

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes De MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies Filière : Electronique

Option : **Télécommunications et réseaux**

Thème :

**Etude d'un réseau intranet par
fibre optique**

Promoteur :

Mr. ZIANI R.

Etudié par :

Mr. LAOUBI M'hena

Co-promotrice :

M^{me}. OUNOUH O.

Promotion 2017

Remerciements

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé à Algérie Télécom au centre CRMET de Tizi-Ouzou.

Je tiens tout d'abord à remercier Madame **OUNOUH** pour m'avoir accueilli au sein de son centre. Je voudrais aussi la remercier pour sa disponibilité et du temps consacré à ce travail.

Je remercie également tous les membres du centre CRMET pour la bonne humeur qu'ils apportent au sein du centre et pour leurs aides à finir ce travail.

J'exprime ma profonde reconnaissance à Monsieur **ZIANI REZKI** qui a su encadrer et diriger ce travail pour m'aider à le mener à bien.

Mes remerciements les plus vifs s'adressent aussi aux messieurs le président et les membres de jury d'avoir accepté de lire et de juger ce mémoire.

Je tiens à remercier particulièrement mes parents et ma famille pour leurs encouragements à réaliser ce mémoire.

Je ne saurais terminer sans remercier l'ensemble des collègues et amis qui m'ont aidé et supporté (dans tous les sens du terme) durant ma vie universitaire. Un grand merci à vous tous.

Merci





DEDICACE

*J*e dédie ce modeste travail, A:

- ❖ *Mes très chères parents pour leurs soutiens durant toutes mes études que DIEU me les garde ;*
- ❖ *Mon très cher frère « Mohand » ;*
- ❖ *Mes très chères sœurs « Lilia », « Kahina » et « Hayet » ;*
- ❖ *Ma famille petite et grande sans exception ;*
- ❖ *Touts mes amis (es) et mes collègues ;*



❧ M'HEINA ❧

Sommaire

<i>Introduction générale</i>	1
<i>Chapitre. I. Transmission de l'information</i>	
Introduction	3
I.1. Théorie d'information	3
I.1.1. Les type d'information	3
I.1.2. Stockage de l'information.....	4
I.2. Définition de transmission de l'information	4
I.3. Constitution d'une liaison de données	4
I.4. Les modems	5
I.4.1. Type de modulation	6
I.4.2. Les différents modèles de modems	6
I.4.3. Utilisation des modems	7
I.5. Modes de transmission.....	7
I.5.1. Transmission synchrone et asynchrone	7
I.5.2. Le sens de transmission	8
I.5.3. Transmission série et parallèle	10
I.6. Les techniques de transmission de l'information	12
I.6.1. Transmission en bande de base	12
A. Le codage NRZ	12
B. Code Manchester (biphasé)	13
C. Le codage Miller	14
D. Le codage bipolaire simple (AMI)	14
I.6.2. Transmission par transposition de fréquence	15
A. Modulation d'amplitude (AM).....	15
B. Modulation de fréquence (FSK).....	16
C. Modulation de phase	16
D. Modulation hybride	16
I.7. Le multiplexage	16
I.7.1. Multiplexage temporel.....	17
I.7.2. Le multiplexage fréquentiel	18
I.7.3. Le multiplexage en longueur d'onde (WDM).....	19
I.8. Canal de communication	20
I.9. Supports de transmission	21
I.9.1. Câble coaxial	21
I.9.2. Les faisceaux hertziens.....	22
I.9.3. La paire torsadée.....	23
I.9.4. Satellite de communication	24
I.9.5. La fibre optique.....	25
I.10. Caractéristiques d'un support de transmission	26
I.10.1. La bande passante	26
I.10.2. Le bruit.....	26
I.10.3. Affaiblissement.....	27
I.10.4. Déphasage.....	27

