

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention
du diplôme de Master II en Électronique

Option :
TELECOMMUNICATIONS ET RESEAUX

Thème:

**Etude et application du système de transmission
optique SDH**

Proposé par :

M^r : K. IZRI

Dirigé par :

M^r : R. ZIANI

Etudié et réalisé par:

OULAL Malika

OUMAIOUF Sadia

Année universitaire 2011/2012



Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu pour toute la santé et la volonté qu'il nous a offert tout au long de notre travail.

Au terme de ce travail, nos plus vifs remerciements à notre promoteur Mr ZIANI qui a été d'une aide précieuse, par sa disponibilité à tout moment.

Nous remercions, aussi Mr IZRI de nous avoir permis d'étudier notre projet de fin d'études au sein d'ALGERIE TELECOM. Tout en nous offrant les conditions nécessaires pour le déroulement de notre travail.

Nos remerciements les plus distingués vont aussi aux membres du jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail.





Dédicace

Dieu merci, Dieu merci Dieu merci... !

Je dédie ce modeste travail à mes très chères parents pour leur soutien tout au long de mes études, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui et j'espère qu'un jour je serai capable de leur donner au moins le minimum car quoi qu'on face on arrivera jamais à leur rendre tout.

A ma chère grand-mère.

A mes très chères sœurs Aldjia, Samira.

A mes très chères frères Dada Youcef, Ahmed et Rabah.

A ma très chère sœur Sabha et son mari Mohamed et ses enfants Ania, Thanina, Feriel et Melina.

A mon oncle Mohamed, sa femme Nouara et Inias.

A tous mes amis (es) Malika, Noual, Maya, Baya, Fariza, Djouza, Imen, Ouiza, Fahim, Yacine, Rabah, Amer, Rachid.

Oumaiouf

Sadia



Dédicace

Dieu merci, Dieu merci Dieu merci... !

Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère pour son soutien tout au long de mes études, et qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui et j'espère qu'un jour je serai capable de lui donner au moins le minimum car quoiqu'on face on arrivera jamais à leur rendre tout.

A la mémoire de mon père.

A ma très chère grand-mère.

A mes très chères sœurs Ouiza et fifi.

A ma très chère sœur Naima et son mari Arezki.

A mes chères frères Mohamed, Idir et Mhend, leurs femmes et leurs enfants Assem, Sarah, Zakia et Meziane.

A tout mes amis(es) Lamia, Noual, Rosa, Maya, Salem, Fahim et Abed Rezak.

A toutes la promotion 2012

Oulal

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : <u>Généralités sur la transmission</u>	
I-1-Introduction.....	2
I-2-Définition d'un réseau de télécommunication	2
I-3-Différents types de réseau de télécommunication.....	2
I-3-1-Le réseau téléphonique.....	2
I-3-2-Le réseau informatique.....	2
I-4-Les paramètres caractéristiques d'un réseau de télécommunication.....	3
I-5-Système de transmission.....	4
I-5-1-Le système de transmission analogique.....	4
I-5-2-Le système de transmission numérique.....	5
I-5-2-1 : Fiabilité de la transmission numérique.....	5
I-5-2-2 : Avantages de la transmission numérique.....	5
I-5-3-Transmission numérique MIC ou (PCM)	5
I-6- Technique de multiplexage.....	12
I-6-1-Définition du multiplexage.....	12
I-6-2- Multiplexage fréquentiel FDM	12
I-6-3- Multiplexage temporel TDM.....	13
I-7- Les modes de transmission	14
I-7-1- Le mode synchrone.....	14
I-7-2 - Le mode asynchrone.....	15

I-8- Les différents systèmes de transmission numérique.....	15
I-8-1- La Hiérarchie Numérique Plésiochrone (PDH)	15
I-8-2- La Hiérarchie Numérique Synchronne (SDH)	16
I-8-3- Système d'ATM.....	17
I-8-4-Le système WDM/DWDM.....	17
I-9-Les supports de transmission.....	18
I-9-1- Les câbles électriques à paires torsadées.....	18
I-9-2- Les câbles électriques Coaxiaux.....	18
I-9-3-Les Satellites géostationnaires.....	19
I-9-4- La transmission par faisceau hertzien « FH »	19
I-9-5-La transmission par fibre optique.....	20
I-10- Conclusion.....	21

Chapitre II : La hiérarchie numérique synchronne SDH

II-1- Introduction.....	22
II-2- La fibre optique.....	22
II-3-Types de la fibre optique.....	23
II-4-Avantages et inconvénients des fibres optiques.....	25
II-5- La différence entre "plésiochrone" et "synchronne"	26
II-6- Comparaison entre la PDH et SDH.....	27
II-7- Définition de la SDH.....	27
II-8- Structure de la hiérarchie synchronne SDH.....	28
II-8-1- Les entités traitées par un réseau SDH.....	28
II-8-2- La trame de la hiérarchie synchronne SDH.....	32
II-8-2-1 : structure de la trame de base STM-1.....	32

II-8-3- Formation de la trame STM-1.....	41
II-8-4-Formation de la trame STM-n	45
II-9-Etude d'un réseau SDH.....	46
II-9-1- Les équipements du réseau SDH.....	46
II-9-2-Topologie des réseaux SDH.....	49
II-9-3-Protection d'un réseau SDH.....	52
II-9-4- Synchronisation du réseau SDH.....	56
II-9-5- Indication de synchronisation	57
II-10- Conclusion.....	57

Chapitre III : Application de la transmission SDH

III-1-Introduction.....	58
III-2- Le multiplexeur synchrone ADR 155C.....	58
III-2-1-Vue générale de l'équipement ADR 155C.....	58
III-2-2-Utilisation de l'ADR 155C.....	58
III-2-3-Gestion de l'ADR 155C.....	59
III-2-4- Description du châssis de l'ADR 155C.....	59
III-3-Les différentes étapes de mise en service.....	60
III-4- Test des liaisons	65
Conclusion générale.....	69

Introduction générale

De nos jours, les technologies en matière de télécommunications ne cessent de progresser ; que ce soit dans les domaines des augmentations de débit, de la gestion des réseaux ou de la rapidité de mise en œuvre d'un réseau.

A partir des années 60, les réseaux analogiques à multiplexage fréquentiel n'ont cessé de progresser. En effet, cette évolution a donné naissance à de nouveaux réseaux à modulation MIC (Modulation par impulsions codées).

Cependant la demande de bande passante n'a cessé de s'accroître, ce qui a conduit à l'introduction de niveaux de multiplexage supplémentaires. Ainsi, la hiérarchie numérique plésiochrone PDH (Plesiochronous Digital hierarchy) a vu naissance. Mais l'un des inconvénients de ce mode de transmission est l'absence de normalisation au niveau de l'UIT-T (C.C.I.T.T). De plus, le multiplexage bit à bit de la trame numérique plésiochrone ne permet pas l'accès au niveau inférieur sans démultiplexage. Cette opération est très coûteuse car elle requière le démultiplexage puis le remultiplexage complet de toute la trame.

C'est vers la fin des années 80, qu'a été introduite la hiérarchie numérique synchrone SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Algérie Télécom s'est lancée dans le processus de modernisation de son réseau de télécommunication par la mise en œuvre du backbone voir annexe III . La technique SDH offre aujourd'hui des solutions de transport totalement maîtrisées, sécurisées et compétitives.

Cette technique de transmission optimise fortement l'utilisation des fibres optiques et réduit sensiblement le coût de l'unité de transport en termes d'équipements. Cette technologie est surtout utilisée pour des réseaux d'opérateurs à très grand trafic.

L'utilisation des services multimédia a incité les entreprises à aller vers les réseaux de télécommunications optiques, c'est le cas d'ALGERIE TELECOM.

Le but de notre travail consiste à étudier et à mettre une simulation la technique de transmission SDH via fibre optique au sein du réseau d'Algérie Télécom.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre présente des notions générales sur la transmission de données. Le deuxième chapitre est consacré à une description de la technologie SDH. Le troisième chapitre porte sur l'application de la transmission SDH au niveau du CA2 d'Algérie Télécom et en termine par une conclusion générale.

I-1-Introduction :

Pendant près d'un siècle, le but des réseaux de télécommunication a été de permettre la transmission des signaux vocaux sous forme analogique ou numérique, des caractères littéraux sous forme électrique binaire.

Les réseaux d'infrastructures qui étaient en lignes filaires, liaisons par satellite et faisceaux hertziens ont connu une profonde mutation avec l'introduction de la fibre optique et la technique de multiplexage SDH.

I-2-Définition d'un réseau de télécommunication :

Le réseau de télécommunication est un ensemble technique mis en œuvre pour permettre à deux usagers d'échanger des informations d'une manière fidèle quelque soit la distance qui les sépare en un délai aussi court que possible.

I-3-Différents types de réseau de télécommunication :**I-3-1-Le réseau téléphonique :**

Il assure l'acheminement des conversations téléphoniques entre deux usagers.

I-3-2-Le réseau informatique :

Un réseau informatique est un ensemble d'appareils (ordinateurs et périphériques) reliés entre eux grâce à des lignes physiques en échangeant des informations sous forme de données numériques (valeurs binaires).

On distingue généralement trois catégories de réseaux selon leur étendue.

I-3-2-a) Le réseau local LAN (Local Area Network) :

Un réseau local peut s'étendre de quelques mètres à quelques kilomètres et correspond au réseau d'une entreprise. Il peut se développer sur plusieurs bâtiments et permet de satisfaire tous les besoins internes de cette entreprise.

I-3-2-b) Le réseau métropolitain MAN (Métropolitan Area Network) :

Un réseau métropolitain interconnecte plusieurs lieux situés dans une même ville, par exemple les différents sites d'une université ou d'une administration, chacun possédant son propre réseau local.

I-3-2-c) Le réseau étendu WAN (Wide Area Network) :

Un réseau étendu permet de communiquer à l'échelle d'un pays, ou de la planète entière, les infrastructures physiques pouvant être terrestres (infrastructures au niveau sol), ou spatiales à l'aide de satellites de télécommunications c'est le cas de l'Internet.

I-3-3- Le réseau numérique à intégration de service RNIS :

C'est un réseau aux infrastructures qui à pour but l'intégration de voix, de données, de vidéo, d'images.

I-4- Les paramètres caractéristiques d'un réseau de télécommunication :

Le réseau de télécommunication s'articule autour de deux paramètres :

- **La commutation :**

Action d'associer temporairement des organes, des voies ou des circuits de transmission pendant la durée nécessaire au transfert de l'information. [1]

Abonnés demandeurs

Abonnés demandés

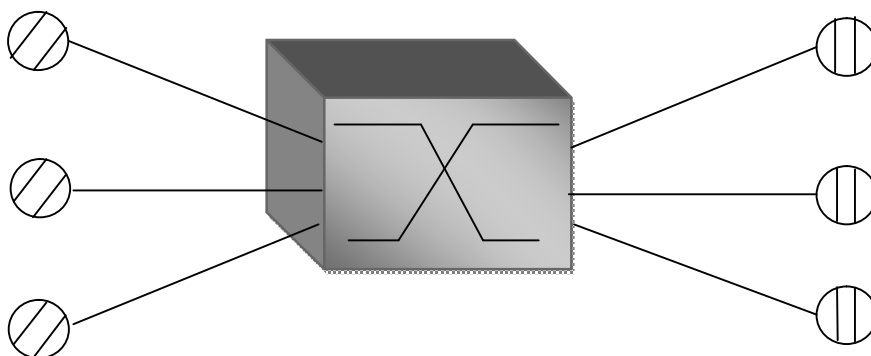


Figure I-1 : Commutateur

- **La transmission :**

La transmission décrit les caractéristiques des supports utilisés pour l'acheminement de l'information (câbles, faisceaux hertziens, satellites...) telle que la bande passante permise pour le transport simultané de plusieurs signaux.

I-5-Système de transmission :

I-5-1-Le système de transmission analogique :

Dans ce système, l'information à transmettre est analogique. Ce type de transmission est appliqué dans les réseaux téléphoniques et les réseaux de distribution de télévision, il consiste en l'acheminement simultané de plusieurs voies dans le même conduit physique afin d'optimiser l'utilisation des supports de transmission. C'est le principe de multiplexage fréquentiel. [1]

- **Principe de transmission:**

Consiste à transposer et juxtaposer dans le domaine fréquentiel plusieurs voies, En téléphonie ce principe nécessite d'allouer à chaque voie téléphonique de bande de fréquence 300-3400 Hz une fréquence de 4000Hz.

Les signaux composites qui en résultent sont appliqués sur la ligne. A la réception, il suffit de faire l'opération inverse (filtrage et démodulation).

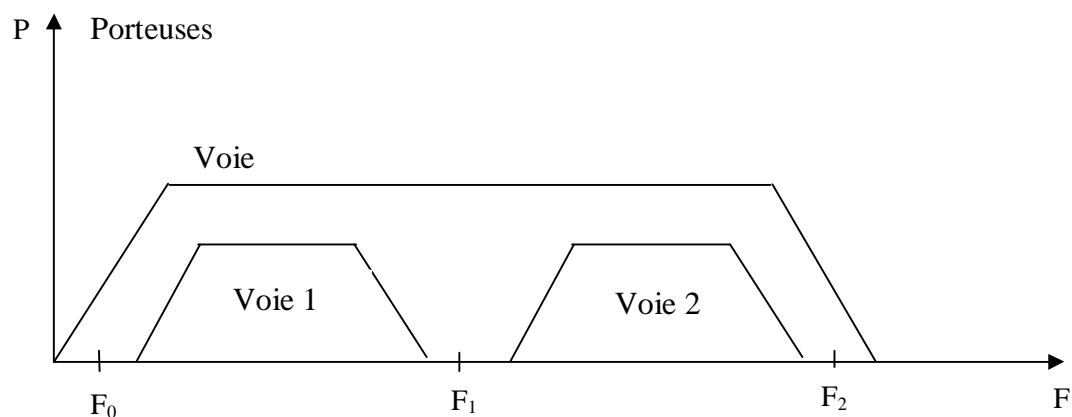


Figure : I-2 : Multiplexage fréquentiel

I-5-1-1 : Fiabilité de la transmission analogique :

Ce système de transmission reste sensible aux moindres parasites qui déforment le signal envoyé et n'assure pas une qualité de transmission parfaite.

Tant que le signal est issu de la voie, cette déformation n'a pas d'importance, mais cela est d'autant plus gênant avec l'arrivée des ordinateurs et des télécopieurs, car les signaux fournis par ces équipements doivent être transmis fidèlement à l'autre extrémité de la ligne.

I-5-2-Le système de transmission numérique :

L'information à transmettre est de nature numérique dès la source (donnée) ou analogique (parole, vidéo) et subit une conversion analogique-numérique par le moyen d'une modulation appelée modulation par impulsion et codage MIC.

I-5-2-1 : Fiabilité de la transmission numérique :

Le signal transmis peut être quelque peu déformé sans que l'information soit modifiée, par contre le non transmission d'un bit modifié l'information transmise grâce à :

- Meilleure protection contre les perturbations.
- Amélioration de la qualité de transmission.

I-5-2-2 : Avantages de la transmission numérique :

Les avantages apportés par la transmission numérique par rapport à l'analogique sont :

- Meilleure protection contre les perturbations.
- Amélioration de la qualité de transmission.
- Plus grande vitesse de transmission.

I-5-3-Transmission numérique MIC ou (PCM) :**I-5-3-1- Principe de La modulation MIC :**

La modulation MIC consiste à décomposer un signal analogique de valeurs continues en une suite de valeurs discrètes binaire pris à des intervalles réguliers, cette modulation nécessite trois opérations principales :

- L'échantillonnage
- La quantification
- Le codage

- **Principe de l'échantillonnage :**

L'échantillonnage consiste à prélever périodiquement des échantillons d'un signal analogique à des instants séparés par un temps constant T_e .

Afin de garantir la restitution fidèle du signal, le théorème de Shannon d'échantillonnage stipule que la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure au double de la fréquence.

Cette fréquence d'échantillonnage a été déterminée par l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) à 8000 Hz pour la transmission d'un signal vocal de 300-3400. Ceci signifie que le signal de fréquence vocale est exploré 8000 fois par seconde (période d'échantillonnage $T_e = 125\mu s$).

Le signal obtenu après échantillonnage est appelé signal PAM (sous forme de pic de Dirac) qui garde toutes les caractéristiques d'un signal analogique.

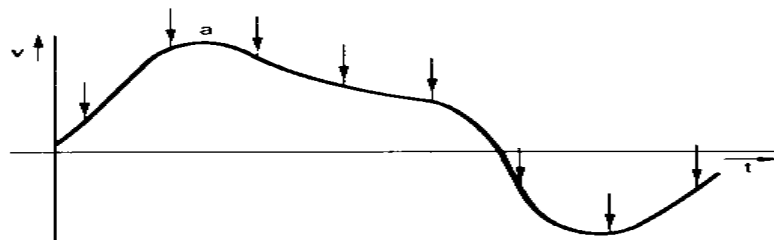


Figure I-3 : Echantillonnage périodique du signal analogique

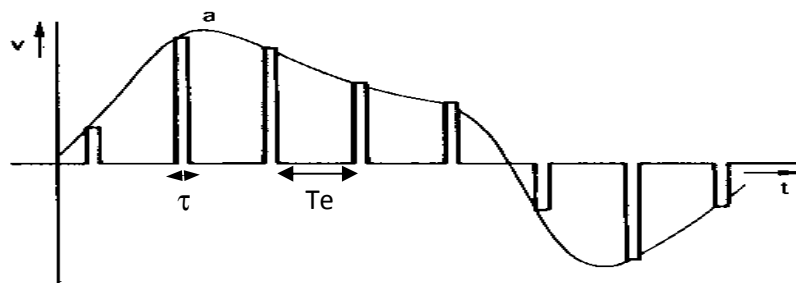


Figure I-3 : Signal PAM formé par les échantillons du signal analogique

- **Principe de La quantification :**

La quantification consiste à affecter une valeur numérique à chaque échantillon prélevé.

La qualité du signal numérique dépendra de deux facteurs :

- La fréquence d'échantillonnage (appelé taux d'échantillonnage) : plus celle-ci est grande (c'est-à-dire que les échantillons sont prélevés à de petits intervalles de temps) plus le signal numérique sera fidèle à l'original
- Le nombre de bits sur lequel on code les valeurs (appelé résolution) : il s'agit en fait du nombre de valeurs différentes qu'un échantillon peut prendre. Plus celui-ci est grand, meilleure est la qualité.

La quantification se fait sur $N=256=2^n$ (avec $n=8$) intervalles (niveaux) de quantification, avec un pas de quantification q_i constant : $q_i = \frac{2}{N} V_{\max} = \frac{2}{256} V_{\max}$

Ces intervalles sont désignés dans la partie positive du signal de fréquence vocale par +1 à +128 et dans la partie négative par -1 à -128. [2]

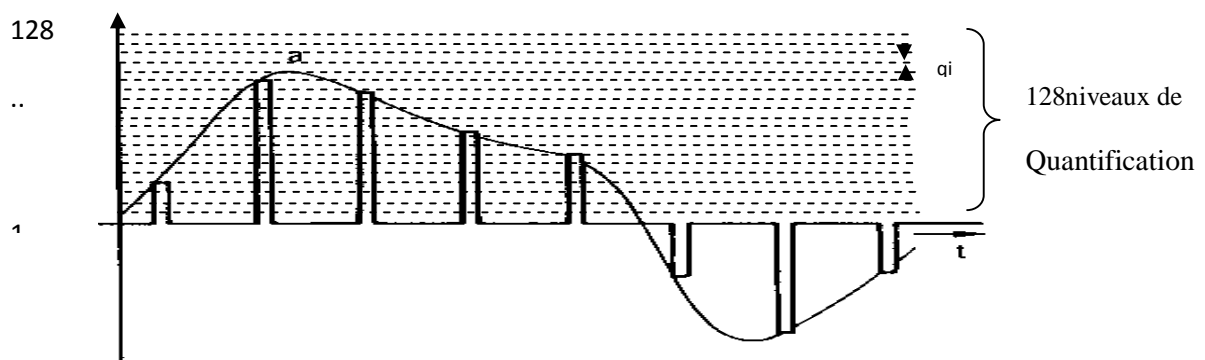


Figure I-4 : Quantification linéaire

- **Compression et codage :**

En téléphonie, on estime avoir une qualité de transmission suffisante lorsque le rapport signal sur bruit est constant quelque soit l'amplitude des signaux.

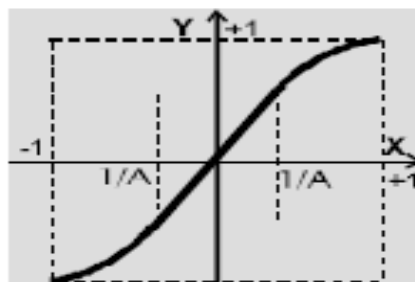
1 - Les lois de compression :

Il existe deux lois de compression :

a- La loi A Européenne (MIC 30voies) :

$$y = \frac{Ax}{1 + \ln A} \text{ pour } 0 < x < \frac{1}{A}$$

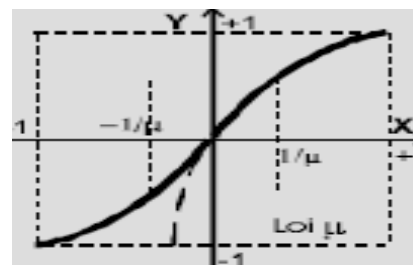
$$y = \frac{1 + \ln Ax}{1 + \ln A} \text{ pour } x > \frac{1}{A} \text{ avec } A = 87.5$$



Le raccordement s'effectue pour $|x|=1/A$. Le paramètre $A=87,6$.

b -la loi μ Américaine (MIC 24 voies) :

$$Y = \frac{\ln(1 + \mu x)}{\ln(1 + \mu)} \text{ pour } x > 0 \text{ avec } \mu = 255$$



2 - Le codage :

Le codage est l'opération qui consiste à transporter les signaux d'un certain répertoire de signes en des signaux d'un autre répertoire. Un codage binaire est représenté par une suite de « 0 » et de « 1 » pour ne pas perdre la synchronisation.

a) Codage HDB3 (Haute Densité Binaire) :

- **Principe de codage HDB3:**

Le principe de base est le même que pour le codage bipolaire, mais pour éviter une trop longue série de 0, on introduit un bit supplémentaire au signal pour terminer une série de

n 0 consécutifs. Ce bit supplémentaire est de même phase que le dernier 1 transmis pour pouvoir l'identifier, afin qu'il ne soit pas pris en compte dans l'information transmise.

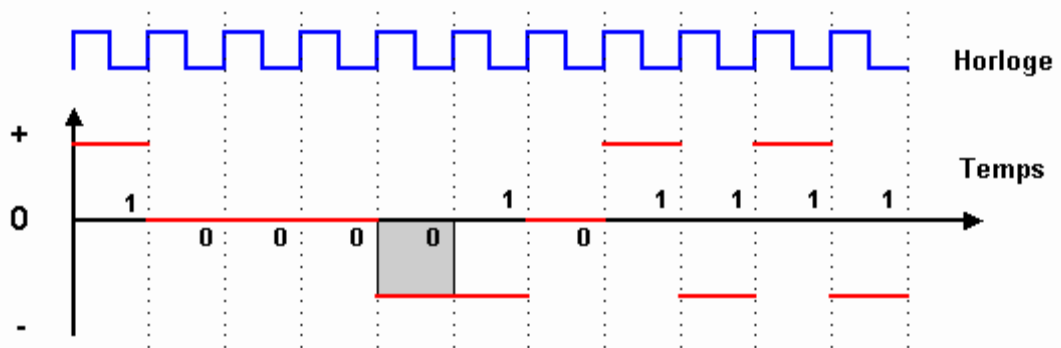


Figure I-5: Codage HDB3

b) Codage Manchester :

- **Principe de codage Manchester :**

Dans le codage Manchester, l'idée de base est de provoquer une transition du signal pour chaque bit transmis. Un 1 est représenté par le passage de $+V$ à $-V$, un 0 est représenté par le passage de $-V$ à $+V$.

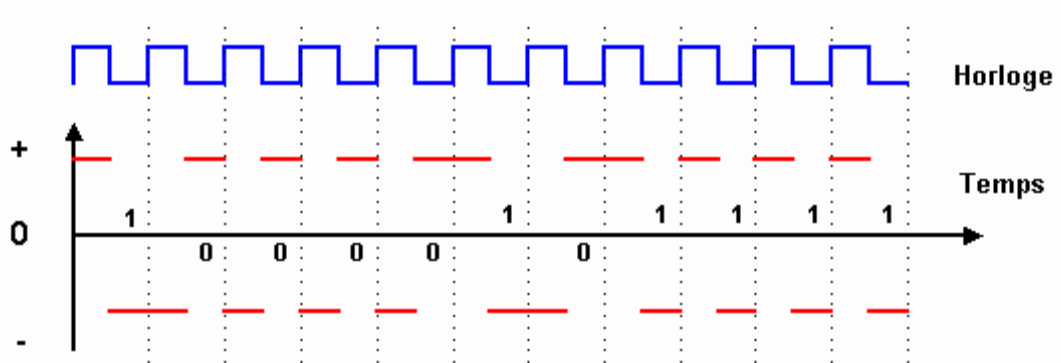


Figure I-6: Codage Manchester

La synchronisation des échanges entre émetteur et récepteur est toujours assurée, même lors de l'envoi de longues séries de 0 ou de 1. Par ailleurs, un bit 0 ou 1 étant caractérisé par une transition du signal et non par un état comme dans les autres codages, il est très peu sensible aux erreurs de transmission.

