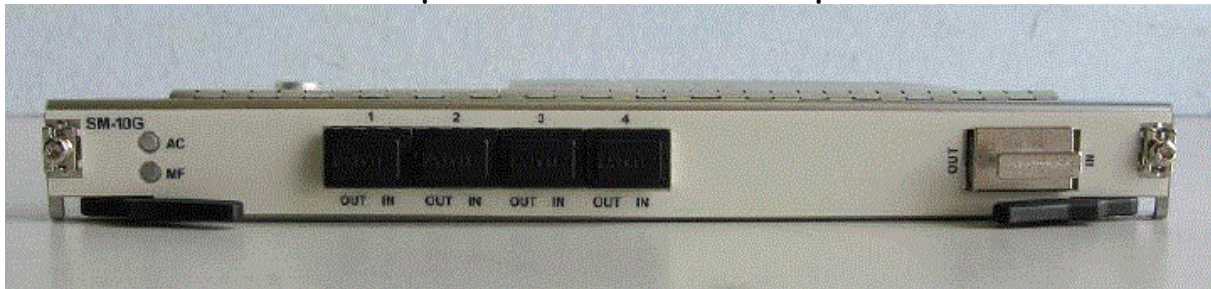


Figure.9: Module de service SM-1xSTM64-4xSTM16

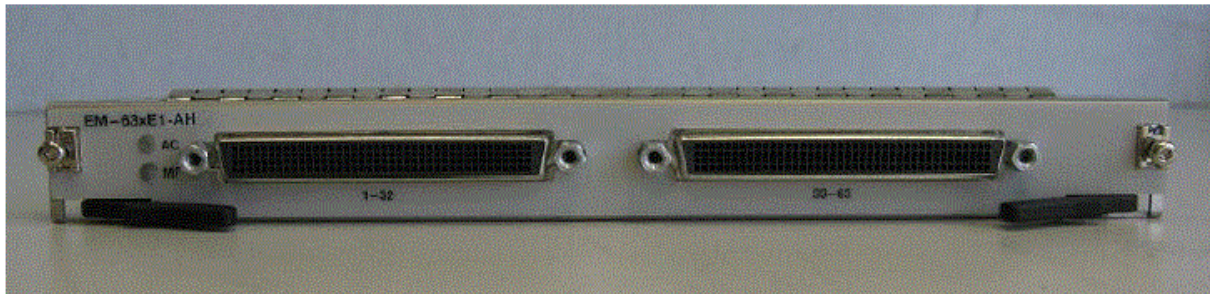


Figure.10: Module d'Expansion EM-63xE1

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Technical Product Description SPO 1400 R4.0 rev. D-Ericsson
- [2] Cabling Installation Procedure Ericsson SPO 1460 Release 4.0
- [3] OMS1664 Product Family-Ericsson
- [4] LCT and LCTS Operator's Reference Ericsson SPO 1400 R4.0
- [5] SDH Fundamentals-Huawei
- [6] SDH Networking-Huawei

WEBGRAPHIE :





**Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté Des Sciences et Techniques Fès
Département de Génie Electrique**



- [7] <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571241744/paper>
- [8] http://www.researchgate.net/profile/Antonio_Alberti/publication/220010015_Ethernet-over-SDH_Technologies_Review_and_Performance_Evaluation/file/f2faf4f3950b78d053.pdf
- [9] http://www.researchgate.net/profile/Antonio_Alberti/publication/220010015_Ethernet-over-SDH_Technologies_Review_and_Performance_Evaluation/file/f2faf4f3950b78d053.pdf
- [10] https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.7041-201104-I!!PDF-E&type=items
- [11] https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.7042-200603-I!!PDF-E&type=items