Chapitre. II. Transmission sur fibre optique

Introduction	28
II.1. Présentation de la fibre optique	28
II.1.1. Définition de la fibre optique	28
II.1.2. Constitution d'une fibre optique	28
II.1.3. La fibre double gaine.....	29
II.1.4. Principe de propagation de la lumière	30
II.1.5. Les modes d'une fibre optique.....	31
II.1.6. Fabrication de la fibre optique	31
II.1.7. La durée de vie d'une fibre optique.....	32
II.2. Les types de fibre optique.....	32
II.2.1. Fibres monomodes.....	32
II.2.2. Fibres multimodes	33
II.2.3. La différence entre la fibre monomode et la fibre multimode.....	34
II.3. Les effets non linéaire de la fibre optique.....	34
II.4. Caractéristiques de la fibre optique.....	35
• Ouverture numérique.....	36
• Perte de signal ou atténuation.....	36
• La bande passante.....	37
• Dispersion.....	38
II.5. Télécommunication optique.....	38
II.5.1. Circuit optique	38
II.5.1.1. Réseaux de transport optique.....	39
A. Le système WDM.....	39
B. Le système SDH.....	40
C. Le système PDH.....	41
II.5.2. Les émetteurs et les récepteurs optiques	41
II.5.2.1. Les émetteurs optiques	42
A. La source	42
B. Modulation optique	44
II.5.2.2. Le récepteur optique.....	46
A. Photo-détecteur.....	46
A.1. Les photodiodes PIN	46
A.2. Les photodiodes à avalanche (APD)	47
II.5.3. Les amplificateurs optiques	47
A. Les amplificateurs optiques (EFDA).....	48
B. Les amplificateurs à effet Raman.....	48
C. Les amplificateurs à semi-conducteur	48
II.6. Connecteur fibre optique.....	49
II.6.1. Caractéristiques des connecteurs fibre optique.....	51
II.7. Raccordement des fibres optiques.....	51
II.7.1. L'épissure.....	51
II.7.2. L'utilisation de connecteurs.....	52
II.8. Les avantages de la fibre optique	52

Chapitre. III. Réalisation de projet MICL 2015

Introduction	53
III.1. Présentation d'organisme de travail	53
III.1.1. Algérie Télécom	53
III.1.2. Présentation de centre d'accueil CRMET de Tizi-Ouzou	54
III.2. Etude de la réalisation de projet MICL	54
III.2.1. L'outil de programmation	54
III.2.1.1. Logiciel U2000 / E300	54
III.2.1.2. ULAF+	54
III.2.2. Technologies utilisée	55
III.2.3. Les équipements utilisés	55
III.2.3.1. Modem	55
III.2.3.2. Terminal numérique de ligne optique	56
III.2.3.3. Optix OSN 2000	56
III.2.3.4. Le métro 1000	57
III.2.4. Exploitation des équipements	58
III.2.4.1. Configuration des modems	58
• Les étapes de configuration	58
III.2.4.2. Configuration d'optix OSN 2000 huawei	64
• Description des cartes d'OSN 2000	64
• Les étapes de configuration	65
III.2.4.3. Configuration d'équipement S200 ZTE	73
• Description des cartes de l'équipement S200 ZTE	73
• Les étapes de configuration	73
III.3. Projet MICL à Tizi-Ouzou	78
• Schéma de transmission de projet MICL wilaya de Tizi-Ouzou	80
III.3.1. Exploitation de LS data de daïra de Tizi-Ouzou	81
• Schéma de transmission de LS data daïra de Tizi-Ouzou	55
III.4. L'interconnexion des wilayas d'Algérie au projet MICL	83
• Projet MICL de 48 wilayas	84
Conclusion	85
Conclusion générale	86
Références bibliographiques	

Liste des figures

Chapitre I : Transmission de l'information

Figure I.1 : éléments d'une liaison de données	4
Figure I.2 : principe du modem.....	6
Figure I.3 : mode synchrone	8
Figure I.4 : mode asynchrone	8
Figure I.5 : liaison simplex	9
Figure I.6 : liaison half-duplex.....	9
Figure I.7 : liaison full-duplex	10
Figure I.8 : liaison parallèle	10
Figure I.9 : transmission série	11
Figure I.10 : transformation parallèle-série.....	11
Figure I.11 : transformation série-parallèle.....	12
Figure I.12 : le codage NRZ	13
Figure I.13 : exemple de codage Manchester Biphase	13
Figure I.14 : codage Miller	14
Figure I.15 : codage bipolaire	14
Figure I.16 : principe de transmission en large bande	15
Figure I.17 : modulation d'amplitude	15
Figure I.18 : modulation de fréquence	16
Figure I.19 : modulation de phase.....	16
Figure I.20 : le multiplexage	17
Figure I.21 : multiplexage temporel.....	17
Figure I.22 : multiplexage temporel synchrone	18
Figure I.23 : multiplexage fréquentiel	19
Figure I.24 : multiplexage en longueur d'onde.....	19
Figure I.25 : les types de WDM.....	20
Figure I.26 : chaîne de transmission de données	20
Figure I.27 : le câble coaxial.....	22
Figure I.28 : transmission par faisceau hertzien	22