La présence de parasites peut endommager le signal et le rendre incompréhensible par le récepteur, mais ne peut pas transformer accidentellement un 0 en 1 ou inversement. [3]

c) Codage NRZI (Non Return to Zero Inverted):

- **Principe de codage NRZI** : on produit une transition du signal pour chaque 1, pas de transition pour les 0.

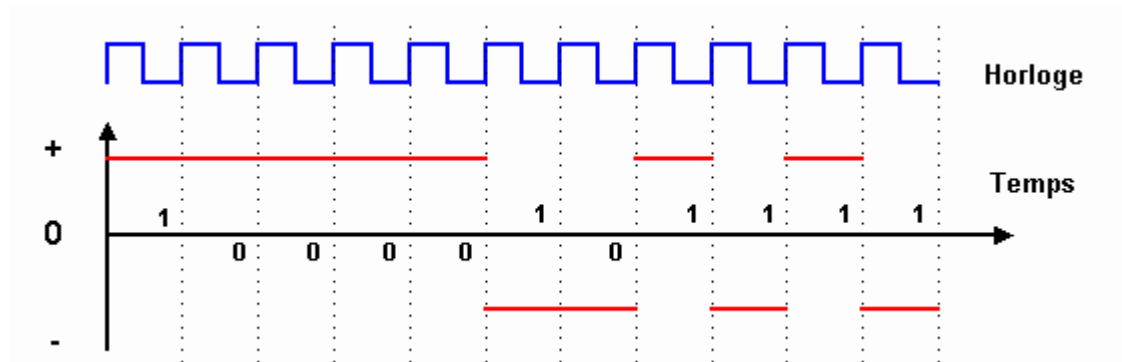


Figure I-7 : Codage NRZI

Avec le codage NRZI, on voit que la transmission de longues séries de 0 provoque un signal sans transition sur une longue période. Le débit binaire est le double de la fréquence maximale du signal : on transmet deux bits pour un hertz.

3- Structure d'une trame MIC (E₁):

Une fois que l'échantillon a été quantifié, il peut être envoyé et un nouvel échantillon peut alors être échantillonné. L'ensemble de ces opérations doit cependant être limité dans le temps. En effet puisque l'on échantillonne à 8000 Hz, la durée de fabrication des mots de 8bits codant l'échantillon ne peut dépasser 125µs, donc la durée d'échantillon d'une voie est de 3,9µs, cette durée est appelé intervalle de temps (IT) ou bien time slot. [4]

Le débit correspondant à une trame MIC de 32 voies :

$$64\text{Kbits/s} \times 32 = 2,048 \text{ Mbits/s.}$$

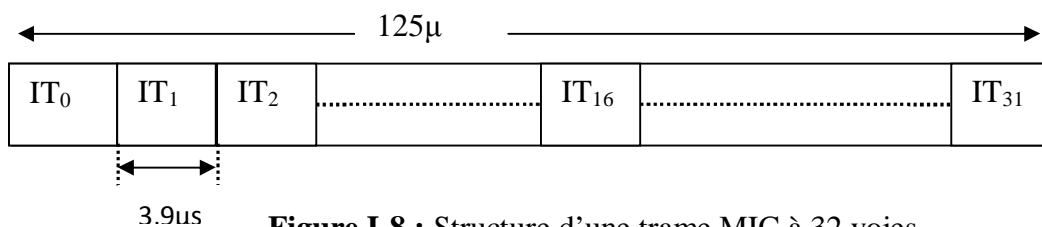


Figure I-8 : Structure d'une trame MIC à 32 voies.

Il existe dans la trame MIC deux intervalles de temps bien spécifiques:

IT₀ : Réserve pour la synchronisation ou verrouillage de la trame et les alarmes.

IT₁₆ : Réserve pour transporter les signaux de signalisation.

Les autres intervalles sont réservés pour la transmission de l'information.

- **Verrouillage :**

Consiste à synchroniser en phase et en fréquence le terminal récepteur pour qu'il puisse reconnaître le signal transmis, ce qui facilite l'opération de démultiplexage des voies.

- **Signalisation :**

Chaque phase d'une communication doit être parfaitement identifiée par l'utilisateur (demande de service, numérotation, fin de communication) et par le réseau (signal d'appel ou sonnerie, tonalité).

Cette identification se fait par des informations auxiliaires de nature numérique appelées informations de signalisation.

Il existe deux types de trames MIC: MIC30 pour 30 voies (recommandation CCITT G732) et MIC24 pour 24 voies (recommandation CCITT G733), la plus utilisée notamment en Algérie est la MIC30. [7]

Le tableau ci dessous représente les deux types de trames MIC et leur caractéristique:

Caractéristique communes		MIC 30 et MIC 24	
A	Fréquence d'échantillonnage	8KHZ	
B	Nombre d'échantillon par signal	8000/S	
C	Durée d'une trame	1/8000=125µs	
D	Nombre de bit d'un signal de caractère	8 bit	
E	Débit du canal	64Kbit/s	
Caractéristiques particulières		MIC 30	MIC 24
F	Codage/décodage	Loi A	Loi µ
	Nombre de segments de la courbe caractéristique	13	15
G	Nombre de voies par trame	30	24
H	Nombre de bit par trame	256bits	193 bit
I	Durée de l'intervalle de temps	3,9µs	5,2µs
J	Débit du signal multiplexé	2048Kbit/s	1544Kbit/s

Tableau 1: les caractéristiques des deux types de trame MIC

I-6- Technique de multiplexage :

I-6-1-Définition du multiplexage :

Le multiplexage est l'opération qui consiste à grouper plusieurs signaux, attribués chacun à une communication, de façon à les transmettre simultanément sur le même support physique (câble, satellite...) sans qu'ils ne se mélangent ou se perturbent mutuellement.

A la réception, un démultiplexage doit permettre de séparer ces signaux et de les restituer sous leurs formes originales.

I-6-2- Multiplexage fréquentiel FDM:

Le multiplexage en fréquence consiste à diviser la bande passante de la ligne en sous bandes à l'aide d'un filtre passe-bande.

La modulation associée permet de positionner chaque canal dans la bande passante de la ligne, en pratique pour limiter les interférences, une bande de garde est nécessaire entre chaque bande de fréquence des différents canaux.

Ce type de multiplexage est généralement utilisé par la transmission des signaux analogiques par câble, par voie hertzienne ou par satellite dans les applications de type téléphonie, radio diffusion et télévision. [4]

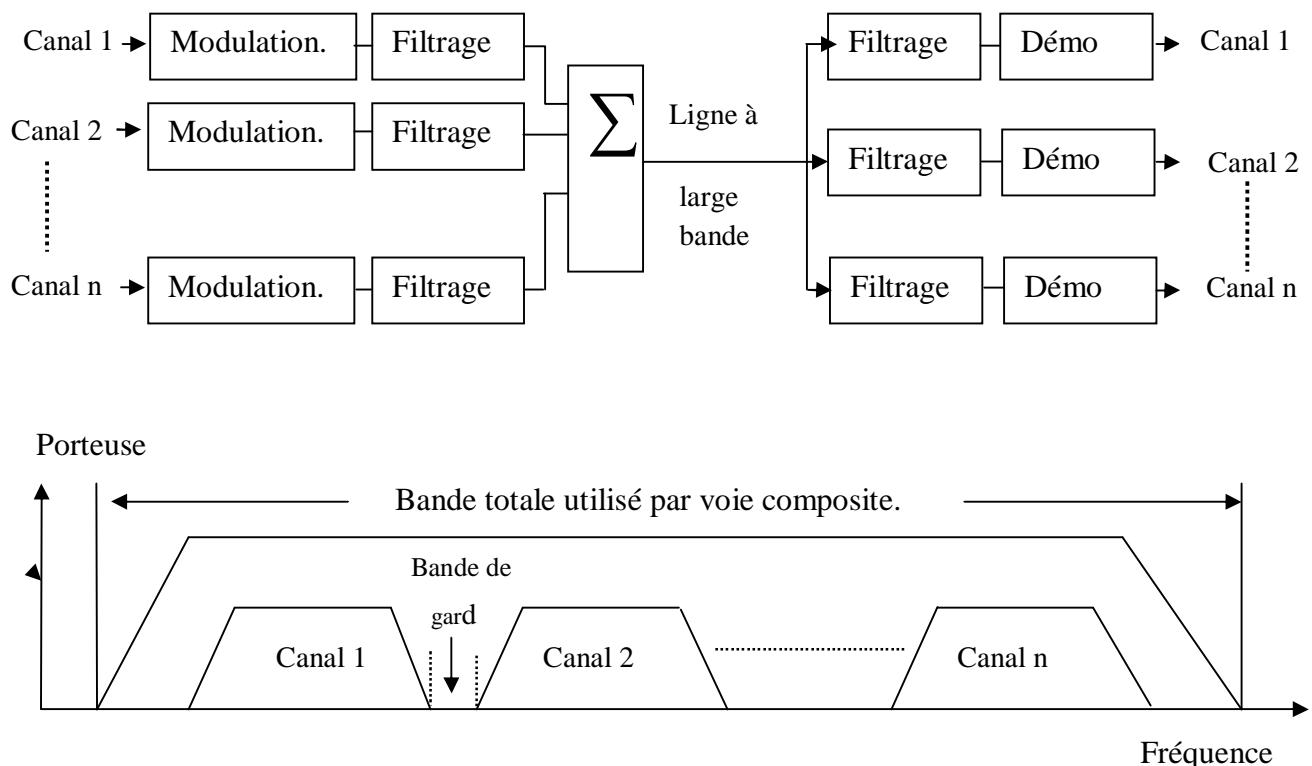


Figure I-9 : Principe de multiplexage FDM

I-6-3- Multiplexage temporel TDM:

Dans le multiplexage temporel TDM, l'allocation complète de la ligne aux différentes voies est effectuée périodiquement et pendant des intervalles de temps constants. Ce type de multiplexage est destiné aux signaux numériques, les éléments des messages de chaque voie sont mémorisés sous forme de bits ou de caractères dans des mémoires tampon puis transmis séquentiellement sur la voie composite. Ces éléments sont ainsi assemblés pour former les trames multiplexées. [4]

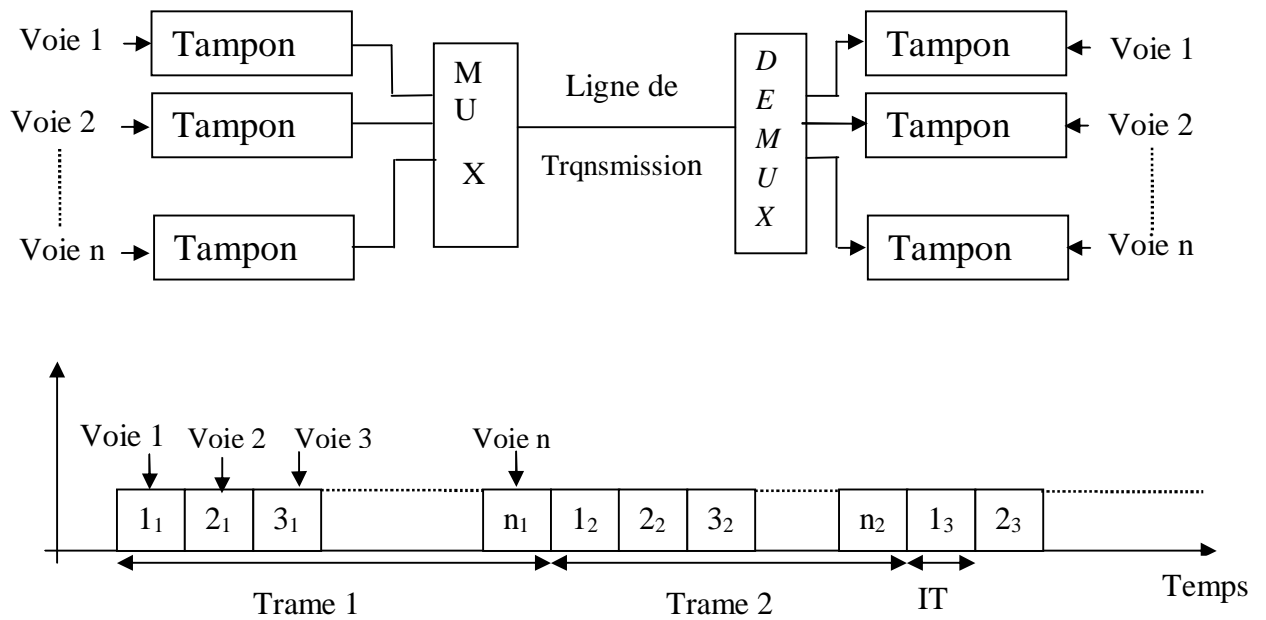


Figure I-10: Principe de multiplexage TDM.

I-7- Les modes de transmission :

I-7-1- Le mode synchrone :

Pour s'affranchir des erreurs de bits répétées, l'émetteur et le récepteur doivent avoir rigoureusement la même horloge. [3]

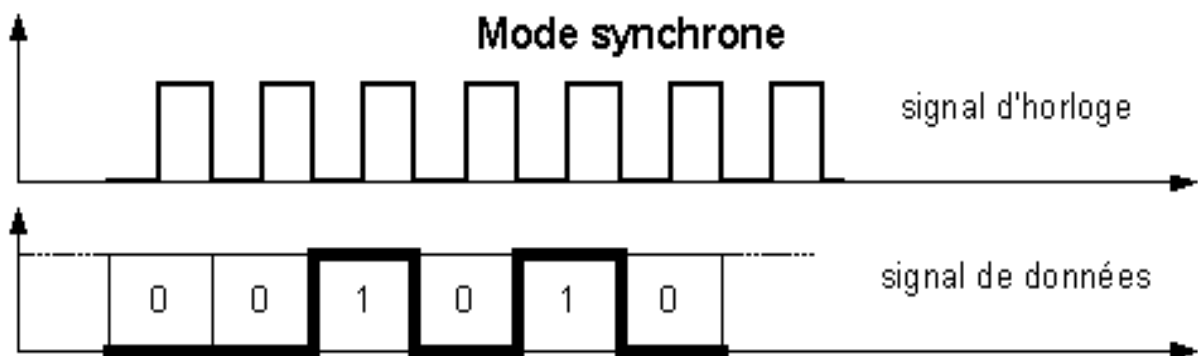


Figure I-11 : Le mode synchrone

I-7-2 - Le mode asynchrone :

- Les transmissions asynchrones se réalisent pour des systèmes de transmission possédant chacun une horloge différente
- En transmission asynchrone, La transmission n'est donc pas continue mais par paquets séparés par des "silences"
- La transmission de chaque caractère comporte un bit de départ (Start), un ensemble de bit représentant le caractère à transmettre et un caractère d'arrêt (stop). [3]

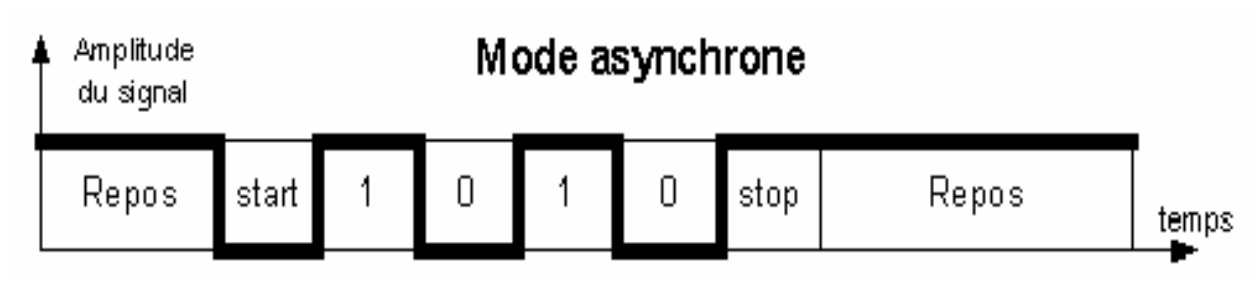


Figure I-12: Le mode asynchrone

I-8- Les différents systèmes de transmission numérique :**I-8-1- La Hiérarchie Numérique Plésiochrone (PDH) :**

Le système PDH est le système de transmission numérique fondé sur le débit d'une voie téléphonique (64Kb/s). Le multiplexage de voies téléphoniques consiste par conséquent en un multiplexage temporel synchrone par caractère de 8 bits.

Deux hiérarchies différentes sont définies dans la recommandation G.702 de l'UIT-T sur lesquelles repose le SDH:

- La hiérarchie Américaine et Japonaise basée sur la trame de 1,5 Mbits/s.
- La hiérarchie Européenne basée sur la trame de 2,048 Mbit/s

La hiérarchie du système de plésiochrone comprend cinq niveaux appelés ordres. [1]

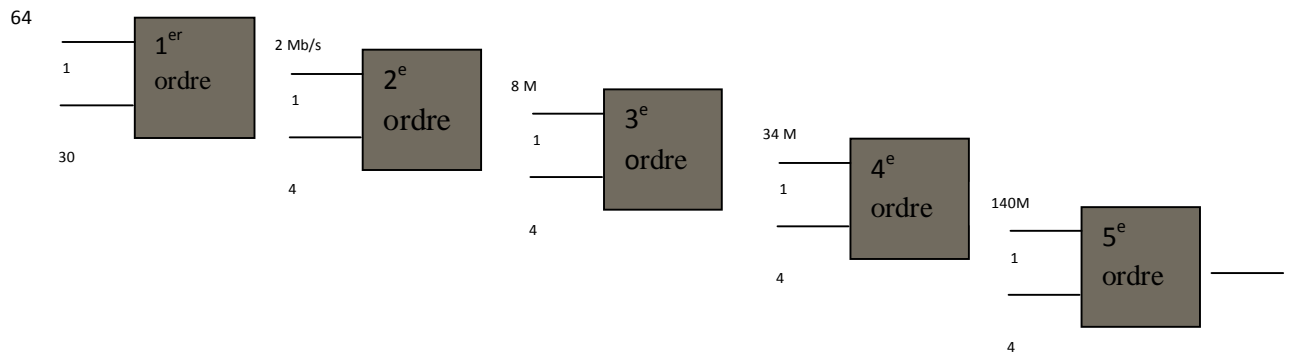


Figure I-13: La hiérarchie Européenne.

I-8-2- La Hiérarchie Numérique Synchrone (SDH):

Le système SDH Fondé sur les concepts de SONET (Synchronous Optical NETwork), proposés par Bellcore en 1985, constitue une évolution importante des réseaux de transmission. Les travaux de normalisation ont été lancés en 1986 au CCITT. En 1988, un premier consensus permettait de définir les grands principes de base de la SDH. Les travaux n'ont pas cessé depuis et se poursuivent aujourd'hui en particulier sur les architectures du réseau, sa modélisation et sa gestion.

La SDH introduit de nouvelles possibilités dans les réseaux de transmission :

- Souplesse accrue par la possibilité d'extraire ou d'insérer directement un signal constituant du multiplex de ligne.
- Facilités d'exploitation-maintenance : des débits importants sont réservés à ces fonctions.
- Possibilité d'évolution vers des hauts débits : les trames synchrones haut débits sont construites par multiplexage synchrone de l'entité de base. Cette entité de base définit implicitement toutes les trames haut débit, la limitation n'est plus que technologique.
- Interconnexion de systèmes à haut débit facilitée par la normalisation de la trame de ligne et des interfaces optiques correspondantes
- Architectures de réseaux assurant la sécurisation contre les défauts de ligne ou d'équipement.

I-8-3- Système ATM :

Le système ATM (Asynchronous Transfer Mode, c'est-à-dire mode de transfert asynchrone) est une technologie de réseau récente, qui contrairement à Ethernet, Token ring, permet de transférer simultanément sur une même ligne des données et de la voix.

Le réseau ATM transfère les données de façon asynchrone. Alors que les réseaux synchrones n'émettent rien lorsqu'un utilisateur n'a rien à mettre, le réseau ATM va utiliser ces blocs pour transmettre d'autres données, garantissant ainsi une meilleure bande passante.

I-8-4-Le système WDM/DWDM :

La technologie WDM (Wavelength Division Multiplexing) est née au début des années 1990 de l'idée d'injecter simultanément dans la même fibre optique plusieurs trains de signaux numériques à la même vitesse de modulation, mais chacun ayant une longueur d'onde distincte.

L'espacement entre deux longueurs d'onde autorisées dans la fenêtre de transmission 1530-1565 nm, est normalisé en nanomètre ou en gigahertz. Par exemple:200Ghz ou 1,6nm et 100Ghz ou 0,8nm.

Cette technologie est dense DWDM lorsque l'espacement utilisé est égal ou inférieur à 100GHz (25 ou 50GHz).

Les systèmes utilisés actuellement comportent 4, 8, 16, 32 ou 80 canaux optiques. Ce qui permet d'obtenir des débits de 200Gbit/s, en prenant un débit par canal de 2,5Gbit/s. Plus clairement, un système à 16 canaux à 2,5Gbit/s permet 500000 conversations téléphoniques sur une seule fibre optique. [1]

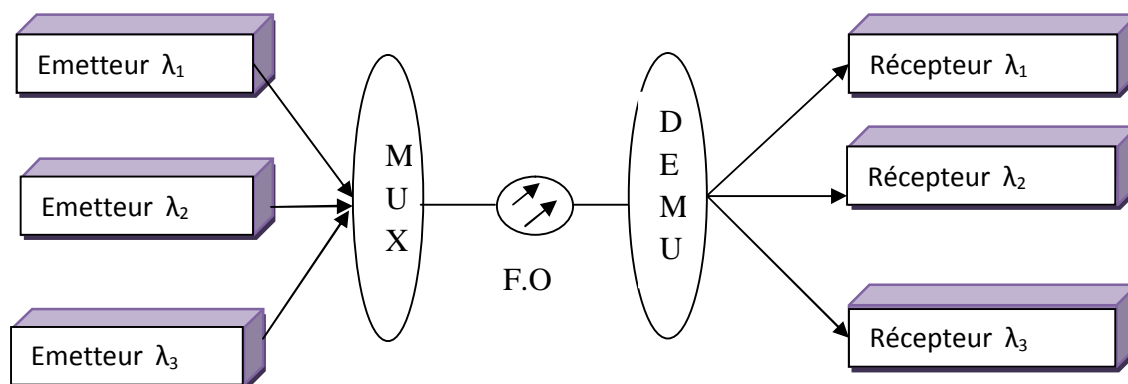


Figure I-14 : Le système WDM /DWDM

I-9-Les supports de transmission :

Le besoin de communications est devenu indispensable pour le développement de grands projets à partir de sites isolés. Les communications par satellite, faisceau hertzien fibre optique amènent la réponse à ce besoin sans cesse croissant.

I-9-1- Les câbles électriques à paires torsadées :

Ce support de transmission est composé de 2 conducteurs en cuivre, isolés l'un de l'autre, et enroulé de façon hélicoïdale autour de l'axe de symétrie longitudinale. Cette technique permet de réduire les phénomènes d'inductions électromagnétiques parasites provenant de l'environnement proche (moteur électrique, néon, etc...).

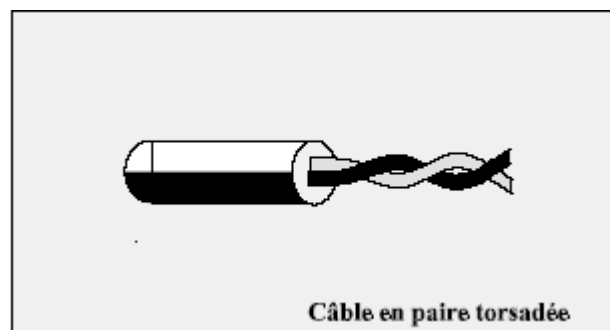


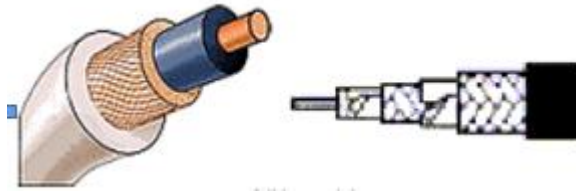
Figure I-15

Généralement dans un même câble il y a rassemblement de plusieurs paires torsadées et les signaux qui sont transportés dans ces diverses paires peuvent interférer les uns sur les autres par rayonnement.

I-9-2- Les câbles électriques Coaxiaux :

Un câble coaxial est constitué de deux conducteurs cylindriques de même axe, séparés par un isolant. Deux types de câble sont utilisés dans les réseaux :

- Le premier type possède une impédance caractéristique de 50 ohms, et il est employé dans la transmission de signaux bande de base (signaux numériques); câblage Ethernet.
- Le second présente une impédance de 75 ohms et il est plutôt utilisé dans la transmission de signaux analogiques; câblage pour les antennes TV.

**Figure I-16**

Ces câbles coaxiaux présentent de meilleures caractéristiques électriques que les câbles à paires torsadées. Ils offrent une bande passante de grande largeur, et une protection contre les rayonnements électromagnétiques parasites satisfaisants. Les performances de ces types de câble dépendent eux aussi de la qualité des isolants des conducteurs et de la longueur des câbles.

Plus la distance à parcourir pour le signal est faible, plus la vitesse de transmission peut être élevée. On atteint des vitesses de transmission de 100 Mbit/s sur des distances inférieures au kilomètre. Sur plusieurs centaines de Kms, les vitesses de transmission sont de l'ordre de 100 Kbit/s à quelques Mbit/s.