Figure I.29 : la paire torsadée	23
Figure I.30 : les différents types de la paire torsadée	24
Figure I.31 : satellite de communication.....	25
Figure I.32 : La fibre optique	25
Figure I.33 : exemple de signal bruité	26
Figure I.34 : l'atténuation et le retardement subis pour un signal sinusoïdal	27

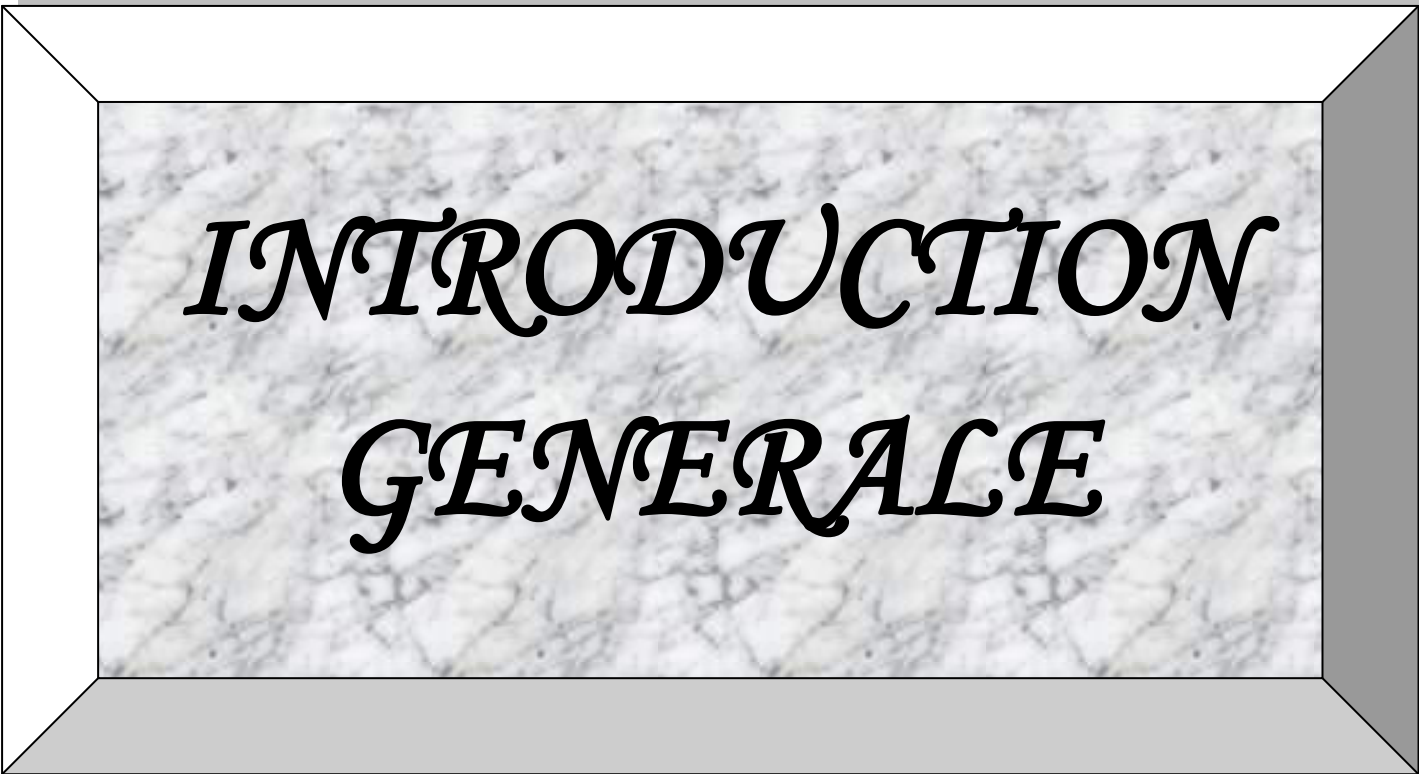
Chapitre II : Transmission sur fibre optique

Figure II.1 : Fibre optique.....	28
Figure II.2 : Constitution de la fibre optique	28
Figure II.3 : Constitution fibre à double gaine.....	29
Figure II.4 : Principe de guidage optique	30
Figure II.5 : Fibre monomode.....	33
Figure II.6 : Fibre à saut d'indice	34
Figure II.7 : Fibre à gradient d'indice	34
Figure II.8 : Ouverture numérique.....	36
Figure II.9 : Circuit optique	39
Figure II.10 : Principe de WDM.....	39
Figure II.11 : Principe de SDH	40
Figure II.12 : Diagramme de la hiérarchie PDH.....	41
Figure II.13 : Liaison optique	41
Figure II.14 : Structure de diode électroluminescente	42
Figure II.15 : Principe de fonctionnement d'une LED	43
Figure II.16 : Constitution d'un laser	44
Figure II.17 : Modulation directe	45
Figure II.18 : Modulation externe	46
Figure II.19 : Principe d'un amplificateur optique	47
Figure II.20 : Principe de l'amplificateur à fibre dopée	48
Figure II.21 : Connecteur optique ST	49
Figure II.22 : Connecteur optique SC.....	50
Figure II.23 : Connecteur optique FC.....	50

Figure II.24 : Connecteur optique LC	50
---	-----------

Chapitre III : Réalisation de projet MICL 2015

Figure III.1 : Modem Siemens.....	55
Figure III.2 : Terminal numérique de ligne optique	56
Figure III.3: Optix OSN 2000.....	57
Figure III.4:S200 ZTE	57
Figure III.5:S325 ZTE	57
Figure III.6 : Le métro 1000.....	58
Figure III.7 : Manière d'interconnexion des APC.....	78
Figure III.8 : d'interconnecter les daïrates.....	78



***INTRODUCTION
GENERALE***

Introduction générale

La communication est indispensable dans la vie humaine. L'être humain a toujours cherché à améliorer sa façon de communiquer avec les autres depuis son existence sur la terre. L'homme a ainsi connu différentes manières de communiquer, par la lettre, le télégraphe, le téléphone ... etc. Depuis une trentaine d'années, ces types de communication n'ont cessé de se moderniser et d'être de plus en plus rapides pour mieux servir les utilisateurs.

La communication par câble (ligne téléphonique, câble coaxial...etc.) est apparue après plusieurs années de recherche mais ces supports de transmission sont limités devant le flux d'informations qui circule dans les réseaux de télécommunications, jusqu'à l'apparition de la fibre optique du fait qu'elle est plus rapide et moins volumineuse que les autres supports.

La fibre optique est devenue un des média les plus utilisés pour transporter tous types de données (audio, vidéo, Internet) après avoir supplanté les autres supports de transmission. Ce choix est dû aux efforts soutenus des chercheurs dans le domaine des télécommunications optiques.

L'optique est aujourd'hui le support idéal pour la transmission dans les réseaux de télécommunication, en offrant la capacité nécessaire pour tout ce trafic d'informations qui circule dans les réseaux. L'optique commence aussi à apporter une flexibilité élémentaire, à travers commutateurs et sous-systèmes accordables. Un réseau optique complet a besoin d'un ensemble large de technologies, non seulement optiques, mais également électroniques, logicielles et architecturales.

Le premier réseau de transmission numérique était basé sur la hiérarchie numérique plésiochrone (PDH) mais cette hiérarchie s'est retrouvée incapable de satisfaire les exigences croissantes des réseaux de transmission modernes, d'où la nécessité d'une nouvelle hiérarchie numérique synchrone (SDH).