I-9-3-La transmission par satellite :

Les satellites permettent d'assurer des liaisons par ondes électromagnétiques de grande qualité entre plusieurs réseaux. On distingue deux types de satellites :

a) Satellites géostationnaires :

Ils se trouvent à 36000 Kms d'altitude et sont employés généralement par les réseaux de télécommunication dans le domaine de la téléphonie et pour les transmissions des données à haut débit : voix, images données informatiques.

b) Satellites à défilement :

Utilisent pour la radiodiffusion, la communication mobile, la météorologie et la navigation maritime.

I-9-4- La transmission par faisceau hertzien « FH » :

Un faisceau hertzien est un système de transmission entre deux points fixes par ondes radioélectriques très fortement concentrées à l'aide d'antennes directives (Figure I-17).

On peut distinguer deux types de FH d'après leurs caractéristiques radioélectriques :

- FH direct.
- FH transhorizon.

Les faisceaux hertziens numériques ou analogiques consistent à transporter des voies téléphoniques, des données informatiques, des signaux TV numériques et les signaux vidéo selon le type de modulation utilisée. [1]

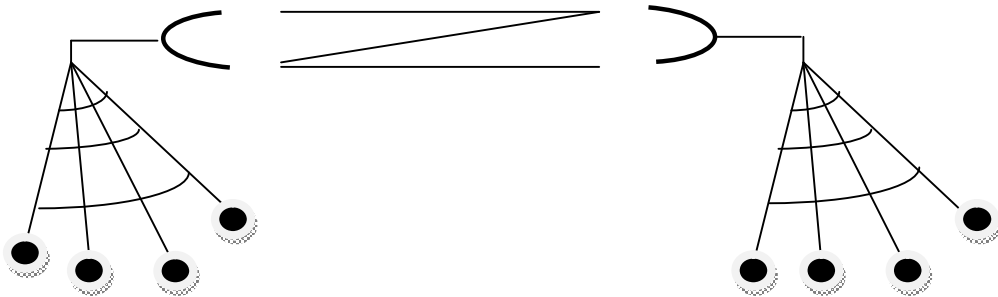


Figure I-17: Transmission par faisceau hertzien.

I-9-5-La transmission par fibre optique :

C'est un guide d'onde pour les rayons lumineux de très haute fréquence (10⁵ à 10⁹ Hz), formé de deux tiges de verre concentriques dont la différence d'indice de réflexion.

∅ On distingue trois types de fibres optiques :

- fibre optique à saut d'indice.
- fibre optique à gradient d'indice.
- fibre optique monomode.

∅ Les caractéristiques de la fibre optique sont la bande passante très élevée (haut débit), insensibilité au rayonnement électromagnétique et grand intérêt pour les réseaux à haute sécurité. [8]

I-10- Conclusion :

La fibre optique présente un rôle fondamental dans les techniques de transmission (PDH, SDH ...WDM) grâce à ses nombreux avantages.

Les techniques de transmission sont basées sur le principe du multiplexage numérique qui permet de regrouper plusieurs signaux dans un même support physique.

II-1- Introduction :

Avant les années 90, le réseau de transmission des Opérateurs était basé sur une hiérarchie plésiochrone. Mais l'un des inconvénients de ce mode de transmission est le multiplexage bit à bit de la trame numérique plésiochrone, car lors du multiplexage on introduit des signaux de justification et de bourrage de trame, ce qui ne permet pas l'accès aux niveaux inférieurs sans démultiplexage. Le deuxième inconvénient est l'absence de normalisation au niveau du C.C.I.T.T, ce qui veut dire qu'on ne peut pas interconnecter deux hiérarchies (U.S.A., EUROPE, JAPON) sans passer par un équipement intermédiaire.

C'est ainsi qu'est apparue à la fin des années 80 (1988) une nouvelle hiérarchie de transmission appelée " synchronous digital hierarchy " (SDH), c'est-à-dire en français la hiérarchie numérique synchrone. La hiérarchie de transmission SDH est fondée sur les concepts de SONET (Synchronous Optical NETWORK) proposés par l'organisme de normalisation américain BELLCORE. Elle repose sur une trame numérique de niveau élevé qui apporte une facilité de brassage et d'insertion/extraction des niveaux inférieurs. Les concepts de la SDH permettent ainsi de remédier aux inconvénients de la hiérarchie numérique plésiochrone (PDH).

II-2- La fibre optique :

Une fibre optique est semblable à un câble coaxial sans tresse métallique. La (figure II-1) donne le schéma d'une fibre optique. Au centre de la fibre se trouve le cœur en verre, à l'intérieur duquel se propagent les signaux lumineux. Le cœur d'une fibre multimode à un diamètre d'environ 50 microns, il est équivalent à l'épaisseur d'un cheveu humain. Celui d'une fibre monomode varie entre 9 et 10 microns.

Le cœur de la fibre optique est entouré d'une gaine en verre présentant un indice de réfraction plus faible que celui du cœur de façon à conserver toute la lumière dans le cœur. Un revêtement protecteur en plastique enveloppe la gaine en verre. Généralement les fibres optiques sont regroupées en un faisceau de fibre à l'intérieur d'un tube ou d'une gaine protectrice externe : c'est le câble à fibre optique. [3]

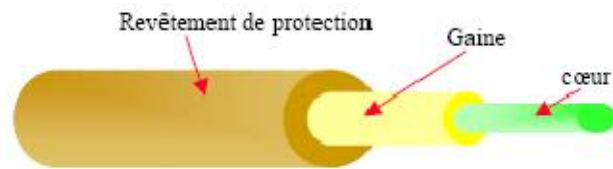


Figure II-1 : constitution générale d'une fibre optique.

II-3-Types de la fibre optique :

Suivant les modes de propagations qu'elles utilisent, les fibres optiques peuvent être classées en 3 catégories:

a) Fibre multimode à saut d'indice :

Le cœur et la gaine présentent des indices de réfraction différents et constants. Le passage d'un milieu vers l'autre est caractérisé par un saut d'indice (figure II-2-a). Le faisceau lumineux injecté à l'entrée de la fibre va atteindre la sortie en empruntant des chemins optiques différents (figure II-2-b) ce qui se traduit par des temps de propagation différents et donc un étalement du signal transmis. Ce phénomène est appelé dispersion modale. [3]

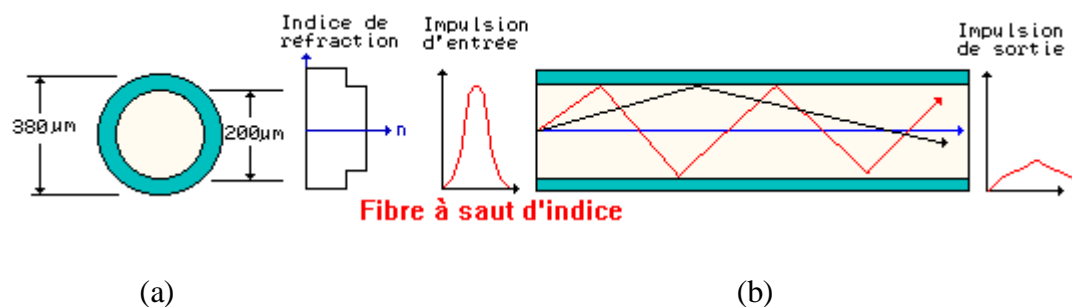


Figure II-2: a) section et profil d'indice d'une fibre multimode à saut d'indice;
b) chemins optiques empruntés par les rayons lumineux.

b) Fibre multimode à gradient d'indice :

Le cœur se caractérise par un indice variable qui augmente progressivement de la gaine à l'interface gaine-cœur jusqu'au cœur au centre de la fibre (figure II-3-a). Là aussi les rayons lumineux vont emprunter des chemins différents, mais un choix judicieux du profil

d'indice du cœur permet de tendre vers des temps de parcours voisins et donc réduire l'étalement du signal.

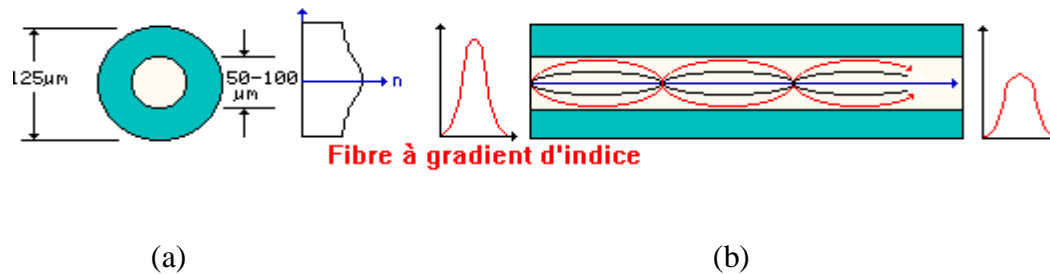


Figure II-3 : a) section et profil d'indice d'une fibre multi mode à gradient d'indice;

b) chemins optiques empruntés par les rayons lumineux.

c) Fibre monomode :

Le nombre de modes se propageant dans une fibre optique est donné par la relation

$$m = \frac{2d}{\lambda} \cdot ON$$

avec : λ : la longueur d'onde de la lumière utilisée,

ON : l'ouverture numérique de la fibre.

d : le diamètre du cœur de la fibre,

En choisissant d suffisamment faible, il est possible d'avoir un seul mode de propagation ($m=1 \Leftrightarrow$ fibre monomode). Le chemin de propagation est ainsi unique et parallèle à l'axe de la fibre (figure II-4). Théoriquement le signal injecté en entrée va atteindre la sortie sans aucune déformation. C'est ce type de fibre qui présente les plus grandes performances mais son coût est relativement élevé par rapport aux fibres multi modes.

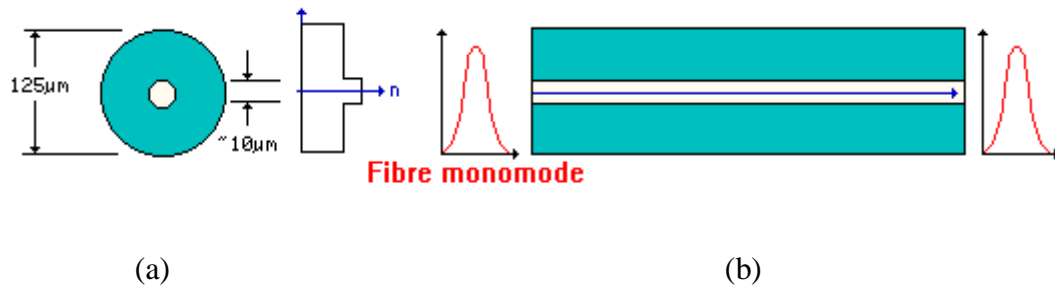


Figure II-4 : a) section et profil d'indice d'une fibre monomode ;

b) le chemin optique emprunté par les rayons lumineux est unique.

La fibre monomode dont le cœur est si fin que le chemin de propagation des différents modes est pratiquement directe. La dispersion modale devient quasiment nulle.

La bande passante transmise est presque infinie (>10 GHz/Km).cette fibre est utilisée essentiellement pour les communications à grande distance.

II-4-Avantages et inconvénients des fibres optiques :

a- Avantages :

Ils sont nombreux, on peut les classer comme suit :

- **performances de transmission :** très faible atténuation, très grande bande passante, multiplexage possible de plusieurs signaux ; elles permettent aux systèmes d'avoir une portée et une capacité très supérieure à celles des câbles conducteurs.
- **Avantage de mise en œuvre :** très petite taille, grande souplesse, faible poids appréciables aussi bien en télécommunications que pour le câblage en informatique applications industrielles.
- **Sécurité électrique :** isolation totale entre terminaux, utilisation possible en ambiance explosive ou sous forte tension.
- **Sécurité électromagnétique :** la fibre optique n'est pas sensible aux parasites et n'en crée pas elle-même.
- **Avantage économique :** contrairement à l'idée encore répandue, le coût globale d'un système sur fibre optique et de plus en plus souvent inférieur à celui d'un système sur cuivre.

b- inconvénients :

- la fibre optique ne permet pas le transport d'énergie.
- Les répéteurs doivent être alimentés séparément, soit localement, soit par second câble électrique, soit par un câble mixte optique et électrique.
- les techniciens des installations doivent protéger leurs yeux.

Il est indispensable de porter des verres de protection infrarouge pour travailler de près sur un dispositif en fonctionnement.

- Perte de raccordement entre différents composants optiques du système.
- Parmi les pertes de raccordement on trouve :

-pertes de couplage à la source : une partie seulement de la puissance émise par le laser sera captée par la fibre à cause de la désadaptation entre eux.

-pertes d'épissure : elle est due à cause d'une discontinuité des rayons, une erreur d'espacement, une erreur d'alignement angulaire.

II-5- La différence entre "plésiochrone" et "synchrone" :**Le terme plésiochrone:**

- Chaque élément d'un réseau plésiochrone a sa propre horloge.
- Pour échanger des informations, les signaux doivent être transmis dans des trames qui peuvent tenir compte des différences de signaux d'horloge.
- Les trames possèdent des capacités de justification fixes. Les bits d'information ou de bourrage doivent être transmis à des points appropriés.

Le terme synchrone:

- Tous les éléments du réseau sont reliés à la même horloge. Une seule source est présentée dans la totalité du réseau.
- présente dans le réseau, on parle alors de réseau pseudo-synchrone (liaison internationale).
- En SDH, on compense les différences par des justifications et des décalages variables.

II-6- Comparaison entre la PDH et la SDH :

Tous les équipements SDH sont pilotés par le signal d'horloge, il y a donc quelque part une horloge atomique qui donne le rythme pour tout le pays. Il est transmis de proche en proche à tous les équipements de transmission SDH du pays. C'est pour cette raison que ce mode de transmission est appelé synchrone.

Les multiplexeurs d'ordre N permettent de multiplexer des affluents de n'importe quel ordre inférieur, à l'opposé de la hiérarchie PDH qui ne multiplexe que des flux d'ordre immédiatement inférieurs à N. Il est donc possible de retrouver n'importe quel flux d'ordre N-1 ou N-2 ou N-i, à la sortie d'un démultiplexeur SDH d'ordre N sans passer par tous les niveaux intermédiaires de démultiplexeurs. Cette propriété rend possible la conception d'équipements pour injecter ou extraire des affluents de n'importe quel ordre inférieur sur un point intermédiaire du parcours de la transmission.

La hiérarchie SDH admet comme affluents aussi bien des flux plésiochrones que des flux synchrones, c'est-à-dire rythmés par l'horloge unique du pays. Parmi les affluents plésiochrones, la hiérarchie SDH admet aussi bien les affluents de la hiérarchie PDH Européenne que les affluents de la hiérarchie PDH Américaine ou ATM.

La structure des trames SDH ne comporte qu'un nombre de bits alloués à l'exploitation qui ne permet pas de gérer des équipements de multiplexage de même niveau et surtout de gérer le transport d'un E₁ (par exemple) de bout en bout. Par contre, la SDH ayant été conçue pour fonctionner sur fibre optique, des hauts débits et des capacités significatives (sur-débits) plus élevés pour la gestion du réseau.

Les concepts de la SDH répondent à un certain nombre d'objectifs qui sont la flexibilité, la visibilité, la facilité d'exploitation. [9]

II-7- Définition de la SDH :

Les premières normes SDH ont été approuvées par le CCITT (Comité Consultatif du Téléphone et Télégraphe) à MELBOURNE en Novembre 1988 selon les recommandations (G707, G708, G709), qui définissent les débits, la trame et les procédés de multiplexage pour les réseaux de télécommunication haut débit.

La hiérarchie SDH se situe sur les couches 1 et 2 du modèle OSI (voir annexe II). Cette technologie offre la possibilité de transmettre dans une même trame des services de types et de débits différents. [9]

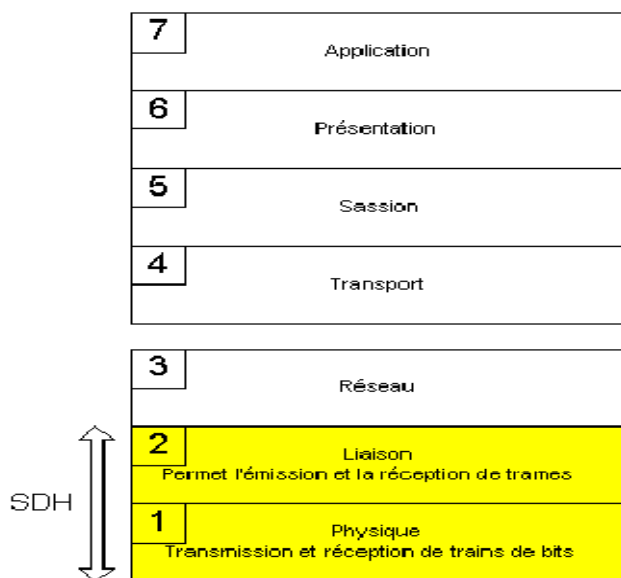


Figure II-5 : SDH se situe au niveau 1 et 2 du model OSI

II-8- Structure de la hiérarchie synchrone SDH :

II-8-1- Les entités traitées par un réseau SDH :

Les entités traitées par un réseau SDH sont :

a) Le conteneur « c-n » :

Le conteneur est une entité dont la capacité est dimensionnée pour assurer le transport d'un des débits définis par le CCITT. Le c-n dépend du débit entrant (affluent).

Un conteneur contient un paquet de données utiles arrivé au rythme du débit de l'affluent pendant 125 μ s plus un certain nombre d'octets de bourrage dont le rôle est d'adapter le débit incident à la structure de la trame.

Les conteneurs retenus dans la norme sont indiqués dans le (tableau II-1) pour la filière européenne de la PDH. [5]

Affluent	Conteneur
2Mbit/s	C-12
34Mbit/s	C-3
140Mbit/s	C-4

Tableau II-1: Conteneur de la hiérarchie européenne

Le tableau II-2 représente les conteneurs de la filière nord-américaine.

Affluent	Conteneur
1,5Mbit/s	C-11
6Mbit/s	C-2
45Mbit/s	C-3

Tableau II-2 : Conteneur de la hiérarchie nord- américaine.

b) Le conteneur virtuel « VC-n »:

Le conteneur virtuel VC-n est obtenu à partir du conteneur en lui ajoutant un Sur débit de Conduit POH (Path Over Head) utilisé pour la gestion du conteneur. C'est le conteneur virtuel VC qui est l'entité gérée par le réseau SDH. [5]

$$VC-n = C-n + POH$$

Affluent	Conteneur	Surdébit de conduit	Conteneur virtuel
1,5Mbit/s	C-11	+POH=	VC-11
2Mbit/s	C-12	+POH=	VC-12
6Mbit/s	C-2	+POH=	VC-2
34Mbit/s	C-3	+POH=	VC-3
45Mbit/s	C-3	+POH=	VC-3
140Mbit/s	C-3	+POH=	VC-4

Tableau II-3 : Les conteneurs virtuels

Ces conteneurs virtuels sont classés en deux catégories : conteneur virtuel d'ordre inférieur (VC-11, VC-12, VC-2, VC-3), et conteneur virtuel d'ordre supérieur (VC-4).



Figure II-6 : Construction D'un Conteneur Virtuel

c) L'unité d'affluent (tributaire) « TU-n » :

L'unité d'affluent TU-n (Tributary Unit) est composée du VC-n et d'un pointeur PTR associé. La valeur de ce pointeur indique l'emplacement du VC-n dans la trame de transport utilisée. Ce pointeur est associé au processus de justification du VC dans la trame de transport. [6]



Figure II-7 : Construction de la tributary unit.

d) Le Groupe d'Unité d'affluent (TUG) :

Le groupe d'Unité d'Affluent TUG-n (Tributary Unit Group) représente une structure virtuelle de la trame permettant le multiplexage de TU-n, ce n'est pas une nouvelle entité physique. Il constitue un regroupement de TU-n dans un espace réservé d'une entité supérieure, TUG supérieur ou VC4. On peut considérer que le TUG définit des règles de rangement des TU-n dans cette entité supérieure, et à travers elle, dans la trame de transport, on peut ainsi avoir:

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

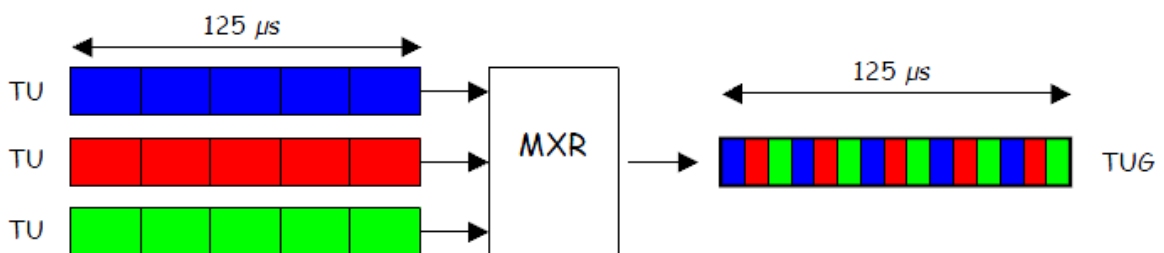


Figure II-8 : Constitution d'une TUG-2 à partir de 3 TU-12.

e) L'unité Administrative AU (Administrative unit) :

L'unité administrative est composée du VC-n (d'ordre supérieur) et du pointeur PTR. La valeur de ce pointeur indique l'emplacement du débit du VC-n d'ordre supérieur dans la trame de transport utilisée. Ainsi deux classes d'AU sont à considérer selon qu'on s'intéresse à l'une ou à l'autre des deux filières de la hiérarchie plésiochrone:

- Pour le VC-3. On a l'AU-3 (correspondant à l'affluent 45 Mbit/s de la PDH américaine). [3]

f) Le groupe d'unités administratives «AUG» :

Le Groupe d'Unité Administrative, AUG, représente une structure virtuelle de la trame et pas une nouvelle entité physique.

- L'AUG est l'élément de base permettant de réaliser des trames de transport de la hiérarchie numérique synchrone.
- L'AUG est constitué d'un AU4 ou 3 AU3 selon la norme utilisée.

La (figure II-9) illustre le principe du multiplexage pour la formation de la trame STM-1

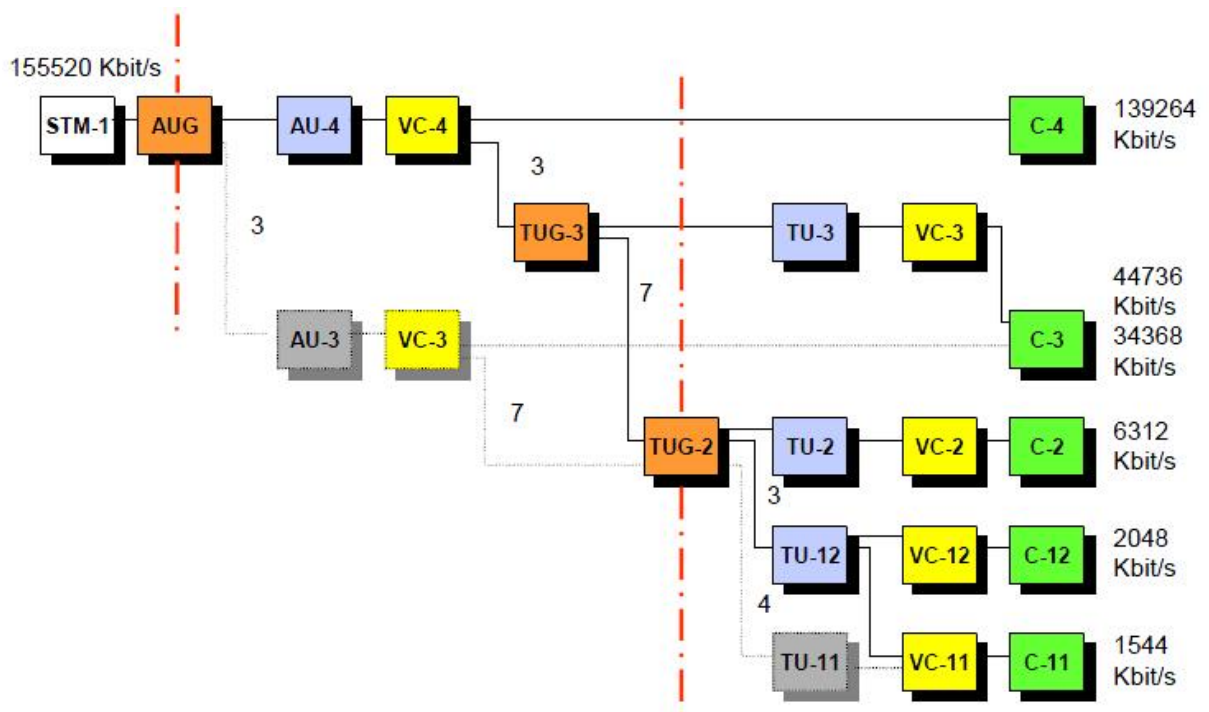


Figure II-9: Structure générale du multiplexage SDH

Le multiplexage des signaux affluents (tributaires) pour former le haut débit s'effectue en deux étapes :

- Le multiplexage des VC-11, VC-12, VC-2, VC-3 d'ordre inférieur donne les VC-3, VC-4 d'ordre supérieur (le VC-3 peut être considéré comme conteneur virtuel d'ordre supérieur ou inférieur selon le chemin du multiplexage).
- Le multiplexage de VC-3, VC-4 d'ordre supérieur pour former le signal résultant haut débit.