Le SDH repose sur le même principe que la hiérarchie numérique (PDH). Cette nouvelle technologie définit de nouveaux niveaux administratifs qui découlent de l'entrelacement direct des octets pour un traitement plus souple des voies de transmission et pour une gestion plus élaborée. Mais cette hiérarchie fait face à une réalité économique qui est l'apparition d'une nouvelle technologie de type WDM.

Le WDM permet la mise en place de réseau de transmission tout optique. Cette nouvelle technique permet de transporter plusieurs signaux sur une seule fibre optique et cela en leur affectant une longueur d'onde différente.

L'objectif de ce travail est d'étudier la réalisation d'un réseau intranet au profit du ministère intérieur des collectivités locales (MICL) à travers le réseau de transmission d'Algérie Télécom.

Introduction générale

Le mémoire est structuré en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à des notions sur l'information en général et les différentes techniques de transmission utilisées. On y propose aussi une étude des différents supports de transmission et leurs caractéristiques.

Le deuxième chapitre a donné la structure et les des différents types de la fibre optique et ses caractéristiques de transmission. On a fait aussi une étude sur les réseaux de transport optiques, les amplificateurs optiques et une étude sur les émetteurs et les récepteurs optiques utilisés dans le réseau de transmission optique.

Le troisième chapitre présente les différents moyens technologiques et logiciels utilisés pour réaliser le projet MICL.



Chapitre I

Introduction

Par le passé, la transmission de données ne représentait qu'une petite partie des télécommunications. Aujourd'hui le développement des techniques digitales et l'apparition d'Internet permettent de réaliser les services téléphonie, radio et télévision et bien plus, par le biais de la transmission de données.

Dans ce chapitre, nous présentons les principales caractéristiques de la transmission des données, ensuite nous citons les différents supports de transmission et leurs caractéristiques.

I.1. Théorie d'information

La théorie de l'information a vu le jour avec le développement des télécommunications et des ordinateurs. Dans le cas de la télécommunication, par exemple, le problème était de transmettre des données avec la vitesse la plus grande, compte tenu des propriétés de la ligne. Plusieurs notions fondamentales ont été ainsi introduites en particulier par Harley et par Shannon. [1]

Dans la théorie de communication développée par Shannon, il s'agit d'étudier la meilleure manière de communiquer avec une source d'information.

I.1.1. Les type d'information

Les informations transmises peuvent être réparties en 2 grandes catégories :

A) Les données continues ou analogiques

Il s'agit de la variation continue d'un phénomène physique qui possède une infinité de valeurs possibles entre deux limites.

Exemples : voix, images fixes, images animées.

B) Les données discrètes

L'information correspond à un assemblage d'une suite d'éléments indépendants les uns des autres et dénombrable. Une suite discrète possède un nombre finis d'éléments.

Exemple : un texte, qui est un ensemble de lettres ou de symboles qui forment des mots.

I.1.2. Le stockage de l'information

A) Les supports de stockage optique

Pour le stockage de l'information les supports optiques utilisent les phénomènes optiques pour lire et écrire l'information dont font partie :

- ✓ Les CD et les DVD
- ✓ Les disques durs

B) Capacité de stockage de support optique

La capacité de stockage correspond au nombre de bits que l'on peut écrire sur un support optique mais cette capacité est limitée par le phénomène de diffraction du faisceau lumineux. Aujourd'hui, la fabrication de faisceau de longueur d'onde a permis d'augmenter la capacité de stockage des supports optiques.

I.2. Définition de transmission de l'information

La transmission des données est le fait de faire passer l'information d'un émetteur à un récepteur par un support de transmission. La transmission de l'information sur le support de transmission peut être analogique ou numérique selon que le signal transporté varie de manière continue ou discrète dans le temps, et que son espace de valeurs est infini ou fini.

I.3. Constitution d'une liaison de données

La communication entre des systèmes informatiques s'effectue grâce à des liaisons dont les principaux éléments sont définis par des normes dans le cadre du CCITT (Comité Consultatif International des Téléphones et Télégraphes). [2]



Figure I.1 : éléments d'une liaison de données

- a) **ETTD** : Equipement terminal de traitement de données (en anglais DTE : Data Terminal Equipment).

b) **ETCD** : Equipement de Terminaison de Circuit de Données (en anglais DCE : Data Communication Equipment).

Un **ETTD** est selon le CCITT un élément susceptible d'échanger des données avec un réseau, qui ne se connecte pas directement à la ligne de transmission. Par exemple : un ordinateur...etc.

Un **ETCD** est un élément permettant la connexion des terminaux **ETTD** au canal de transmission de données (par exemple : un modem). Les **ETCD** permettent d'adapter le flux des données aux conditions de la ligne et de faire la transformation analogique numérique ou numérique analogique.

L'**ETCD** a pour rôle :

- ✓ Etablir la communication
- ✓ Assurer la mise en forme des données numériques
- ✓ Transmettre les données
- ✓ Terminer la transmission

Remarque :

- La transmission de l'information entre l'émetteur et le récepteur (entre les deux **ETTD**) est assurée par l'**ETCD**.

I.4. Les modems

Le modem (modulateur-démodulateur) est un dispositif électronique, en boîtier indépendant ou en carte à insérer dans un ordinateur, qui permet de faire circuler (réception et envoi) des données numériques sur un canal analogique. Il effectue la modulation : codage des données numériques, synthèse d'un signal analogique qui est en général une fréquence porteuse modulée. L'opération de démodulation effectue l'opération inverse et permet au récepteur d'obtenir l'information numérique.

Il permet par exemple d'échanger des fichiers, des fax, de se connecter à Internet, d'échanger des e-mails, de téléphoner ou de recevoir la télévision.

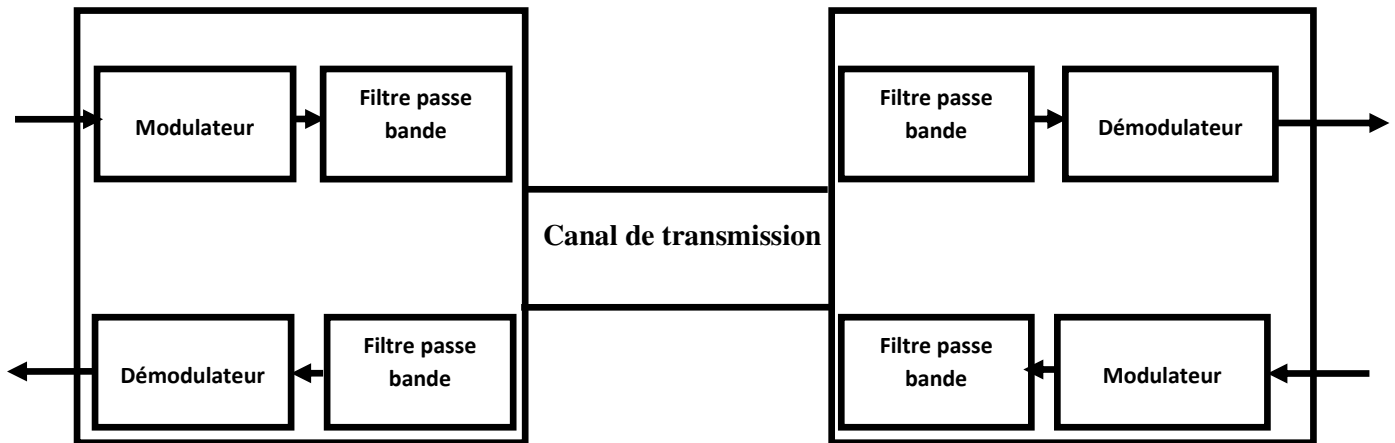


Figure I.2 : principe du modem.

I.4.1. Type de modulation

Il existe différents types de modulation réalisée par les modems, on va citer les trois modulations les plus connues :

- ✓ La modulation d'amplitude (AM) : cette opération est réalisée à l'aide d'un multiplicateur analogique.
- ✓ La modulation de fréquence (FSK) : cette opération est obtenus à l'aide d'un V.C.O (*Voltage-Controlled Oscillator*).
- ✓ La modulation de phase : Une modulation de phase précédée d'un filtrage étant équivalente à une modulation de fréquence.