Les niveaux de multiplexage 4,16 et 64 sont actuellement disponibles pour :

STM-4	$4 \times 155,520 \text{ Mbit/s} = 622,08 \text{ Mbit/s}$.
STM-16	$16 \times 155,520 \text{ Mbit/s} = 2,488 \text{ Gbit/s}$.
STM-64	$64 \times 155,520 \text{ Mbit/s} = 9,928 \text{ Gbit/s}$.

II-8-2- La trame de la hiérarchie synchrone SDH :

II-8-2-1 : structure de la trame de base STM-1 :

STM-1 : Module de Transport Synchrone niveau 1

Le signal de base dans la hiérarchie numérique synchrone est STM-1 avec un débit binaire de transmission de 155,520 Mbit/s. Ce débit est le plus faible disponible pour la transmission en ligne dans la hiérarchie synchrone.

La trame STM-1 est composée de 2430 octets et est généralement représentée en deux dimensions sous la forme de 9 lignes et 270 colonnes. La durée de la trame est de 125 μ s, ce qui correspond à une fréquence de répétition de la trame de 8KHz (c'est-à-dire 8000 trames par seconde). La capacité de transmission d'un octet simple dans la trame est de 64Kbit/s. [10]

La trame STM-1 contient 3 blocs :

- Un bloc pour l'entête de la section (SDH).
- Un bloc pour les signaux tributaires (Charge utile).
- Un bloc pour le pointeur (PTR).

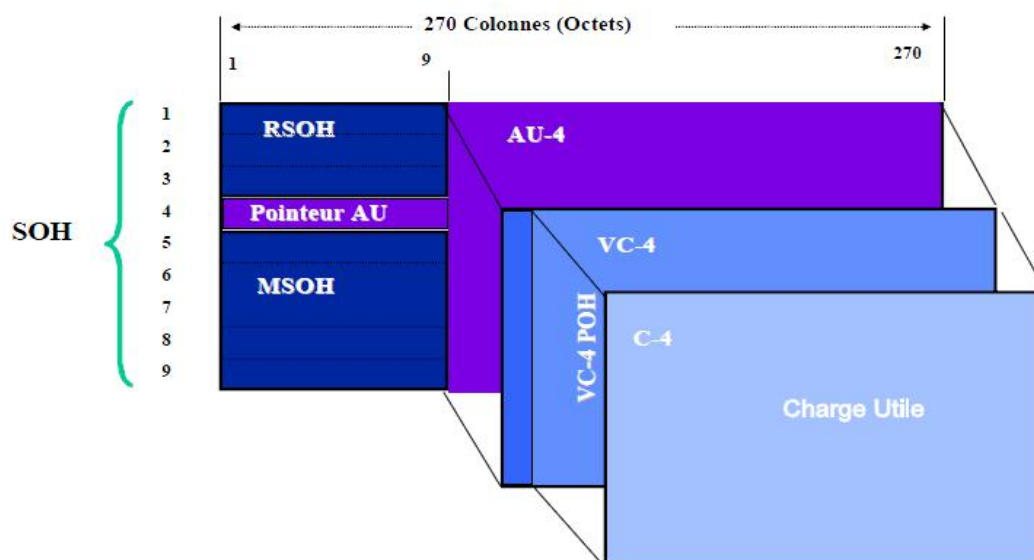


Figure II-10 : Représentation des blocs de la trame STM-1

- La capacité en octets est $9 \times 270 = 2430$ octets.
- La capacité en bits est $2430 \times 8 = 19440$ bits.
- D'où un débit de $19440 / 125 \mu s = 155,520$ Mbits /s.

SOH Section Over Heard : (en-tête de section) Sur-débit de gestion de la trame STM-1 au niveau multiplexage et au niveau remémoration.

PTR (pointeur) : Porte l'adresse initiale de la charge utile (VC-4 dans la trame STM-1).

Charge utile :

Les signaux tributaires signaux PDH entre 2 et 140 Mbit /s sont transportés dans la zone de charge utile de 9×261 octets. Ces signaux sont entrelacés dans le bloc STM-1 conformément à une spécification donnée.

Le détail des blocs est donné ci-dessous :

1- Sur-débit :

a- Sur-débit de section SOH :

Comprend des éléments de contrôle de qualité et d'information nécessaires à la maintenance d'un réseau SDH.

a-1- Le RSOH (Régénération Section Over Heard) :

Il permet la surveillance de la couche de section de régénération et celle du signal STM-n global. Il est constitué des rangés 1 à 3 du SOH, soit de 1,728 Mbit/s.

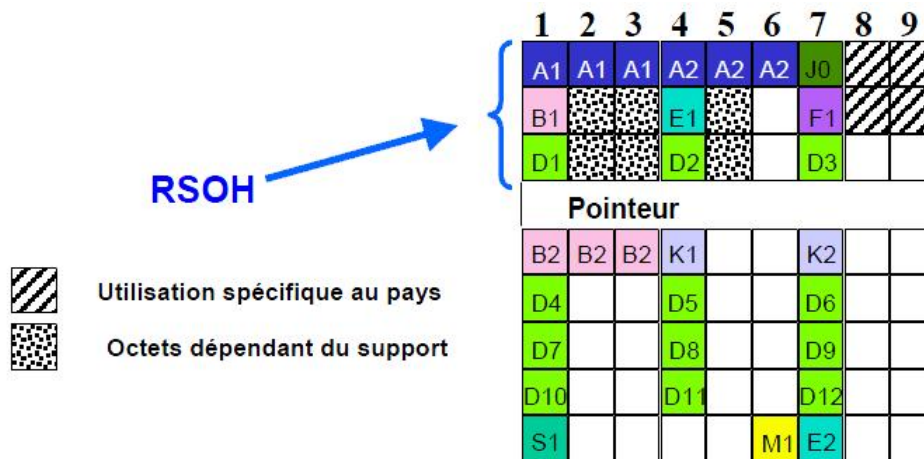


Figure II-11 : Représentation des octets du RSOH

La signification des octets est :

-A1, A2 : Octets de verrouillage (synchronisation) de trame, elle est caractérisée par une configuration particulière qui est la suivante :

A1 = 11110110 "F6"

A2 = 00101000 "28"

-J0/C1 : Joue le rôle d'identificateur de la trace de la section de régénération, son décodage en réception permet de vérifier si la connexion est maintenue avec l'extrémité émission de la section de régénération ainsi identifié.

-B1 : Surveillance du taux d'erreur sur les bits de la section de régénération.

-E1 : Cette ressource offre une voie de service vocal qui peut être utilisé par l'opérateur à des fins de maintenance de la section régénération.

-F1 : Il constitue une voie de service ou de données pour l'utilisateur et l'exploitation du réseau.

-D1, D2, D3 : Canaux de communication de données associés à la section de régénération, il est constitué de trois octets défilant à la période trame soit $125\mu\text{s}$ ce qui représente un débit de 192Kbit/s ($3 \times 64\text{Kbit/s}$), pour la section de régénération. [10]

a-2- Le MSOH (Multiplex Section Over Head):

Il permet la surveillance de couche de section de multiplexage et celle du signal des trames STM-1. Il est constitué des rangés 5 à 9 du SOH, soit un débit de $2,88\text{ Mbits/s}$. [10]

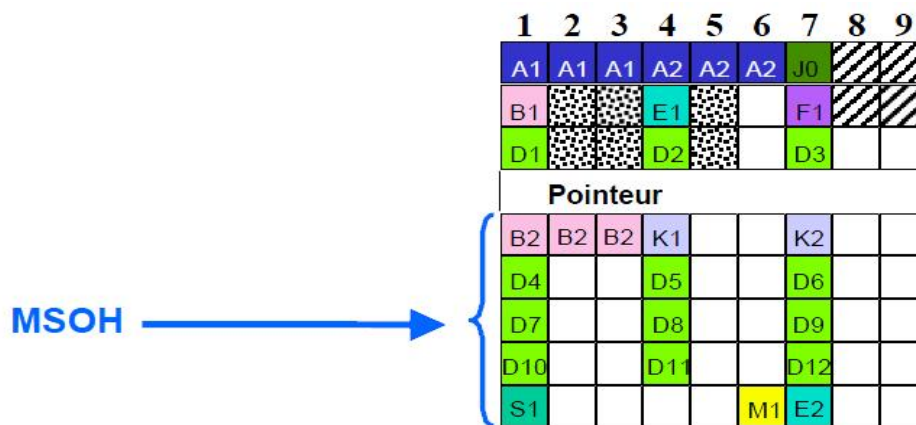


Figure II-12 : Représentation des octets du MSOH

-B2 : Surveillance de la qualité sur la section de multiplexage.

-E2 : C'est une voix de service à 64Kbit/s entre multiplexeur d'une section de multiplexage, il joue un rôle similaire à celui de l'octet E1.

-K1, K2 : Ces deux octets servent à la sécurisation du réseau (demande de secours, indication de canal de secours, adresse...etc.)

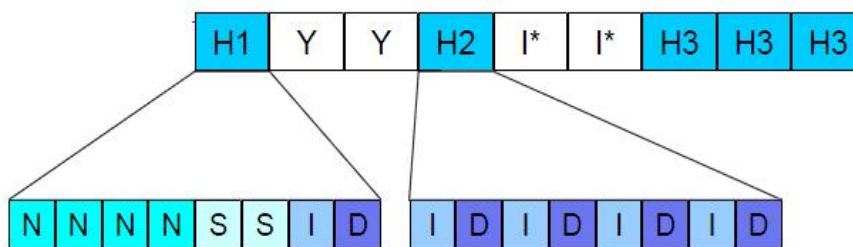
-D4,..., D12 : Ils représentent un canal de communication de données pour transporter les flux de gestion au niveau de la section de multiplexage.

-S1 : Indication de la qualité de la synchronisation du réseau SDH, les 4 bits (5678) de l'octet S1 sont alloués aux messages de la qualité de transmission.

-M1 : Véhicule le nombre de bits qui ont été détectés erronés sur B2.

a-3- Les pointeurs (PTR) :

Ils identifient la position ou l'adresse de la charge utile par rapport à celle de la trame (STM-n), ce qui permet la localisation des affluents tout en autorisant leur accès direct sans passer par le démultiplexage. Dans le cas des fluctuations ou glissement de l'information à transportées (charge utile) dans la trame qui provoquent des différences de phase par rapport à cette dernière. Le pointeur fait la signalisation et la composition de ces différences par une technique de justification négative, positive ou nulle.

a-3-1- Structure du pointeur (PTR) :

D : Bit de décrémentation.

I : Bit d'incrémentement.

Y = 1001SS1(S non spécifiés)

I* = 11111111

H3 = Opportunité de justification négative (3octets)

Figure II-13 : Représentation des bits (H1 et H2) du pointeur.

Seulement 10 bits des octets H1 et H2 sont utilisés pour désigner l'emplacement du premier octet du VC. Ceci donne 1024 positions possibles. Or il y a $261 \times 9 = 2349$ octets dans la capacité utile du STM-1. Il est donc impossible de désigner tous les octets. La solution consiste à grouper les octets par 3 et à attribuer un numéro à chaque groupe de 3 octets, ce qui donne $2349 : 3 = 783$ groupes numérotés de 0 à 782. En fait ; pour le VC, le pointeur désigne donc le premier groupe de 3 octets. La justification d'octets du VC se porte par conséquent sur 3 octets à la fois. [10]

- 3 octets H3 pour la justification négative.

Les octets « H1 » et « H2 » (16 bits) sont réservés à l'emplacement de la valeur du pointeur qui est contenue entre les bits 6 et 16 qui sont représentés par la (figure II-13).

Les 4 premiers bits (N) représentent l'indicateur de nouvelles données (NDF : New Data Flag). Ce fanion prend deux configurations possibles (cas invalide hors de ces deux combinaisons) :

- 0110 : Indicateur de nouvelle donnée inactif.
- 1001 : Indicateur de nouvelle donnée actif.

Les bits « SS » ne sont pas spécifiés.

a-3-2- Processus de justification :

Le débit du signal entrant varie positivement par rapport au débit fixe de la trame de transport, 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 « justification ». On parle de justification positive, nulle ou négative.

1. Justification négative :

Le pointeur est en quelque sorte un compteur dynamique dont la valeur s'incrémente ou se décrémente au rythme des mouvements du VC au sein de la trame et accompagne donc le processeur de justification d'octet. A côté de l'octet H_2 , une ressource de 3 octets nommés H_3 à été prévue pour absorber un éventuel surplus d'information dans les situations où le débit de VC est supérieur à celui de la trame. On est donc dans un cas de justification négative où H_3 est transformé en octet d'information. [4]

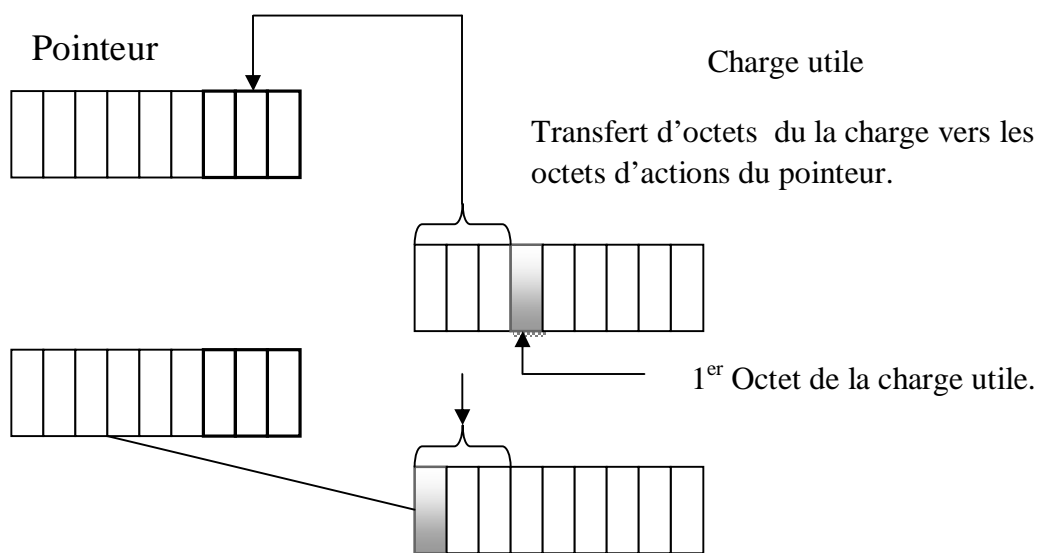


Figure II-14: Processus de justification négative.

2. Justification positive :

Si la trame est en avance de phase par rapport à la charge utile, une justification positive est donc nécessaire ainsi, les octets d'action de pointeur compensent ce retard, afin d'aligner les débits comme il est présenté sur la (figure II-15). [4]

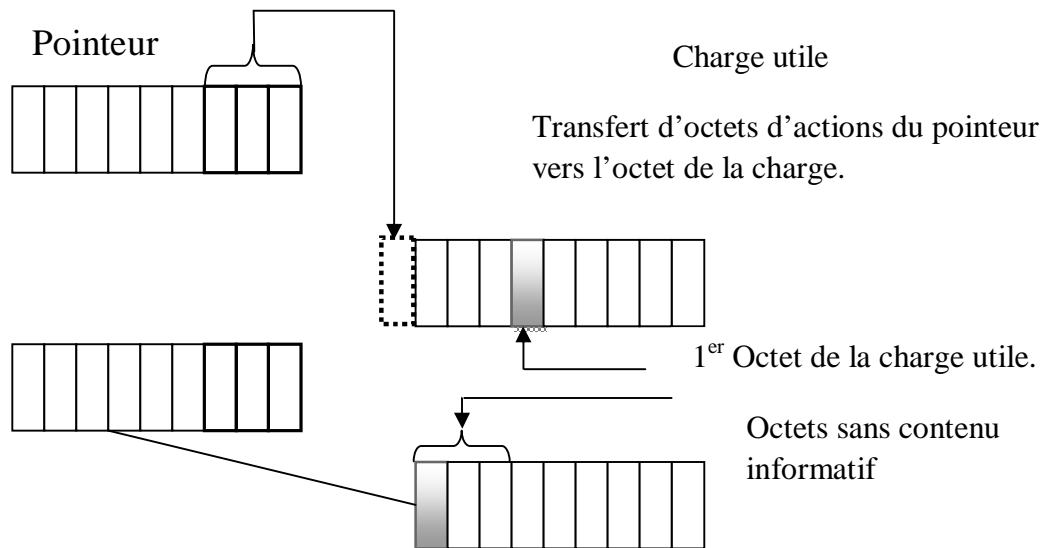


Figure II-15: Processus de justification positive.

3. Justification nulle :

Dans le cas où la trame et la charge utile sont en phase, aucune justification indiquée au niveau du pointeur.

d-Sur-débit de conduit (POH) :

Le sur-débit POH (Path Over Head) permet la gestion des voies de communication entre les différents éléments réseaux en traçant le chemin que doivent emprunter les données pour arriver à la destination. Ce sur-débit contient des informations liées à la structure du multiplexage, à la qualité des signaux transportés, à la surveillance du conduit en véhiculant des signaux d'alarmes et de maintenance à distance.

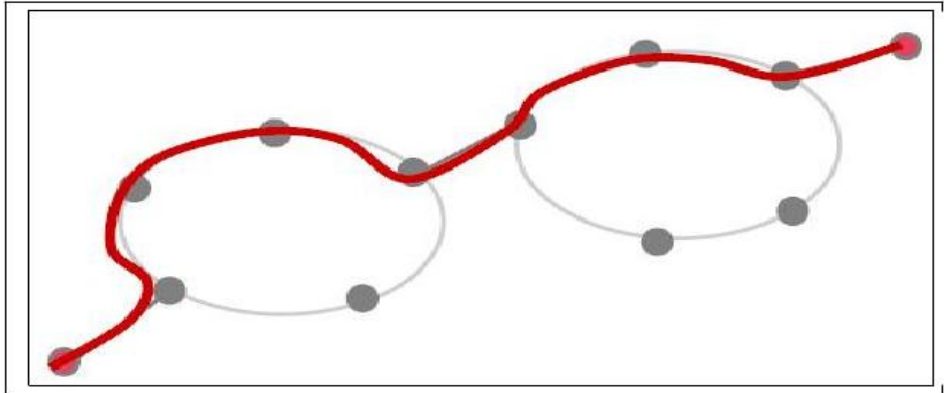


Figure II-16: Conduit SDH

d-1- Le sur-débit du conduit supérieur (VC-n) :

Le POH des VC-3 et VC-4 est constitué de la première colonne de ses conteneurs virtuels, soit une capacité de 9 octets

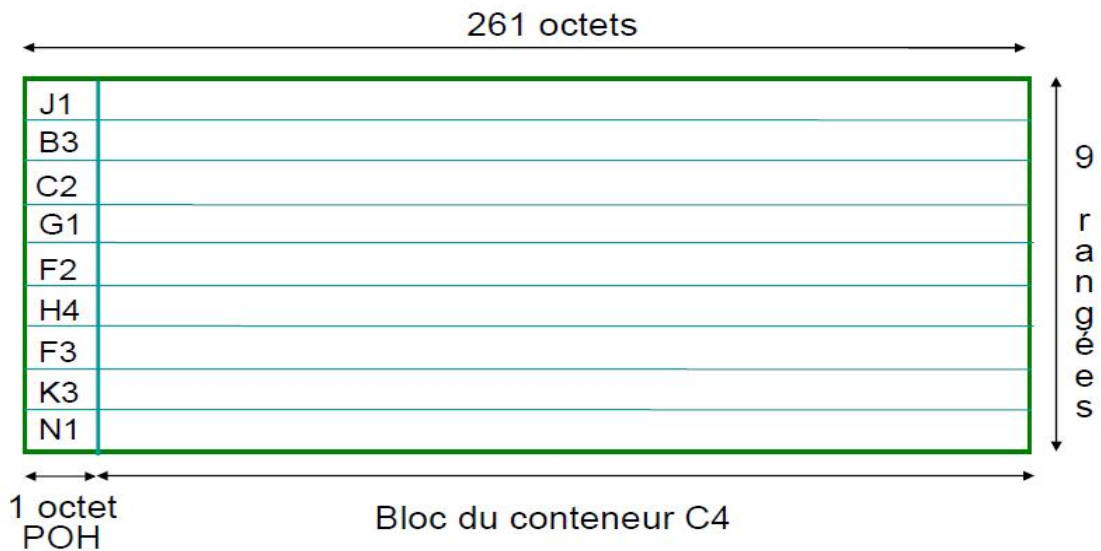


Figure II-17: Le sur-débit du conduit supérieur.

Signification des bits de POH de VC-n :

Les octets du POH sont utilisés pour déterminer différentes informations sur le conteneur tel que la trace du conduit (J1) qui permet une identification du point d'accès pour vérifier la continuité de la chaîne de connexion depuis l'émetteur, la surveillance des erreurs par contrôle de bit du VC4 (B3), étiquette du signal de conduit (C2) qui permet de connaître la composition du conteneur, l'état du conduit (G1) qui sert à renvoyer les informations de

défauts de l'extrémité distante, le contrôle de qualité (F3), la voie de service (F2) pour les besoins de communication de l'utilisateur sur le VC4.

d-2- Le sur-débit du conduit inférieur (VC-m) :

Le POH de ces VC-m sont constitué de 4 octets, à savoir V5, J2, N2 et K4. La (figure II-18) représente une illustration pour le cas de VC-12. [4]

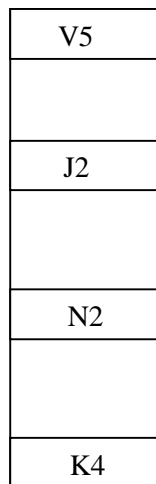


Figure II-18 : Le sur-débit du conduit inférieur.

Signification des bits de POH de VC-m :

V5 :

- Bit 1,2 : surveillance de la qualité de service ;
- Bit 3 : renvoie à la source du conduit VC12 le résultat de la qualité reçue ;
- Bit 4 : trace du conduit ;
- Bit 5, 6, 7 : structure de la charge utile transportée ;
- Bit 8 : indication d'alarme distante.

J2 : trace du conduit VC-12 ;

N2 : réservé à l'opérateur ;

K4 : protection APS du conduit.

II-8-3- Formation de la trame STM-1 :

La figure II.19 présente le principe de formation de la trame de base du multiplexage synchrone en utilisant le processus de mappage (projection). L'exemple illustré est celui de la formation de la trame STM-1 à partir d'un signal affluent de 140Mbit /s.

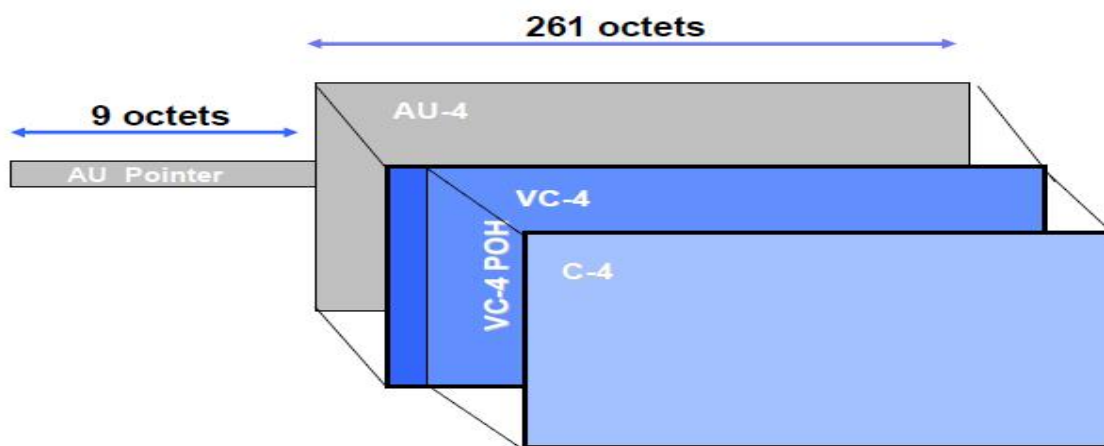


Figure II-19: Génération de la trame STM-1 à partir d'un affluent 140mBit/s

a) Projection d'un affluent 140Mbit/s dans le conteneur c-4 :

Les affluents PDH 140 Mbit/s seront encapsulés dans des conteneurs C-4, à ce niveau il est intéressant de préciser comment ces affluents seront chargés dans les conteneurs.

Un conteneur C-4 est constitué de 9 lignes et 260 colonnes, qu'il est coutume de le représenter sous forme de 20 blocs de 13 octets pour chaque ligne (Figure II-20). Alors le débit de C-4 est :

$$\text{Débit de C-4} = \frac{(20 \times 13) \times 8 \times 9}{125 \mu s} = 149,76 \text{ Mbit/s}$$

On s'aperçoit alors que l'affluent « flotte » bien dans son conteneur, ce qui veut dire en d'autres termes, que les bits de C-4 n'ont pas tous vocation à transporter des informations.

On peut donc conclure que le réseau est dimensionné pour transporter l'affluent et absorber ses fluctuations éventuelles. [5]

b) Formation du conteneur virtuel VC-4 :

Le conteneur virtuel VC-4 est composé du conteneur C-4, auquel on aura rajouté une ressource supplémentaire pour la gestion du conduit (POH), tel qu'il a été défini précédemment. Voir (Figure II-21). [5]

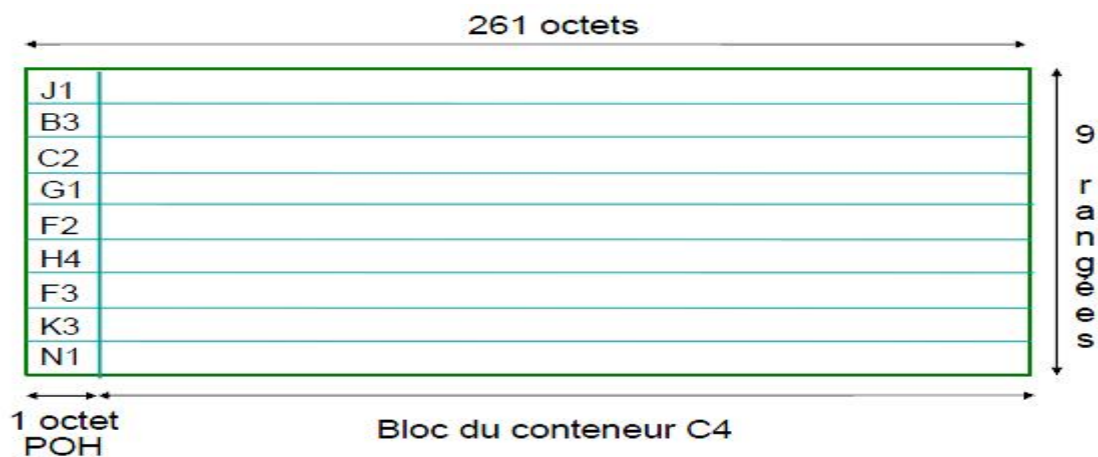


Figure II-21: Conteneur virtuel VC-4

Description des octets du POH du VC-4 :

J1 : Tracé de chemin.

B3 : Surveillance de la qualité du conduit.

C2 : Indication de l'étiquette.

G1 : Etat du chemin.

F2 : Canal utilisateur du chemin.

H4 : Indication de multiframe.

F3 : Canal utilisateur du chemin.

K3 : Protection APS du chemin.

N1 : Usage futur.

c) Formation de l'unité administrative AU-4 :

L'unité administrative AU-4 est obtenue en ajoutant un pointeur au VC-4. Ce pointeur consiste en une capacité de 9 octets, structurés en 9 colonnes comme le représente la (Figure II-22). [5]

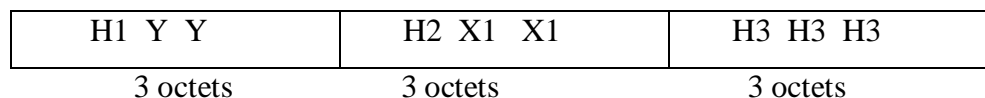


Figure II-22: Structure du pointeur d'AU-4

Signification des octets :

Y= 1001SS11 les bits S sont pas spécifiés.

X1= 11111111

H3: ces octets sont réservés à la justification négative.

H1, H2 : ces octets sont dédiés à l'emplacement de la valeur du pointeur (2bits de H1 et 8bits de H2).

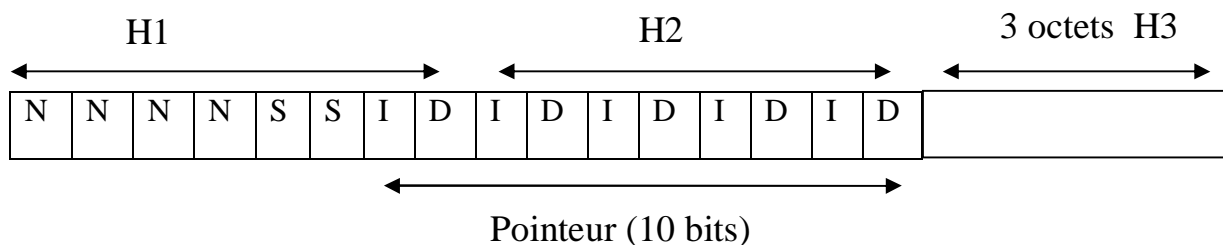


Figure II-23: Configuration des H1 et du pointeur

Signification des bits :

-I : Incrémentation.

-D : Décrémentation.

-Les bits 'N' représentent le fanion de nouvelles données ou (NDF) pour « New Data Flag ».

Ce fanion prend deux configurations possibles :

0110 : fonctionnement normal.

1001 : fanion mis en œuvre.

Autres combinaisons invalides.

-‘SS’ : ce bit n’a pas été spécifié.

- Justification négative : les 5 bits « D » sont inversés par rapport à la valeur précédente.
- Justification positive : les 5 bits « I » sont inversés par rapport à la valeur précédente.

d) Formation de l’AUG :

Dans notre cas l’AUG est équivalent à l’AU-4.

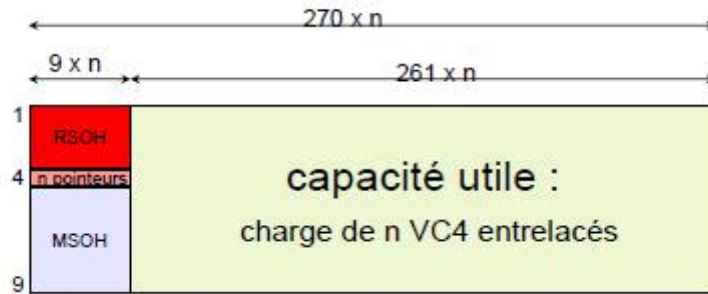
e) Formation de la trame STM-1 :

Après avoir obtenu le groupe d’unités administratives (AUG), on est à l’étape finale de la constitution de la trame STM-1. Il suffit que d’ajouter un sur-débit permet appelé «sur-débit de section ». Ce sur-débit permet de définir des canaux de communication de données pour acheminer des informations de gestion du réseau.

II-8-4-Formation de la trame STM-n :

STM-n (Module de transport niveau n)

Les trames de transport STM-n sont obtenues en multiplexant n AUG (et non n STM-1) et en rajoutant un sur-débit de Section SOH. La trame de base STM-1 (155,520M bit/s) contient 1 AUG et son SOH, la trame STM-4 (622,080Mbit/s) Contient 4 AUG et son SOH.



La périodicité des trames STM-n est toujours de 125 us

Débit : $n \times 270 \times 9 \times 8 \times 8000$
 Si $n=1$ Débit = 155,520 Mbit/s
 Si $n=64$ Débit = 9953,28Mbit/s

Figure II-28: Structure de la trame l'STM-n

II-9-Etude d'un réseau SDH :

La figure II-29 représente une illustration de la mise en réseau des différents équipements SDH que nous allons décrire par la suite. [4]

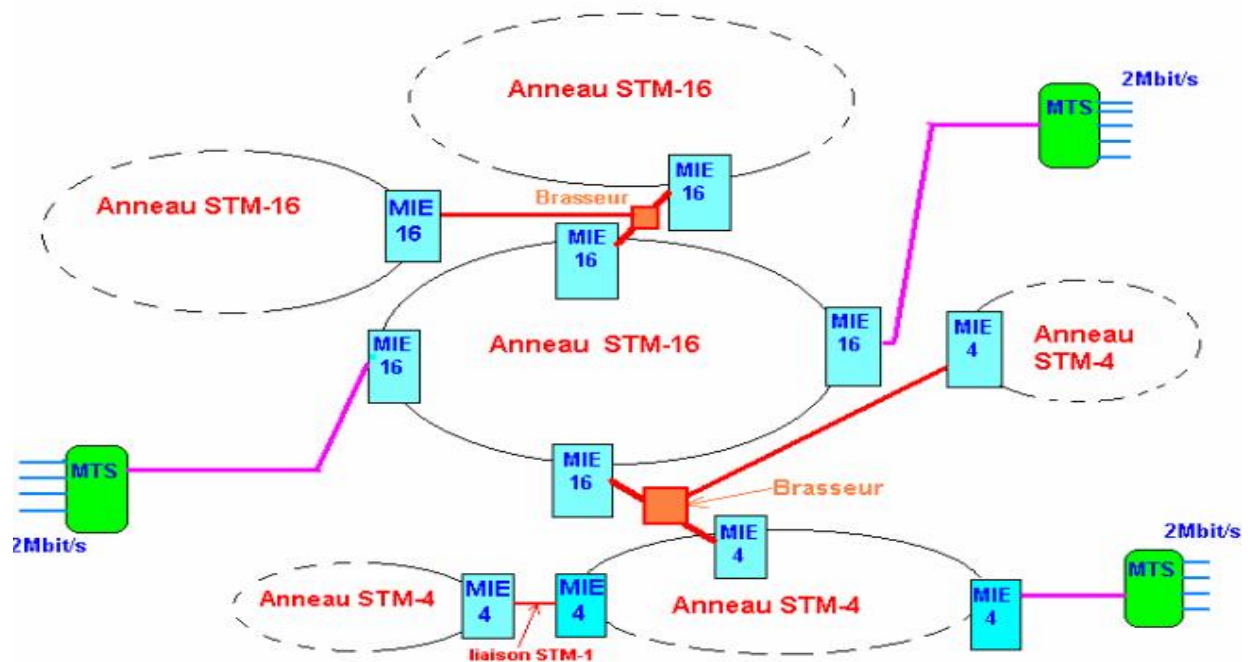


Figure II-29 : Infrastructure du réseau SDH

II-9-1- Les équipements du réseau SDH :

Un réseau SDH est constitué d'éléments réseau NE (Network Element), qui peuvent être un ADM, TM, DXC...et chaque élément réseau est doté d'une interface optique appelée NNI (Network Node Interface). La (figure II-30) schématise un réseau SDH en anneau, composé de plusieurs élément réseau.[4]

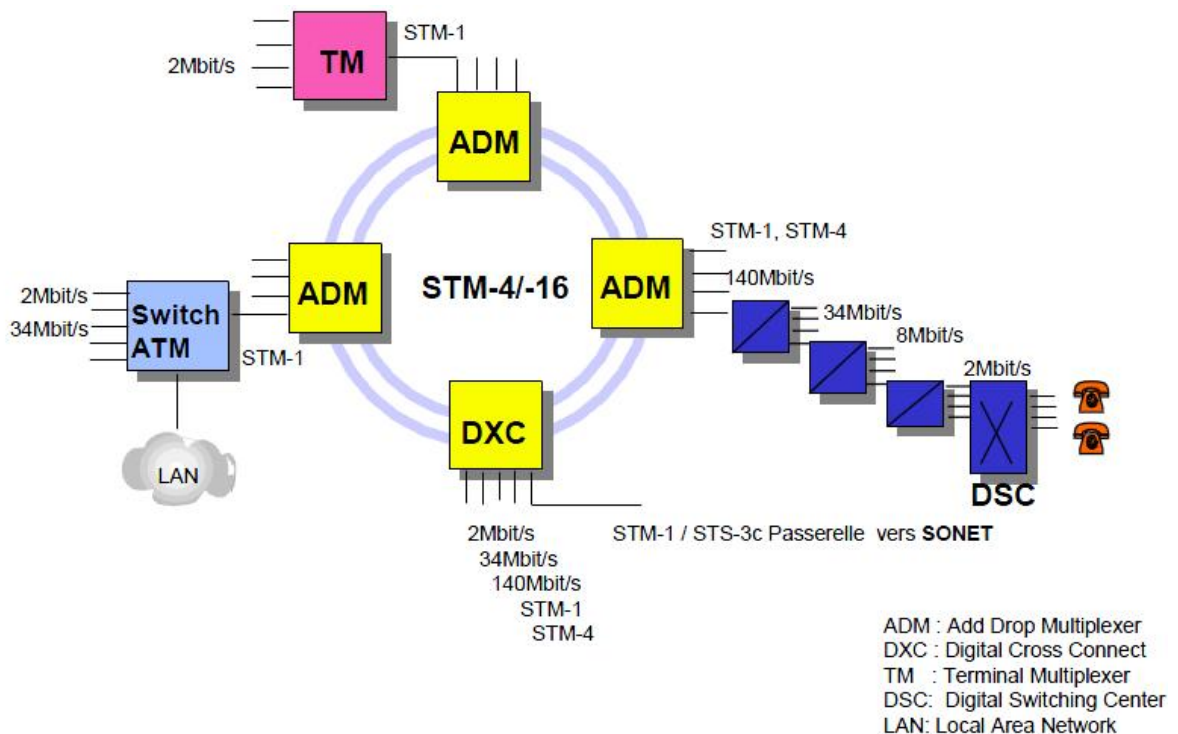


Figure II-30 : Structure d'un réseau SDH.

Un réseau SDH doit être capable de transmettre des signaux plésiochrones et doit en même temps adopter les signaux des nouvelles technologies telles que le transport des cellules ATM et les paquets IP. Pour cela, il est nécessaire d'utiliser les différents éléments réseau suivants :

II-9-1-1- Les multiplexeurs SDH :

La fonction de base assurée par le multiplexeur consiste à charger (à l'origine) et à extraire (à l'arrivée) les affluents des différents clients qui ont été assemblés dans des trames STM-n véhiculées par le réseau. Il existe deux types de multiplexeurs :

a) Multiplexeurs d'Insertion/Extraction (MIE) :

Ces équipements appelés ADM (Add Drop Multiplexer) ou MIE (Multiplexeur à insertion/extraction) permettent d'insérer et d'extraire le long d'un circuit haut débit STM-n des signaux de niveau bas débit (2 à 155 Mbit/s). [4]

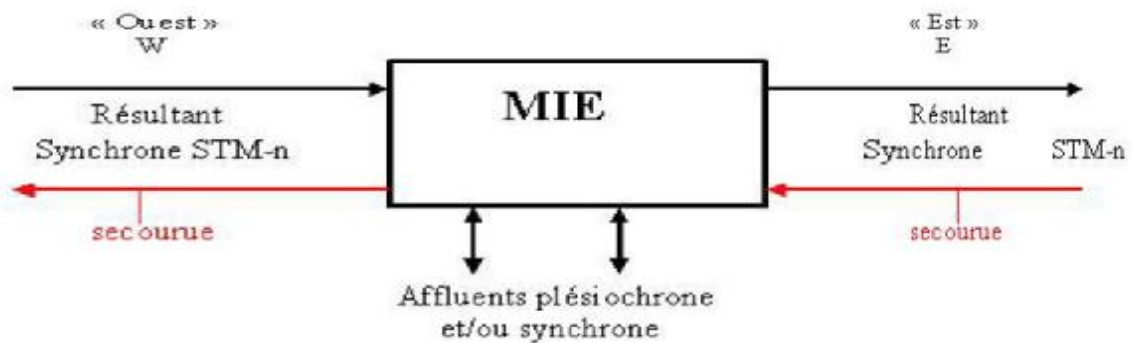


Figure II-31 : Multiplexeur d'Insertion/Extraction (MIE).

La matrice permet de réaliser des connexions sur les conduits. Ces équipements se trouvent dans des architectures en ligne ou en anneaux.

L'un des inconvénients majeurs 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 qu'on utilise des MTS.

b) Multiplexeur Terminal Simplifié(MTS) :

Le multiplexeur terminal simplifié (MTS) permet le multiplexage des signaux affluents plésiochrones ou synchrones dans un signal de ligne STM-1 résultant.

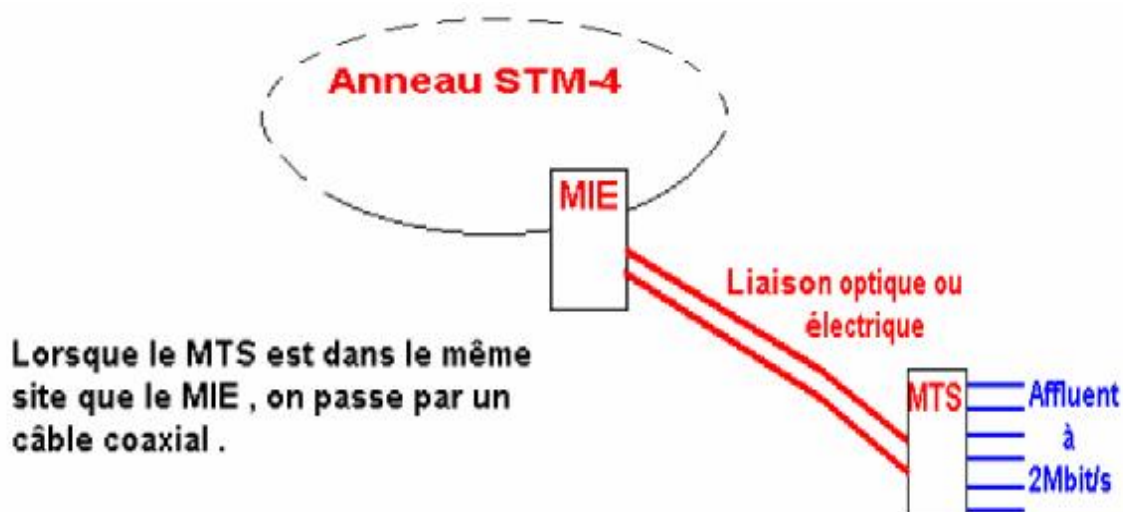


Figure II-32 : Multiplexeur Terminal Simplifié

II-9-1-2- Les brasseurs (DXC; Digital Cross- Connect) :

Ces éléments réseaux sont dotés de plusieurs ports supportant différents débits. Un signal entrant par n'importe quel port peut être connecté à un signal d'un autre port, d'où la notion de brassage de signaux. Cet élément réseau est doté d'une matrice de brassage assez puissante. Un brasseur constitue en effet, un nœud central pour l'interconnexion des différents éléments réseaux. Ainsi, plusieurs anneaux peuvent être interconnectés en utilisant un seul équipement qui constitue le même élément réseau pour ces anneaux.



Figure II-33 : Un brasseur (DXC)

II-9-1-3- Les régénérateurs :

Ils régénèrent l'amplitude du signal transporté, qui a été perturbé et déformé par son passage à travers une fibre optique (la dispersion dans la fibre).

II-9-2-Topologie des réseaux SDH :

La topologie de réseau, le plan géométrique des nœuds de réseaux et lignes de transmission SDH. Pour ce système de transmission, on associe plusieurs topologies de base : point à point, étoile et anneau.

a) Réseau point à point :

La structure point à point est une liaison entre deux nœuds adjacents, cette topologie est utilisée dans les connexions entre les stations terminales.

b) Réseau en étoile :

Tous les nœuds du réseau sont reliés directement par une liaison point à point à un même nœud commun dit nœud central.

Ce nœud central est chargé de diffuser les informations vers un autre bras de l'étoile.

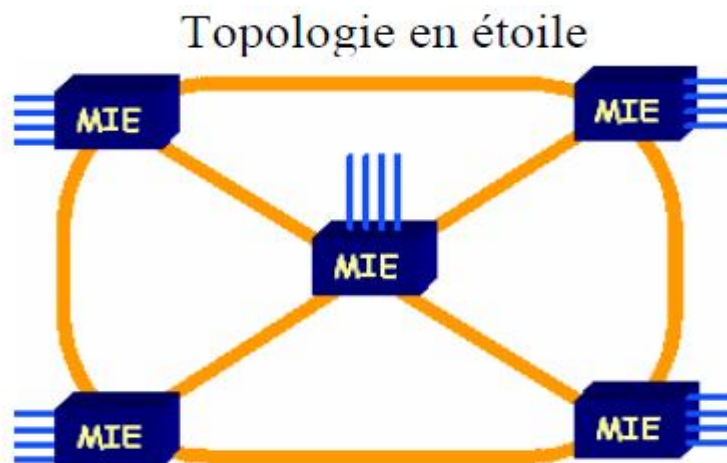


Figure II-34 : Topologie en étoile

c) Réseau en anneau :

Un réseau en anneau est une chaîne, repliée sur elle-même et refermée, constituée uniquement de nœuds MIE (ou ADM pour Add-Drop Multiplexer) et ne possédant pas de

nœud terminal. Ce type de réseau joue un rôle clé en SDH/SONET grâce aux mécanismes performants d'auto cicatrisation (délai de rétablissement < 50 ms) du réseau en cas de défaillance (par exemple: câble coupé, panne d'électricité ou incendie dans un nœud du réseau). Les applications des réseaux en anneau sont nombreuses : réseaux d'accès aux réseaux nationaux, en passant par les réseaux locaux et régionaux.

Les réseaux auto cicatrisants sont divisés en deux catégories :

- Les anneaux unidirectionnels.
- Les anneaux bidirectionnels.

c-1- Les anneaux unidirectionnels :

Cette architecture dite aussi en anneau unidirectionnel présente l'inconvénient que le temps de transmission entre deux nœuds est différent selon le sens du flux. Le temps de transmission $B \rightarrow A$ est supérieur au temps de transmission $A \rightarrow B$. Comme les trames transmises contiennent des informations concernant les trames reçues (qualité de transport par exemple), les retards de détection peuvent être préjudiciables à la procédure des échanges. [4]

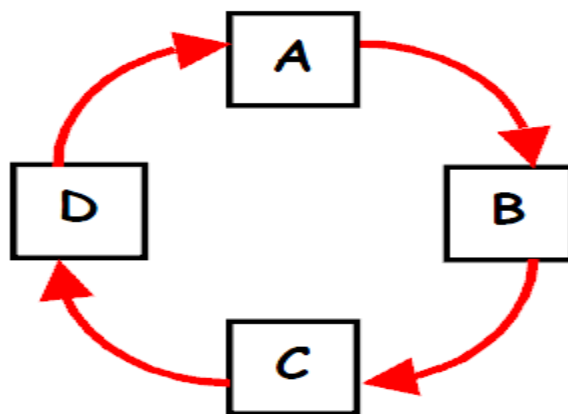


Figure II-35 : anneau unidirectionnel

c-2- Les anneaux bidirectionnels :

Cette architecture ne possède pas l'inconvénient de la configuration mono fibre, elle est constituée d'une paire de fibre, chaque fibre transporte le trafic dans un sens. Elle permet aussi une meilleure gestion des trafics sur les différents tronçons du réseau.

Chaque nœud reçoit un flux de données, il extrait le trafic qui lui est réservé et l'achemine vers l'extérieur de l'anneau et relaie le reste du flux vers le nœud suivant. On peut aisément vérifier sur l'anneau de (Figure II-36) que le trafic est réparti de sorte que le flux transporté par chaque tronçon est égal à la somme des flux de 3 paires de nœuds. Par exemple le tronçon A→B transporte le flux.

A→B mais aussi les flux E→B et A→C. Imaginons que ce tronçon est arrivé à son débit max alors que A a besoin d'un débit plus important vers C, on peut alors essayer (dans la mesure du possible) d'acheminer l'excédent du flux A→C sur l'autre fibre à travers les nœuds E et D. Il faut tout de même remarquer que ces deux flux n'auront pas les mêmes délais et qu'il faut prendre les précautions nécessaires suivant la situation. Le conduit le plus court est dit conduit mineur, l'autre est désigné par conduit majeur.

Les anneaux bidirectionnels. [4]

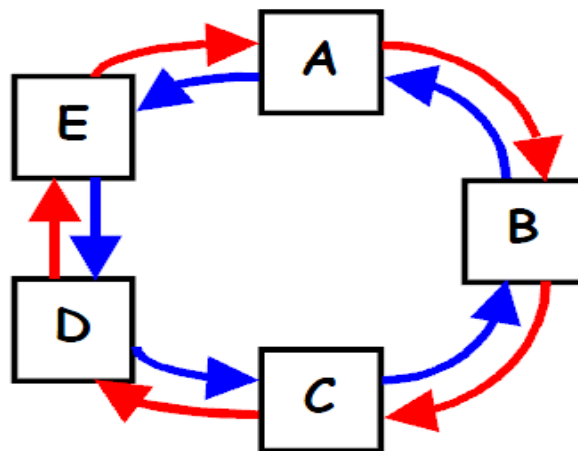


Figure II-36 : anneau bidirectionnel

II-9-3-Protection d'un réseau SDH:

Pour faire face aux défaillances techniques, la SDH réserve des circuits physiques ou logiques qui seront utilisés en cas de difficultés de transmission comme la rupture d'une fibre ou la défaillance d'un équipement de réseau. Dans certaines architectures, les circuits de réserve, peuvent en temps normal, servir à transporter des débits supplémentaires (moins prioritaires).

En cas de défaillance, des délais de reprise sont générés, ils sont généralement compris entre 50 et 100 ms et peuvent atteindre dans certains cas critiques des durées allant jusqu'à 10s.

En effet, ce mécanisme de sécurisation inclut plusieurs types de protection :

II-9-3-1- Protection en ligne MSP (Multiplex Section Protection) :

La protection de section de multiplexage est utilisée pour la sécurisation des structures linéaires ou les liaisons point à point. Un système de transmission sera secouru par un autre système équivalent de protection.

a) Protection 1 + 1 :

Ce type de protection offre deux accès optiques pour le trafic normal (working). Le secours (protect) ne peut pas être utilisé pour le réseau de réserve.

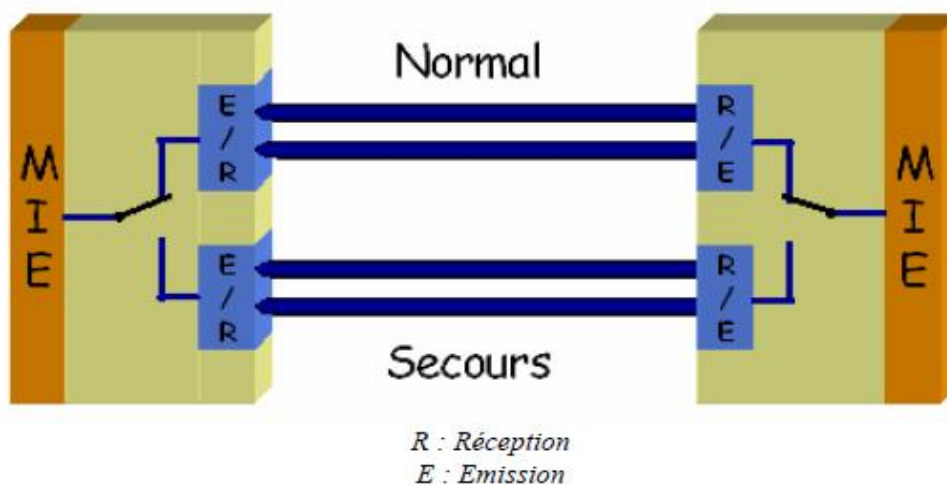


Figure II-37 : protection 1 + 1

b) Protection 1 : 1 ou 1 : n

Dans cette configuration, le secours peut être utilisé pour secourir la liaison normale ou pour réacheminer du trafic (extra-traffic) d'autres artères.