I.4.2. Les différents modèles de modems

Il existe différents types de modems :

- **Les modems internes**

Ils sont intégrés à la carte mère ou une carte de circuit imprimé qui s'enfiche dans un connecteur d'extension à l'intérieur d'un ordinateur. Ces modems sont également connus comme les modems analogiques ou dial-up. Modems analogiques informations de transfert moderne à environ 56 kilobits par seconde (56K) sur une ligne téléphonique, modems dial-up sont sensibles au bruit de la ligne téléphonique ou interférence des appareils électriques et des vitesses de connexion Internet lente.

- **Les modems externes**

Plusieurs types de modems externes sont utilisés pour les connexions Internet à haute vitesse et à large bande. Ils sont beaucoup plus rapides que les modems de la ligne téléphonique et recevoir des informations jusqu'à 100 fois plus vite.

I.4.3. Utilisation des modems

Le modem permet aujourd'hui de faire une grande quantité de choses. Tout d'abord, il nous permet de nous connecter à Internet qui est aujourd'hui un outil indispensable pour la communication. Il permet aussi de se connecter à un minitel, de recevoir et envoyer des fax et même pour les modems les plus récents de téléphoner et regarder la télé.

I.5. Modes de transmission

Pour une transmission donnée sur une voie de communication entre deux machines la communication peut s'effectuer de différentes manières. La transmission est caractérisée par :

- ✓ la synchronisation : il s'agit de la synchronisation entre émetteur et récepteur.
- ✓ le sens des échanges.
- ✓ le mode de transmission : il s'agit du nombre de bits envoyés simultanément.

I.5.1. Transmission synchrone et asynchrone

A. Mode synchrone :

L'émetteur et le récepteur sont cadencés à la même horloge. Le récepteur reçoit de façon continue (même lorsque aucun bit n'est transmis) les informations au rythme où l'émetteur les envoie. Il est nécessaire qu'émetteur et récepteur soient cadencés à la même vitesse. De plus, des informations supplémentaires sont insérées afin de garantir l'absence d'erreurs lors de la transmission. Lors d'une transmission synchrone, les bits sont envoyés de façon successive sans séparation entre chaque caractère, il est donc nécessaire d'insérer des éléments de synchronisation, on parle alors de **synchronisation au niveau caractère**.

Le principal inconvénient de la transmission synchrone est la reconnaissance des informations au niveau du récepteur, car il peut exister des différences entre les horloges de l'émetteur et du récepteur. C'est pourquoi chaque envoi de données doit se faire sur une période assez longue pour que le récepteur les distingue. Ainsi, la vitesse de transmission ne peut pas être très élevée dans une liaison synchrone. [3]

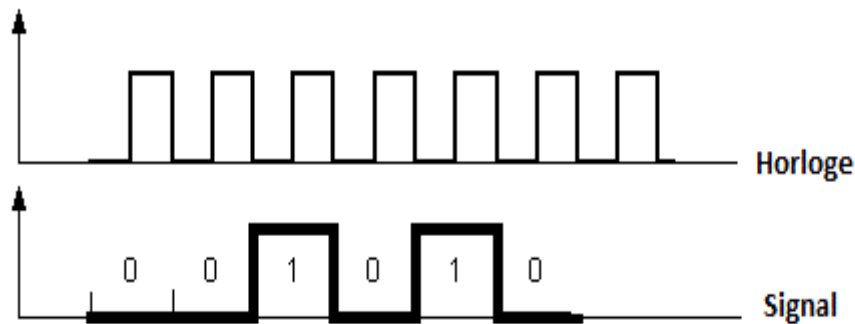


Figure I.3 : mode synchrone.