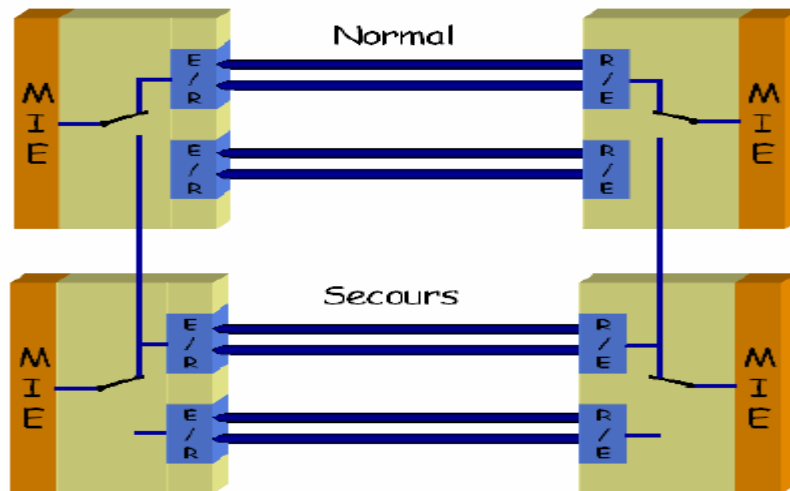


Figure II-38 : Protection 1 :1

II-9-3-2- Protection d'anneau MS (Multiplex Section) :

La protection d'anneau unidirectionnel ou bidirectionnel autoréparable, consiste à protéger la section de multiplexage.

a) Protection d'anneau unidirectionnel USHR (Unidirectionnal Self Healing Ring)

L'émission et la réception du trafic se font sur la fibre 1 dite active (la fibre verte présentée sur la figure II-39), la deuxième (la fibre bleue) est réservée pour la protection.

Si un défaut apparaît au niveau de section de multiplexage pour les deux éléments situés de part et d'autre de défaut (les éléments C et D), du par exemple à une rupture de la fibre normale, la protection s'opère en rebouclant le trafic sur la fibre de secours (figure II-39).

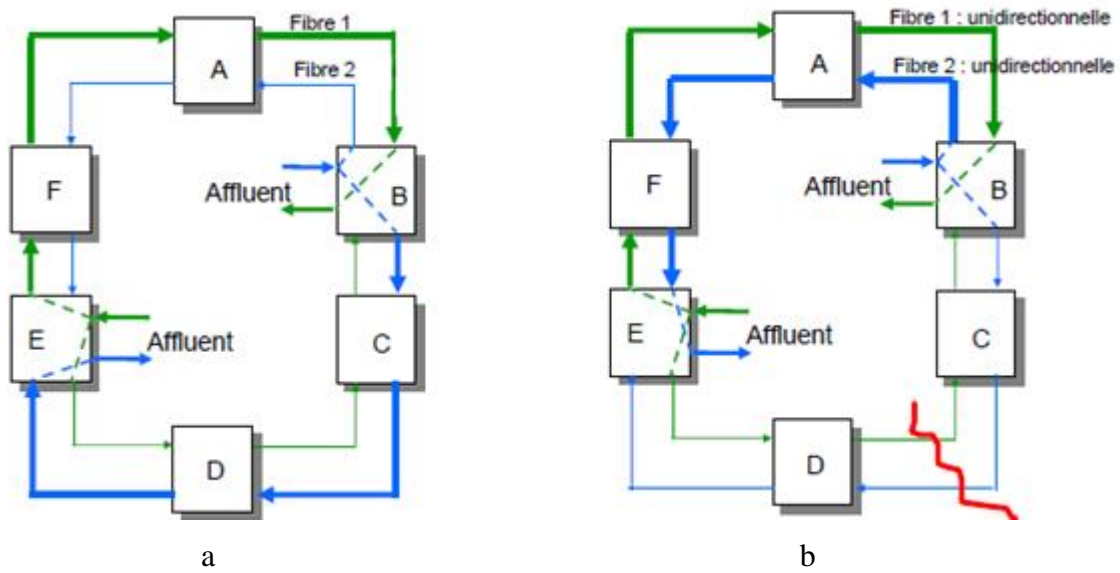


Figure II-39 : Protection d'anneau unidirectionnel à deux fibres

b) Protection d'anneau bidirectionnel BSHR à 2 fibres :

Les trafics émission et réception circulent sur les deux fibres. Chaque fibre réserve 50% de sa bande passante pour la protection (figure II-40-a).

Une interruption est supposée entre les éléments C et D. Dans ce cas le routage du trafic va se faire en utilisant la moitié de la bande passante réservée pour la protection (figure III-40-b).

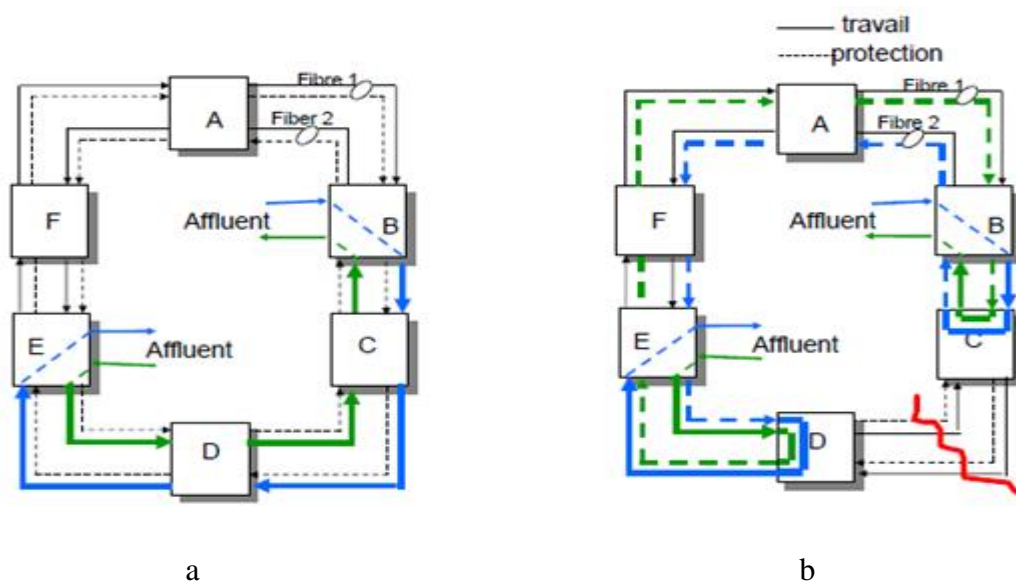


Figure II-40 : protection d'anneau bidirectionnel à deux fibres

II-9-3-3- Protection de conduit SNCP (Sub Network Connexion) (1+1) :

Dans ce type de protection, les éléments réseau sont interconnectés entre eux par deux fibres optiques, l'une achemine le trafic en conditions normales et l'autre sert à la protection du réseau. En conditions normales, le nœud A émet le trafic simultanément sur la fibre normale via B et sur la fibre de secours via E. dans ce cas, le récepteur choisit le meilleur signal lui arrivant des deux sens en termes de qualité. En effet, s'il y a un problème de transmission sur le chemin passant par le nœud B, le nœud C commutera vers la ligne de protection (via E et D) pour la réception de données émises par le nœud A.

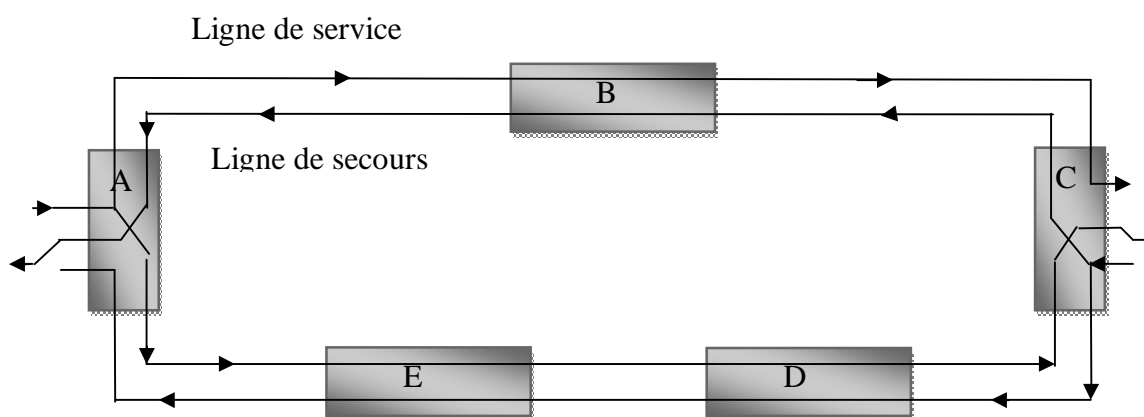


Figure II-41: Protection de conduit

II-9-4- Synchronisation du réseau SDH :

Dans un réseau SDH. Les pertes de données causées par les problèmes de synchronisation sont réduites par l'utilisation dans tous les nœuds du réseau des horloges synchronisées avec une horloge de référence. Ceci est réalisé grâce à la distribution d'une horloge très stable sur tous les éléments du réseau.

Dans un réseau SDH, chaque équipement est synchronisé avec une horloge principale qu'on appelle l'horloge de référence PRC conforme à la recommandation G.811 de L'UIT-T. L'information de référence est distribuée sur tous les nœuds NE du réseau et sert à synchroniser dans chaque élément une horloge esclave SEC, conforme à la recommandation G.813, à partir de laquelle on synchronise les sorties des trames STM-n.

Les différentes étapes de la synchronisation sont organisées suivant une structure hiérarchique constituant une pyramide schématisée par la figure II-42. [5]

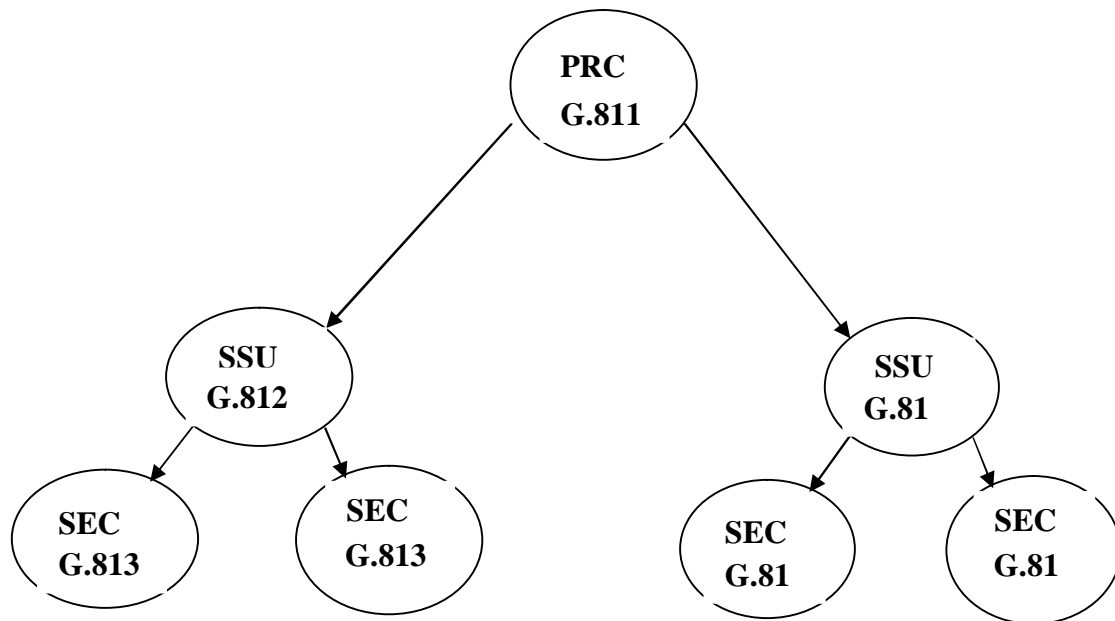


Figure II-42 : Principe de la synchronisation du réseau SDH.

PRC Primary Reference Clock :

C'est la source de référence de rythme pour tout le réseau, elle est doublée par une horloge secondaire SPR (Secondary Reference Clock) qui est souvent une horloge GPS fournit par satellite.

- **SSU** Synchronization Supply Unit :

Cette unité de synchronisation, asservie par la PRC, a pour rôle de distribuer le rythme à certains nombre d'équipement SDH d'un sous réseau.

- **SEC** Synchronous Equipment Clock :

Elle sert à synchroniser l'équipement SDH (MT, MTE et Brasseurs).

II-9-5- Indication de synchronisation :

Les trames STM comportent un octet STS (Status message Byte) dans le sur débit SUH qui permet d'identifier la nature de l'horloge transportée.

PRC: 0010

SRC: 10111

DNU: 1111 (Do Not Use).

II-10- Conclusion:

La structure de la trame permet de faciliter le développement et l'utilisation d'application de gestion de réseau dans un monde multi-industriels.

La SDH permet d'élaborer un modèle d'architecture de réseau et une description d'équipements par blocs fonctionnels afin de répondre aux besoins des utilisateurs.

La SDH réserve des circuits physiques ou logiques qui seront utilisés en cas de difficultés de transmission.

Enfin, l'évolution de SDH permet aujourd'hui d'atteindre des recors en termes de débit. Mais elle fait face à une réalité économique qui est l'apparition d'une nouvelle technologie permettant la mise en place de réseau tout optique de type WDM à Nx10Gbit /s de débit.

III-1-Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons montrer les différentes étapes de mise en service des liaisons de transmission (SDH) point à point via fibre optique au sein du centre d'amplification (CA2) d'Algérie Télécom de Tizi-Ouzou.

Algérie Télécom a le statut d'une entreprise publique, sa naissance remonte au 5 aout 2000, après une restructuration visant le secteur des Postes et Télécommunications, séparant ainsi, les domaines d'activités Postales de ceux des Télécommunications.

Algérie Télécom effectue ses transmissions en utilisant plusieurs réseaux dont :

- Réseaux publics de transmission de données par paquets X25(DZPAC) :7600 accès ;
- Backbone national de transmission à 10 GB/s (SDH) et 80 GB /s (WDM) ;
- Backbone régional de transmission à 2,5 GB/s ;
- Réseau radio rural : 103 réseau intégrant plus de 1500 localités ;
- Plus de 1000 communes (APC) rattachées en fibres optiques.

Les différentes étapes à suivre sont :

- La pose de la fibre ;
- Configuration de l'équipement.

III-2- Le multiplexeur synchrone ADR 155C :

III-2-1-Vue générale de l'équipement ADR 155C :

L'ADR 155C est un multiplexeur à insertion-extraction (add-drop) optique STM-1/STM-4 qui permet de construire des liaisons point à point STM-1/STM-4, des anneaux STM-1 ou STM-4 ou des réseaux maillés, avec protection de conduit (SNC) ou de ligne STM-1 (MSP), réalisant ainsi le transport de liaisons à 2 Mbit/s, 34 ou 45 Mbit/s, Ethernet, STM-1. Les services de type voix sont transportés en mode circuit avec les débits et les interfaces traditionnelles dans les réseaux de transmission (2, 34, 45, 155 Mb/s). Les services de données sont transportés en mode paquets avec un débit de 50 Mb/s.

III-2-2-Utilisation de l'ADR 155C :

L'ADR 155C peut être utilisé en :

- Multiplexeur terminal STM-1 avec une capacité maximale de 63 VC12 et possibilité de protection 1+1.

- Répéteur STM-1, aptitude à régénérer 2 VC4.
- Multiplexeur STM-1 à insertion/extraction avec une capacité maximale de 4 STM-1 et insertion/extraction de 21 VC12.
- Multiplexeur STM-4 à insertion/extraction avec une capacité d'insertion/extraction de 63 VC12 sur 1 AU4 par carte STM-4.

III-2-3-Gestion de l'ADR 155C :

Cet équipement peut être géré:

- par un terminal local avec émulation VT100, nécessaire lors de la première mise en service pour la configuration des paramètres de communication (accès "COMM").
- par un serveur HTTP permettant une exploitation interactive locale ou distante à l'aide d'un navigateur Internet (Web Browser).
- à distance par l'utilisation du protocole de gestion de réseau SNMP (Simple Network Management protocol) via un réseau de gestion NMS (Network Management System) l'utilisation du protocole SNMP permet également la supervision globale du réseau.

Les raccordements du réseau de gestion s'effectuent via les octets de canal de communication de données (DCC) : D1 à D3 ou D4 à D12 des STM-1 ou STM-4, ou sur les interfaces Ethernet (ETH) ou port P (MNGT) de l'équipement.

III-2-4- Description du châssis de l'ADR 155C :

Le SAGEM- ADR 155C se présente sous forme d'un coffret équipé d'une carte regroupant les principales fonctions (alimentation, gestion, brassage, synchronisation). Ce coffret comporte quatre alvéoles destinés à recevoir les différents types d'accès PDH (2, 34, 45, 140 Mb/s).

Le châssis ADR 155C est constitué de :

- Une carte mère dans sa partie inférieure (M).
- Quatre alvéoles (A à D), destinées à recevoir les cartes d'accès.
- Un tiroir situé à gauche du châssis destiné à recevoir le module de ventilation (V).
- Une carte d'alimentation (P).

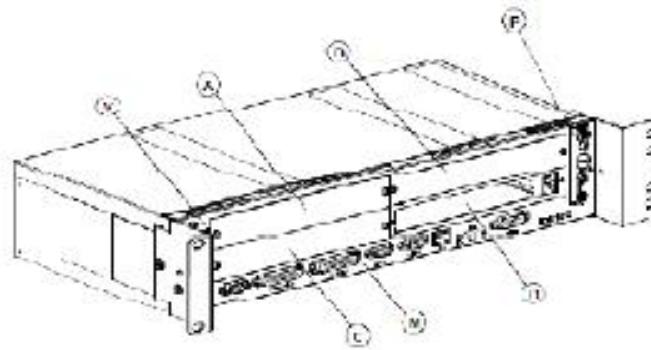


Figure III-1 : Châssis d'un ADR 155C.

III-3-Les différentes étapes de mise en service :

Etape 1-Pose de la fibre optique :

Au niveau d'Algérie Télécom, il existe différents services spécialisés dont le CEL (Centre d'entretien de lignes). Ce service s'occupe de la mise en place de la fibre en respectant certains critères, à savoir l'étude de faisabilité et l'installation de la fibre (une profondeur nécessaire de 80 cm et disposition d'un gréage avertisseur à 40cm de la surface de la terre).

Etape 2- Configuration de l'équipement :

Pour pouvoir communiquer avec l'équipement, on doit le connecter à un ordinateur via un port-série. Pour cela on doit configurer le PC de tel sorte à entrer l'adresse IP de l'équipement ainsi que celle de l'espace de travail. La figure III-2 montre les étapes de création de cette connexion.

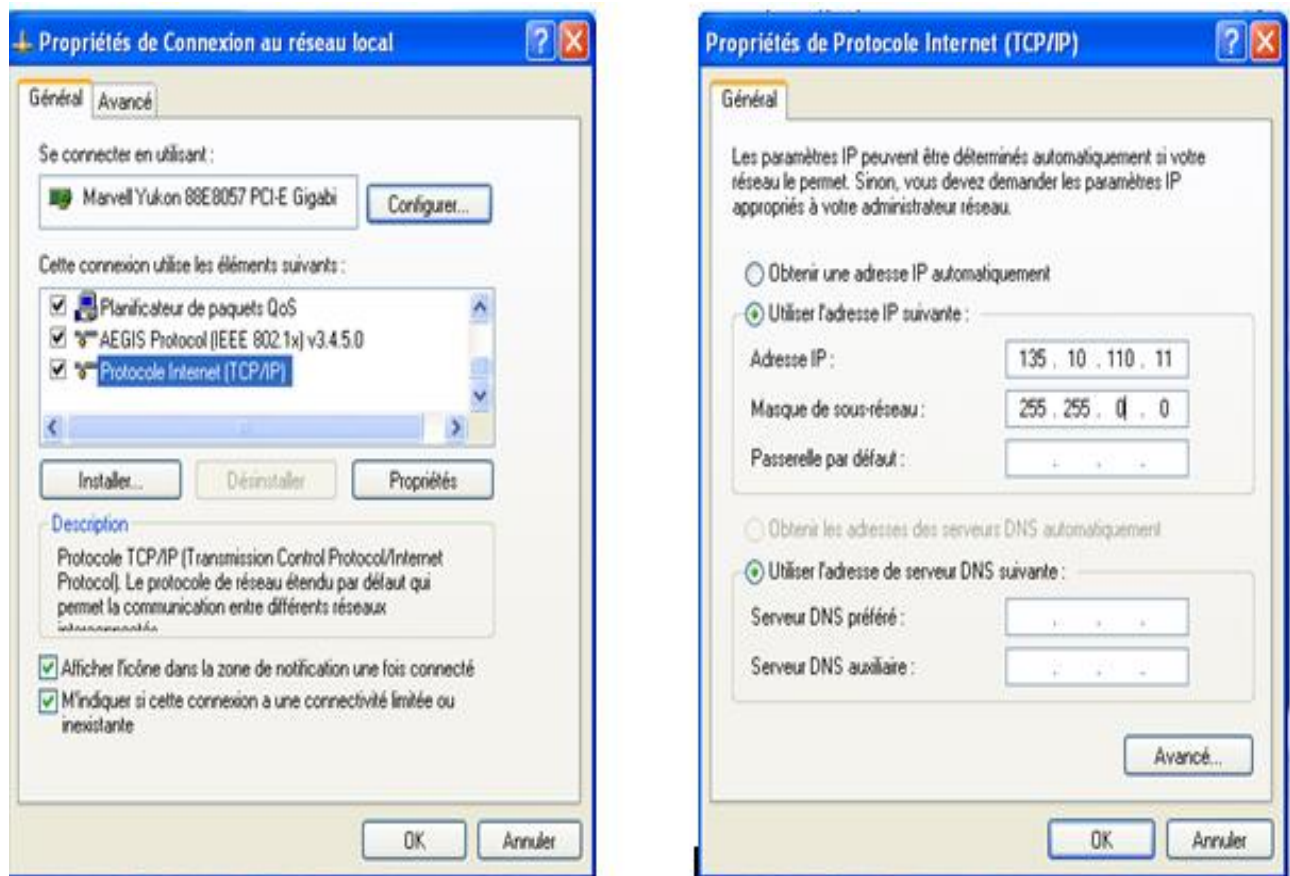


Figure III-2 : Fenêtre de création de la connexion entre PC /Equipement.

a) Lancer le logiciel T2000 (serveur et client) :

Cette étape nous permet d'établir la connexion avec l'équipement, en insérant un nom (ADMIN) et un mot de passe (T2000).

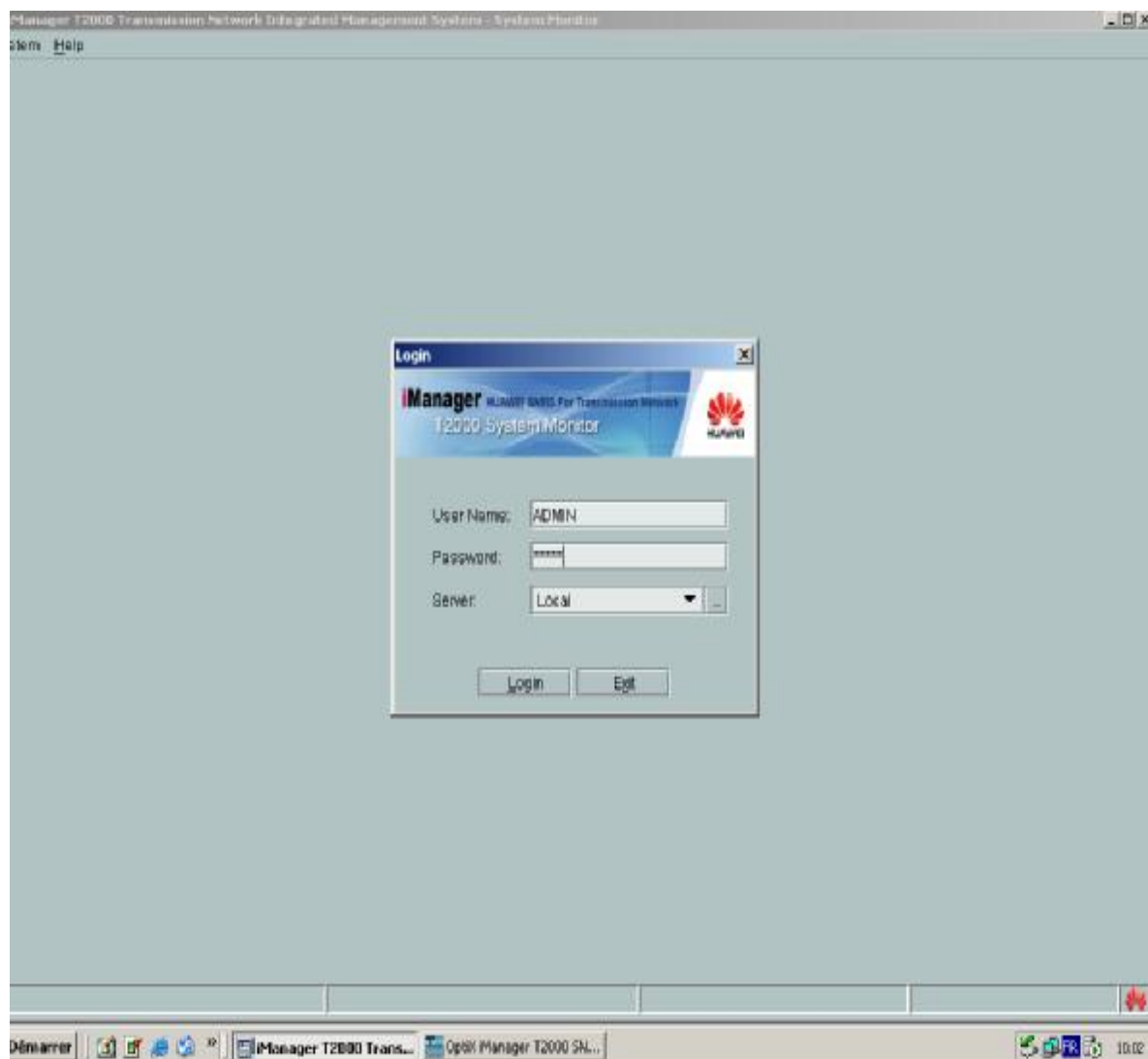


Figure III-3 : Fenêtre de lancement le T2000.

b) Recherche de l'équipement :

Elle est obtenue en cliquant sur « File », ensuite « Search for NE » puis « Start ».

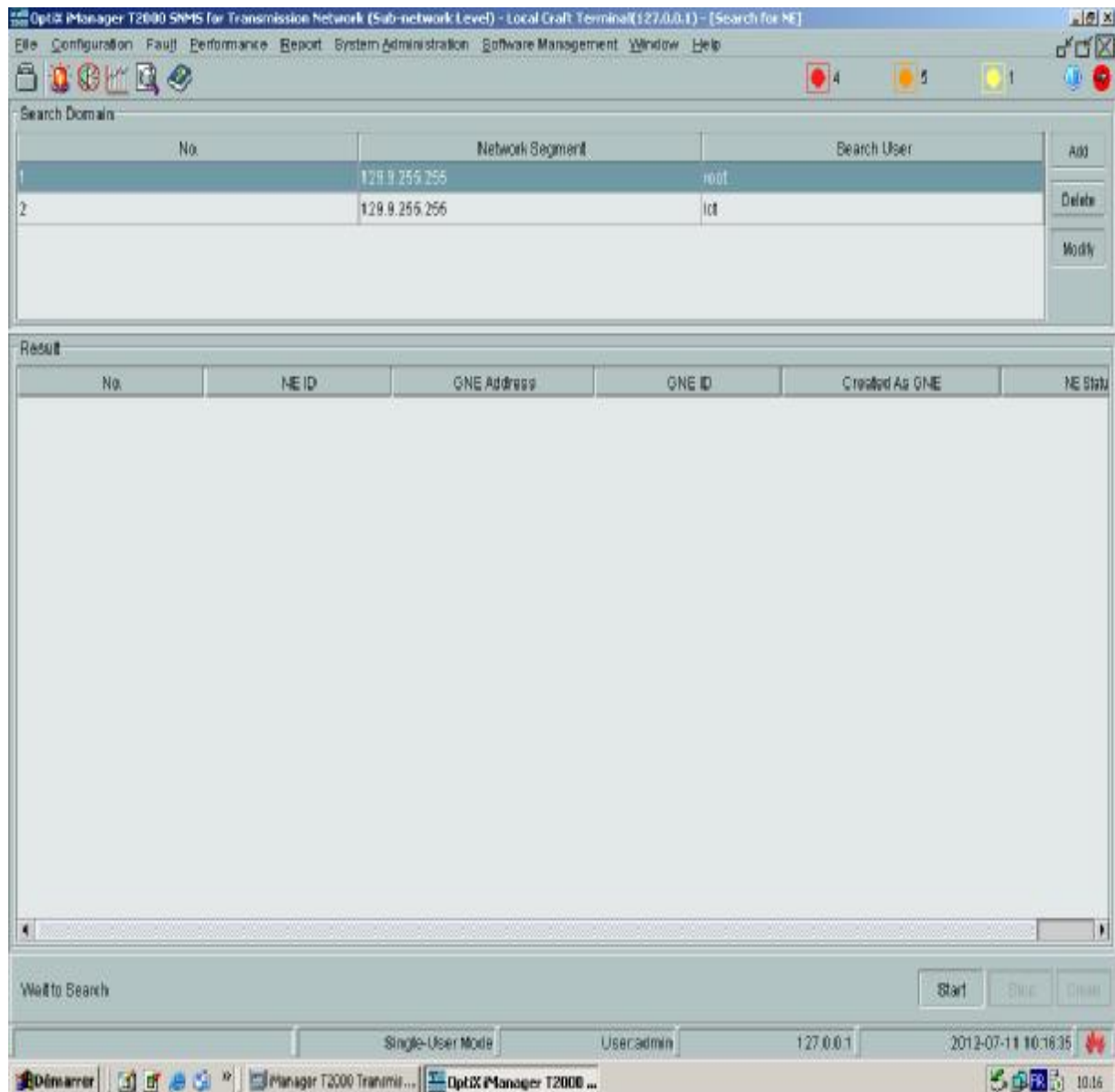


Figure III-4 : Fenêtre de lancement de la Recherche de l'équipement.

c) Configuration de l'équipement :

Cette configuration se fait par étapes dont :

- **Create :**

En cliquant sur l'option « create » de la figure précédente, une fenêtre s'affiche afin d'insérer un « User Name » et un « Password ».

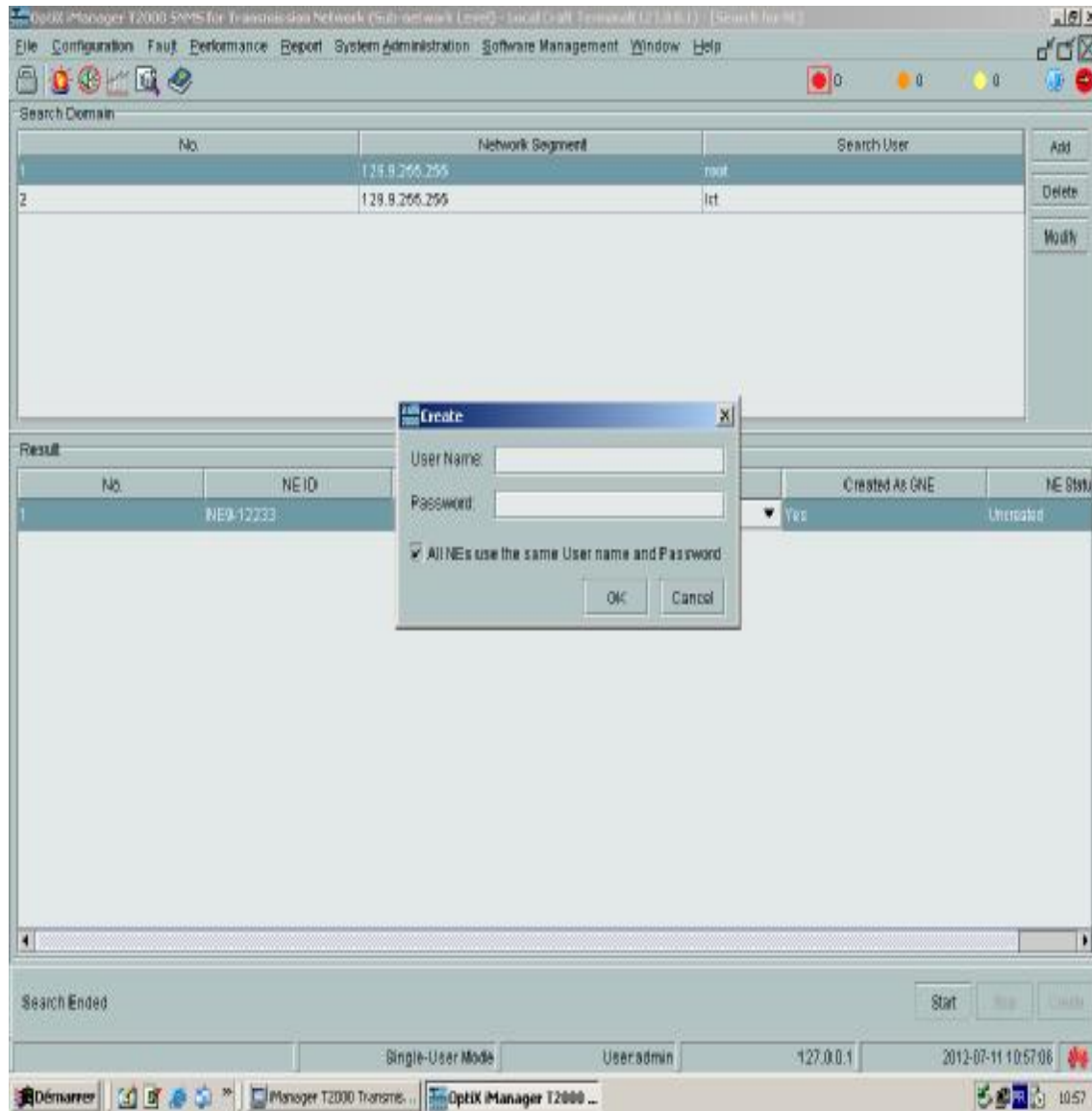


Figure III-5: Fenêtre qui permet d'accéder au manuel de configuration.

- **Modes de configuration :**

Trois modes de configuration sont possibles :

- 1) **Manuel Configuration :**

Ce choix nous permet de configurer manuellement l'équipement.

- 2) **Copy NE Data :**

Si la configuration est déjà faite, nous pouvons la copier directement sur le matériel.

- 3) **Upload :**

Cette étape nous permet d'extraire l'ancienne configuration pour d'éventuels changements.

- **Configuration :**

La configuration des différentes cartes de l'équipement se fait en cliquant sur la liaison « CA2-secteur MDN».

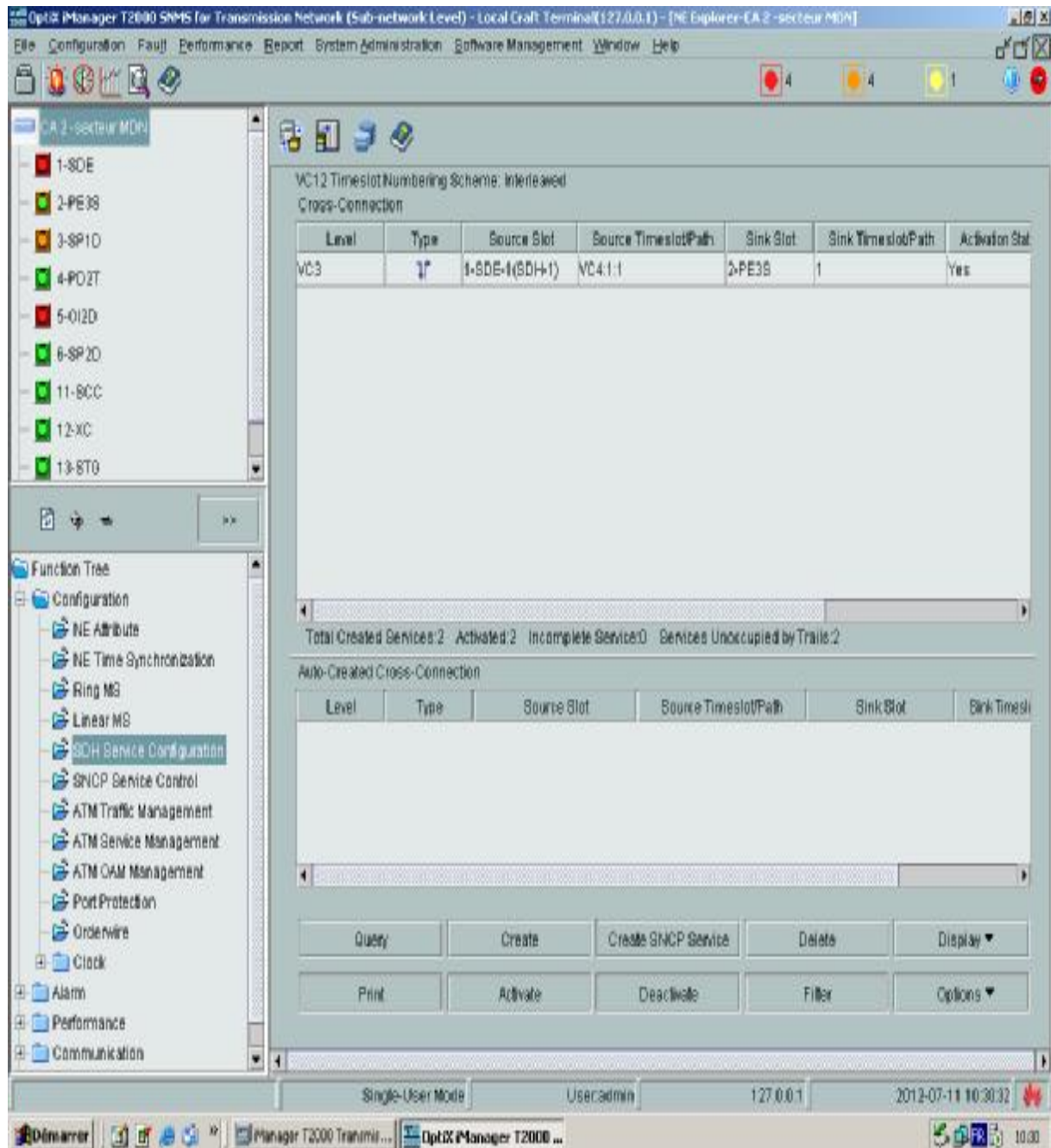


Figure III-6 : Fenêtre de configuration des différentes cartes.

- **Gestion de la trame :**

Ces fenêtres s'obtiennent en cliquant sur l'option « create » de la figure III-5, afin de gérer la STM-1 à savoir les affluents, le routage et le type de la carte en émission ainsi qu'en réception.

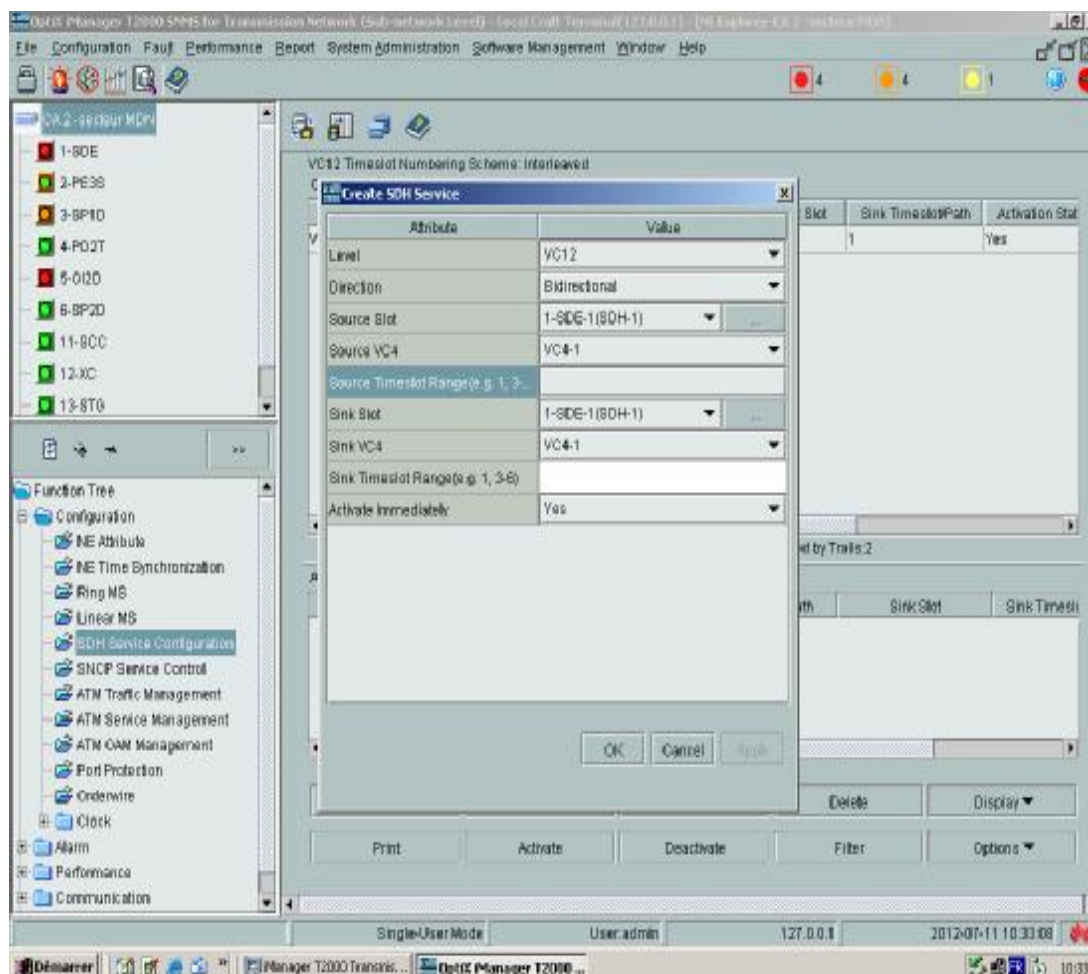


Figure III-7 : Fenêtre qui nous permette de gérer la trame STM-1.

III-4- Test des liaisons :

III-4-1- Les liaisons optiques :

III-4-1-1- Le radiomètre:

Le radiomètre « ACTERNA OLP-55 » (Optical Power Meter-55) est un appareil de test des liaisons optiques utilisé au centre CA2 d'Algérie Télécom. Cet appareil est conçu pour tester tous les systèmes optiques dans des conditions optimales. Le fonctionnement sur batterie avec 4 piles et la conception robuste du boîtier antichoc et anti-éclaboussure garantissent une grande autonomie sur le terrain, même dans les conditions de travail les plus

extrêmes. Le fonctionnement sur secteur via adaptateur AC séparé et l'interface de télécommande USB facilite également l'utilisation de l'appareil au laboratoire.

Le principe de mesure de l'affaiblissement dans une fibre optique s'effectue à l'aide des appareils (Emetteur/Récepteur). Il consiste à envoyer sur la fibre un signal optique d'une longueur d'onde choisie (1550 nm) avec un affaiblissement de 0 dB /Km, et à mesurer le signal reçu à l'autre extrémité. L'atténuation est affichée sur l'écran.

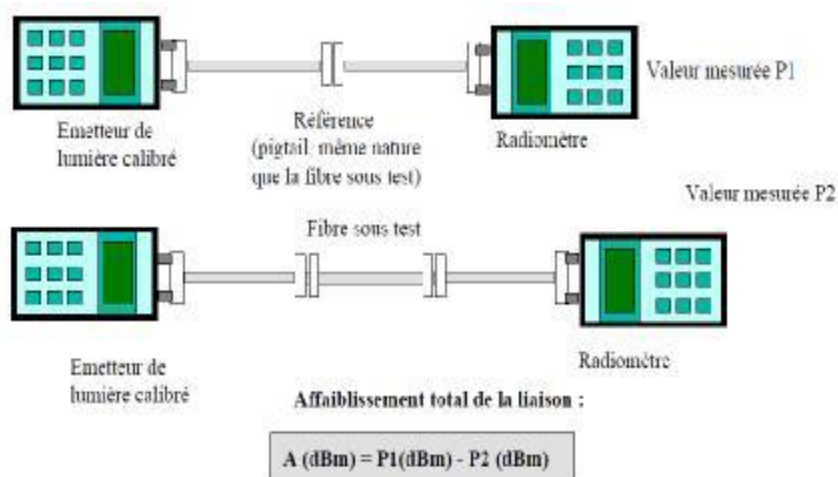


Figure III-8: Principe de la mesure avec le radiomètre.

III-4-1-2- Le réflectomètre :

Le réflectomètre est un appareil de mesure qui permet d'effectuer une analyse détaillée d'une liaison par fibre optique lors de sa mise en service (mauvaise jonction, contrainte,...). Il permet de localiser avec précision les événements et défauts présents sur le lien et de calculer leur atténuation. De plus, l'appareil effectue toutes ces mesures depuis une seule extrémité ce qui permet de simplifier le test.

Le principe de la mesure consiste à injecter une impulsion lumineuse à une extrémité de la fibre optique, à analyser et à observer du même endroit l'intensité optique qui parcourt la fibre dans le sens inverse de l'impulsion.

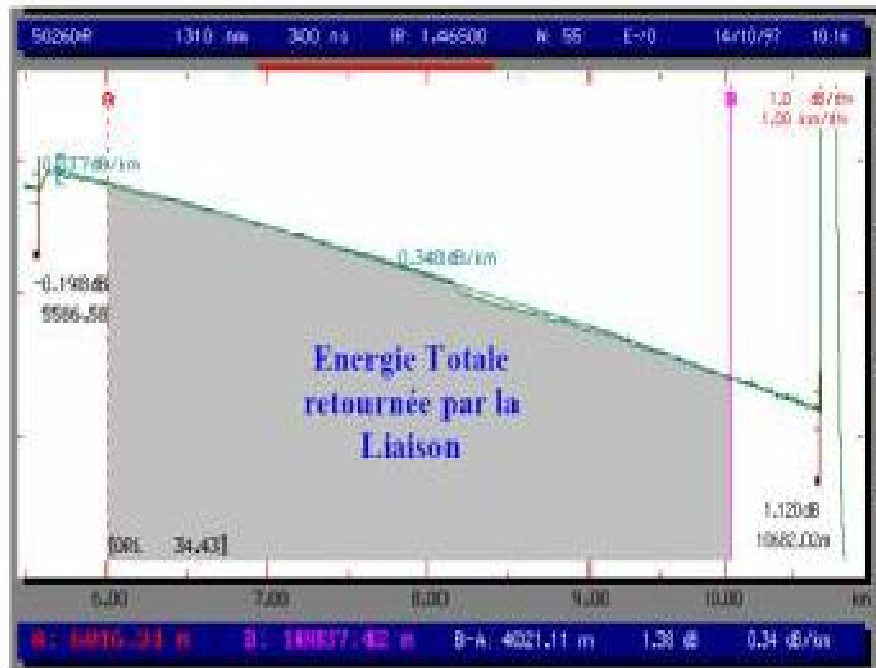


Figure III-9 : Réponse impulsionnelle du réflectomètre.

III-4-2- liaison électrique :

L'appareil qui permet de mesurer le taux d'affaiblissement (erreur) d'une ligne électrique est « l'analyseur de transmission ». (PF4)

Le PF4 est un appareil de test du bon fonctionnement des liaisons électriques, son principe est basé sur la génération d'un signal électrique de débit allant de 2Mb/s à 140 Mb/s. Par ailleurs le test se fait en effectuant un bouclage à la réception, ainsi on peut commencer le test en envoyant un signal électrique sans erreurs ($E=0$) qu'on va récupérer à la réception avec un taux d'erreurs qui peut être :

- $E \leq 10^{-10}$: la liaison est bonne (tolérance).
- $E = 10^{-6}$: Indication d'un problème.
- $E = 10^{-3}$: Coupure du câble.

Conclusion générale

Les progrès réalisés dans le domaine des télécommunications sont tellement importants et rapides, que les structures des systèmes de transmission connaissent un véritable changement. C'est pourquoi il nous a paru nécessaire de commencer ce mémoire par une description des réseaux de télécommunication, des différentes techniques employées ainsi les différents supports de transmission.

L'utilisation de la technologie SDH a un impact considérable sur tous les aspects du service offert à la clientèle. Suite à une interruption de service, les réseaux en anneau reviennent à la normale en quelques millisecondes (inférieur à 50 ms) en cas de discontinuité du câble optique. Le mode de transfert synchrone permet aux équipements multiplex ADM d'extraire le trafic dans l'anneau à fibre optique, avec une combinaison réduite au minimum de circuits électroniques et d'applications logiciels. La limitation des processus de modulation et la diminution du nombre d'équipements en service ont pour effet d'améliorer la fiabilité du service et de limiter les besoins de maintenance.

Au terme de cette étude, nous avons constaté l'importance de la technologie SDH et de la fibre optique afin de produire différents équipements qui vont apporter au réseau des améliorations de service. Ces produits constituent la base de télécommunication à large bande.

Enfin ce mémoire nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de la transmission et d'acquérir une expérience dans le domaine pratique, sur le fonctionnement et la mise en service des équipements de transmission SDH via fibre optique (SAGEME et HUAWEI), tel que l'ADR 155C et l'OPTIX OSN 3500. Ces derniers permettent de construire des liaisons SDH point à point STM-1, avec une synchronisation de bonne qualité et une protection du conduit (SNCP) ou de section (MSP), permettant ainsi le transport des affluents, Ethernet, STM-1.

Bibliographie

- [1] M.SI AMAR, Conception d'un réseau de transmission SDH par fibre optique pour la desserte du gazoduc HASSI R'MEL BORDJ MENAIL, Mémoire de fin d'études Ingénieur, UMMTO, Dpt Electronique, 2001.
- [2] A.AIT SEDDIK, M. HARBANE, Etude de Hiérarchie Numérique Synchrones (SDH) et son application dans le réseau GSM, Mémoire de fin d'études Ingénieur, UMMTO, Dpt Electronique, 2007.
- [3] N. KAABACHE, L. GACEMI, Transmission de donnée par voie optique Mémoire de fin d'études Ingénieur, Institut des Télécommunications Abdelhafidh Boussouf d'Oran, 2006.
- [4] M.BOUBRIK, S.CHAMEK, S. FERHANI, Etude et Application de la transmission SDH via la fibre optique, Mémoire de fin d'études Ingénieur, UMMTO, Dpt Electronique, 2008.
- [5] M. HEMROUNE, I. SCHIFF, Evolution du réseau SDH vers la technologie DWDM Mémoire de fin d'études Ingénieur, UMMTO, Dpt Electronique, 2007.
- [6] A.HAMITOUCHE, H. LAHLOUH, Multiplexage SDH et dimensionnement des réseaux DWDM, Mémoire de fin d'études Ingénieur, UMMTO, Dpt Electronique, 2009.
- [7] M.KASMI, K. BELAID, système de transmission SDH par fibre optique A155Mbits /s, Mémoire de fin d'études Universitaires Appliquées, UMMTO, Dpt Electronique, 2008.
- [8] IRENE ET M. JOINDOT « Les télécommunications par fibre optique », Edition DUNOD.

SITE WEB

- [9] <http://www.monge.univ-mlv.fr/~duris/NTREZO/20022003/SDH.pdf>
- [10] <http://www.ulb.ac.be/students/bep/files/sdh2.0.pdf>

Annexe I

Bande de base : bande de fréquence occupée par un signal avant sa modulation en vue d'une transmission, ou après démodulation.

Cellule : petit paquet de 53 octets comprenant 48 octets de données et 5 octets de supervision.

Débit : mesure la qualité d'information que peut transmettre un canal dans un temps donné, bit par seconde (bit/s) pour les transmissions numériques.

Spécification des recommandations utilisées :

G.707 (10 /00) Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone(SDH), définition des débits.

G.708 (06 /99) Interface de nœud de réseau intra STM-0 pour la hiérarchie numérique synchrone (SDH), structure de la trame SDH.

G.709 (10/00) Format Interface de nœud de réseau pour la hiérarchie numérique synchrone (SDH), format et structure de multiplexage.

Annexe II

I- Le modèle OSI (Open Système Interconnection) :

Le modèle OSI a été mis en place par l'organisme ISO en 1988 (Normalisation ISO 7498), pour l'interconnexion des systèmes ouverts, cette norme permet d'assurer une communication universelle entre les ordinateurs d'un réseau, et d'assurer la compatibilité du matériel, et logiciel réalisé par les concepteurs ; ces normes comportent 7 niveaux du plus physique (matériel) vers le plus logique (application) comme illustré dans la figure suivante :

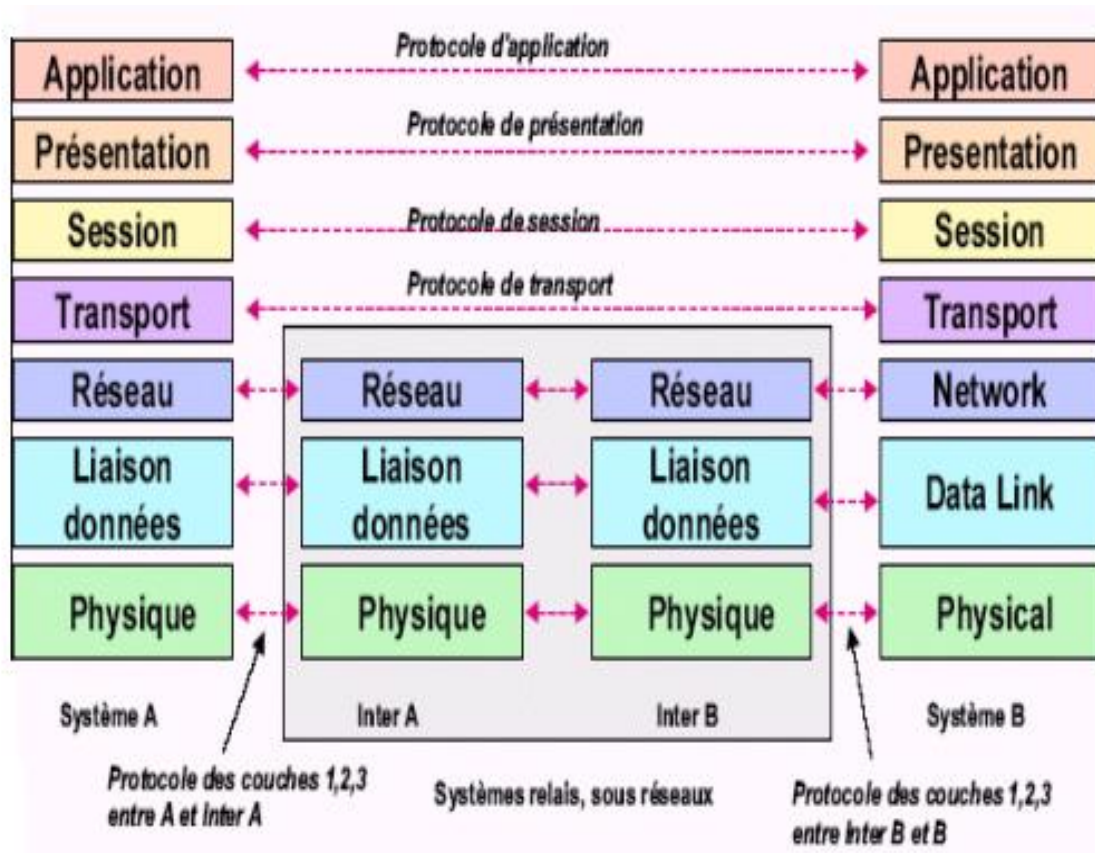


Figure II-1 : Couches fonctionnelles du modèle OSI

I-1-Les différentes couches du modèle :

Niveau 1 : Couche physique: S'occupe de la connexion physique d'une machine avec le réseau.

Niveau 2 : Couche liaison : S'occupe de l'acheminement de trames de données entre deux équipements voisins.

Annexe II

Niveau 3 : Couche réseau : Définit l'unité de données de base transférée sur le réseau entre deux sites extrêmes et inclut les concepts d'adressage et de routage.

Niveau 4 : Couche transport : Assure un contrôle de bout en bout en permettant à un processus destinataire de communiquer directement avec le processus source.

Niveau 5 : Couche session : Définit la manière dont les protocoles peuvent être organisées pour fournir toutes les fonctionnalités dont les programmes d'applications se servent.

Niveau 6 : Couche présentation : Est destinée à supporter les fonctions dont beaucoup de programme ont besoin comme la compression de texte ou la conversion d'image graphique.

Niveau 7 : Couche application : Comprend les programmes qui utilisent le réseau, la messagerie électronique ou le transfert des fichiers.

III-1- Le réseau de télécommunication d'ALGERIE TELECOM :

III-1-1- Description du réseau :

ALGERIE TELECOM (AT) a un réseau multiservice pouvant supporter les services nécessaires à une activité d'opérateur de télécommunication en interne et en externe, à savoir : la vidéo, l'internet, l'interconnexion des réseaux locaux d'entreprises et la téléphonie fixe et mobile. AT en tant qu'opérateur des opérateurs, modernise son réseau de télécommunications par la mise en œuvre du réseau backbone en fibre optique de grande capacité DWDM parallèlement au réseau SDH pour satisfaire les besoins des opérateurs entrants, les banques, les entreprises, et tous les utilisateurs afin de contribuer au mieux au développement national. AT, par le dimensionnement du réseau algérien, tien compte non seulement des prévisions du trafic mais aussi de l'aspect sécurisation, supervision et synchronisation pour une sauvegarde totale du trafic. Pour une meilleure qualité de service et par souci d'une prise en charge efficace de sa clientèle, AT a mis en place son « Call Center » à la disposition de tous.

III-1-2- Architecture du réseau :

III-1-2-1- Le réseau Backbone d'ALGERIE TELECOM:

Le backbone algérien actuel en fibre optique exploite les deux technologies SDH et DWDM en parallèle. Il est constitué de:

- Deux systèmes d'anneaux SDH parallèle à 10 Gb/s et 2.5 Gb/s reliant les trois grandes villes Alger-Oran-Constantine, en bouclant le trafic par la cote et les hauts plateaux (Ouargla)

(Figure III-1 et III-2).

- Un système d'anneau SDH à 2.5 Gb/s pour la connexion du grand sud (figure III-1).
- Une passerelle à 10 Gb/s entre Boughezoul et Laghouat jusqu'à pour l'interconnexion du backbone nord au backbone sud (figure III-1).
- Des boucles régionales à 2.5 Gb/s (Est-Ouest-Sud) (figures III-3, III-4 et III-5).

Les figures suivantes représentent l'architecture du réseau Backbone qu'on vient de citer avant.

Annexe III

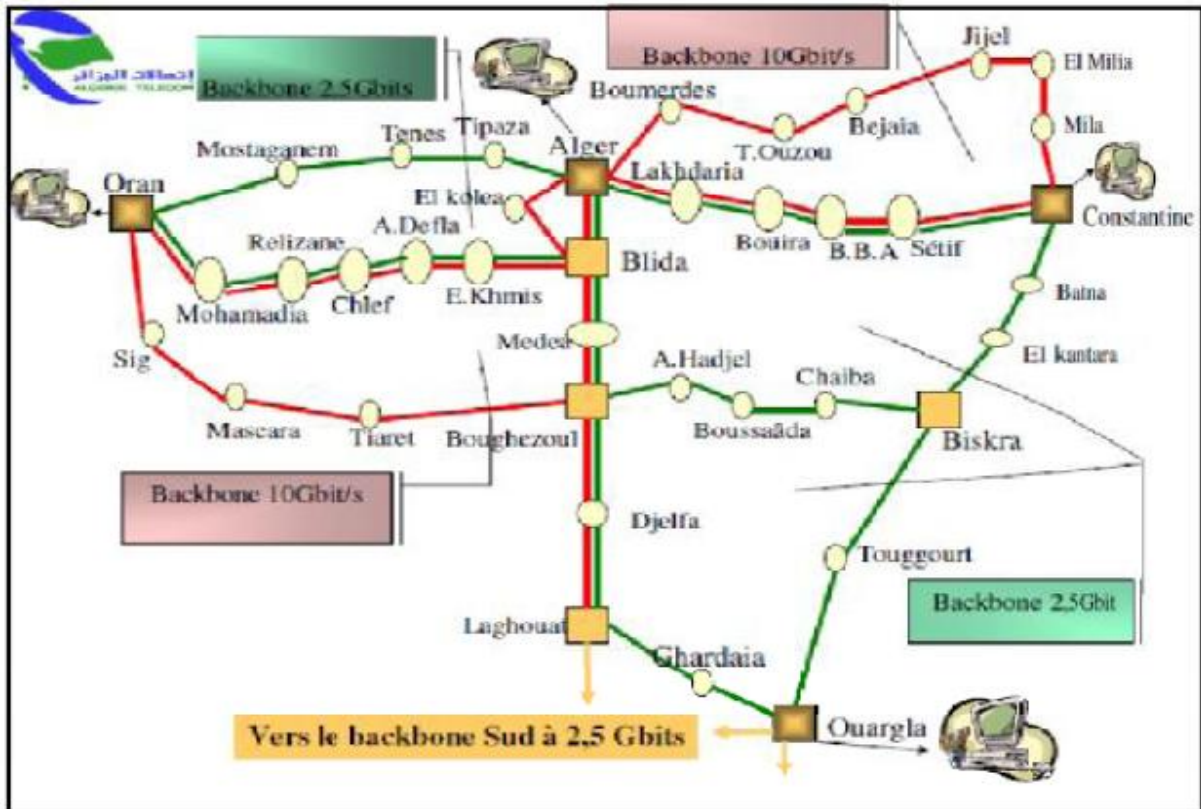


Figure III-1 : Backbone national à 10 Gb/s et 2.5 Gb/s.



Figure III- 2 : Le backbone national nord.

Annexe III

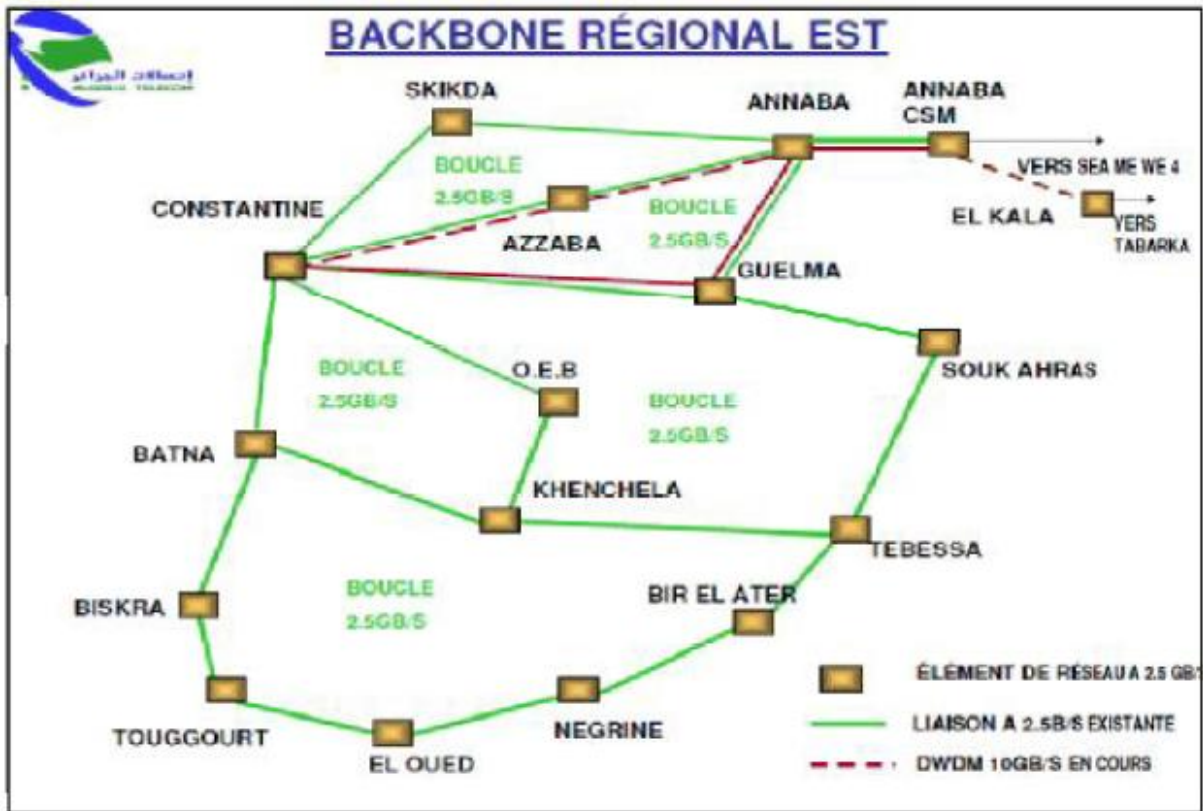


Figure III-3: backbone régional Est à 2.5 Gb/s.

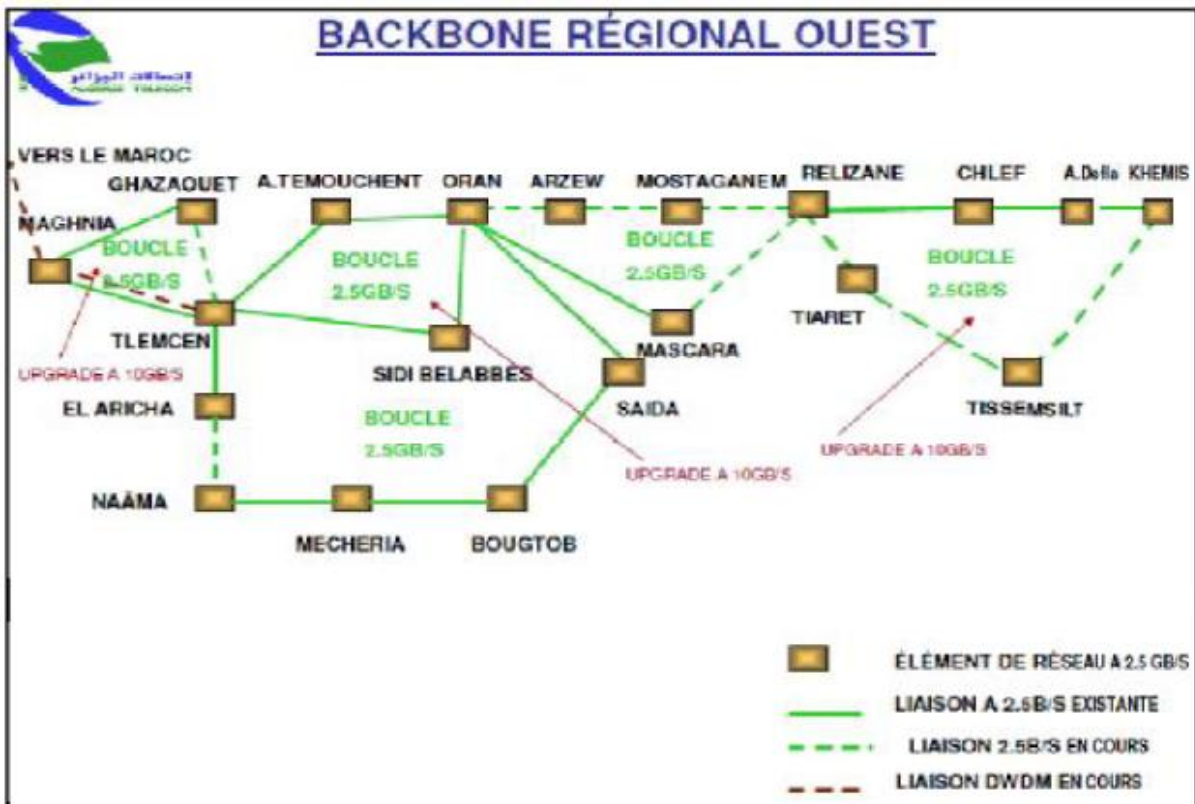


Figure III-4 : Le backbone régional Ouest à 2.5 Gb/s.

Annexe III

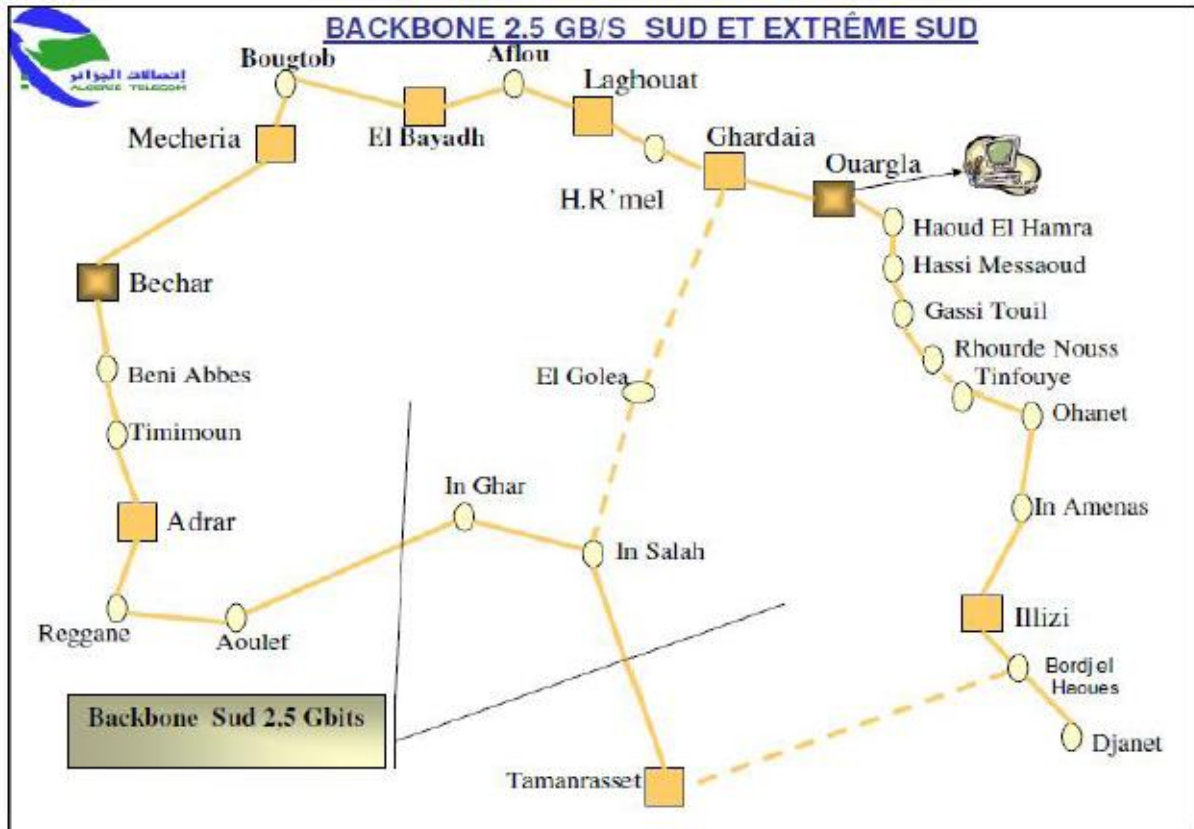


Figure III-5 : Le backbone 2,5 Gb/s Sud.

Glossaire

A

ADM	Add/Drop Multiplexer (Multiplexeur à insertion/extraction)
ADR	Add Drop
AMI	Alternate Mark Inversion Code
ATM	Asynchronous Transfer Mode (mode de transfert asynchrone)
AU	Administrative Unit
AUG	Administrative Unit Group

B

BACKBONE	Réseau fédérateur sur lequel est connecté l'ensemble des réseaux ou sous-réseaux
-----------------	--

C

C-n	Container d'ordre n
CCITT	Comité consultatif international télégraphique et téléphonique (nouvelle appellation : UIT-T)

D

DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
DXC	Digital cross-connects : brasseur

E

E₁	Electrical signal interface, 2048 Ko
Ethernet	Norme définissant la transmission de données sur un câble

F

FDM	frequency division multiplexing
------------	---------------------------------

Glossaire

FH	Fisceaux hertziens
FO	Fibre Optique
H	
HDBn	High Density Binary
Hz	Hertz (cycles par seconde)
I	
IP	Internet Protocol (protocole réseau correspondant à la couche du modèle OSI)
ISO	International standard organisation : organisme international chargé de la normalisation
IT	Intervalle de temps
ITU	International télécommunication union, ex-CCITT, voir UIT-T.
L	
LAN	Local Area network : réseau de zone urbaine.
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
M	
MAN	Métropolitain area network : réseau de zone urbaine.
MIC	Modulation par insolation codées
MIE	Multiplexeur d'Insertion/Extraction
MS-SRING	Multiplex Section Shared Protection
MSOH	Multiplex Section OverHeard
MSP	Multiplex Section Protection
MUX	Multiplexeur
N	

Glossaire

NNI Network Node Interface

O

OH Overheard

ON Overture Numérique

OSI Open système interconnexion

P

PCM Pulse code modulation (voir MIC)

PDH Plesiochronous digital hierarchy: hiérarchie numérique plésiochrone

POH Poth OverHard: sur débit de conduit

PTR Pointeur

R

REG Régénérateur

RNES Réseau numérique à intégration de services

Routage Opération d'acheminement d'une information (paquet, trame, ...) à travers un réseau ou une interconnexion de réseau. En utilisant des répéteurs, ponts, routeurs ou passerelles selon la couche de protocole retenue.

RSOH Régénération Section OverHead

S

SDH Synchronous Digital Hierarchy: Hiérarchie numérique synchrone

Slot Intervalle de temps élémentaire en TDMA qui peut accueillir un burst

SOH Section OverHead sur-débit de section

SONET Synchronous Optical NETwork

STM-n Synchronous Transfer Module level-n

Glossaire

Synchrone ensemble ; écart constant entre 2 signaux

T

TDMA Time Division Multiplexing Access

TM terminal Multiplexer: multiplexeur terminal

Trame ensemble d'informations véhiculées par le niveau 2 (OSI) d'un réseau

TU-n Tributary Unit level n

TUG Tributary Unit Group

U

UIT Union International des télécommunications (ex- CCITT)

UIT-T Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UI (UIT, ex-CCITT)

V

VC-n Virtual container level n : container virtuel d'ordre n

W

WAN Wide area network: réseau longue distance

WDM Wavelength division multiplexing: multiplexage en longueur d'onde

X

XDR External Data Representation

Résumé

C'est vers la fin des années 80, qu'a été introduite la hiérarchie numérique synchrone SDH. Algérie Télécom s'est lancée dans le processus de modernisation de son réseau de télécommunication par la mise en œuvre du backbone. La technique SDH offre aujourd'hui des solutions de transport totalement maîtrisées, sécurisées et compétitives.

Le but de notre travail consiste à étudier et à mettre en œuvre une simulation de la technique de transmission SDH via fibre optique au sein du réseau d'Algérie Télécom.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre présente des notions générales sur la transmission de données. Le deuxième chapitre est consacré à une description de la technologie SDH. Le troisième chapitre porte sur l'application de la transmission SDH au niveau du CA2 d'Algérie Télécom et on termine avec une conclusion générale.

Ce mémoire nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de la transmission et d'acquérir une expérience dans le domaine pratique.