B. Mode asynchrone :

En mode de transmission asynchrone, les caractères successifs sont transmis indépendamment les uns des autres ; chaque caractère est encadré par un bit de Start et 1, 1,5 ou 2 bits de Stop, destinés à assurer le démarrage et l'arrêt correct de l'horloge du récepteur. L'horloge régit uniquement l'émission et la réception des bits d'un même caractère. Entre deux caractères successifs, la ligne peut être inactive pendant une durée quelconque. [4]

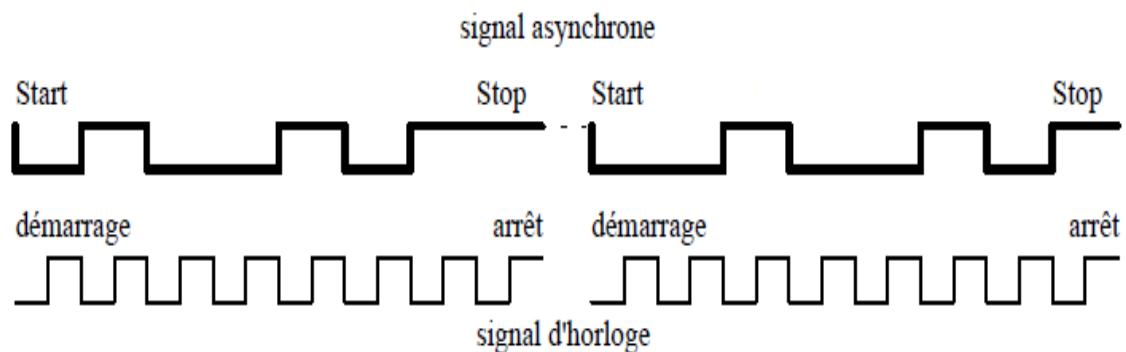


Figure I.4 : mode asynchrone.

- Nécessité de reconnaître le début et la fin de chaque caractère.
- Pas de synchronisation entre 2 caractères.

I.5.2. Le sens de transmission

Selon le sens des échanges des données, on distingue 3 modes de transmission :

➤ La liaison simplex (unidirectionnel)

Elle caractérise une liaison dans laquelle les données circulent dans un seul sens, c'est-à-dire de l'émetteur vers le récepteur. Ce genre de liaison est utile lorsque les données n'ont

pas besoin de circuler dans les deux sens (par exemple de l'ordinateur vers l'imprimante ou de la souris vers l'ordinateur...etc.).



Figure I.5 : liaison simplex.

➤ **La liaison half-duplex (appelée aussi liaison à l'alternat ou semi-duplex)**

Elle caractérise une liaison dans laquelle les données circulent dans un sens ou l'autre, mais pas les deux simultanément. Ainsi, avec ce genre de liaison chaque extrémité de la liaison émet à son tour. Ce type de liaison permet d'avoir une liaison bidirectionnelle utilisant la capacité totale de la ligne.

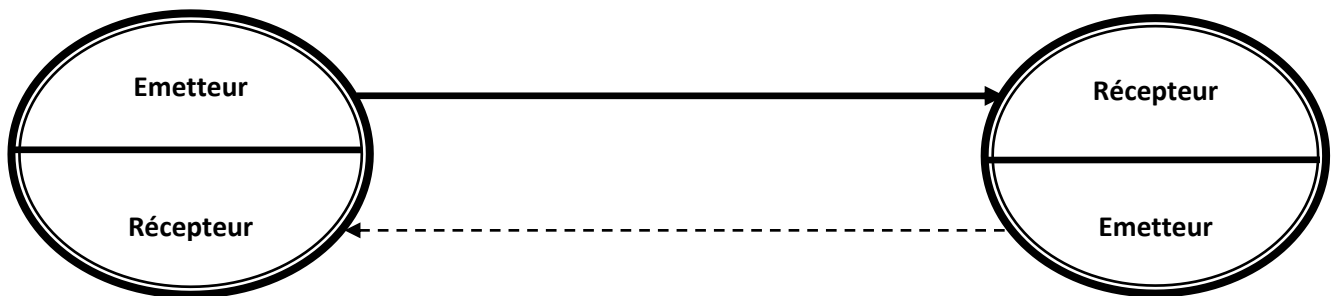


Figure I.6 : Liaison half-duplex.

➤ **La liaison full-duplex (appelée aussi duplex intégral)**

Elle caractérise une liaison dans laquelle les données circulent de façon bidirectionnelle et simultanément. Ainsi, chaque extrémité de la ligne peut émettre et recevoir en même temps, ce qui signifie que la bande passante est divisée par deux pour chaque sens d'émission des données si un seul support de transmission est utilisé pour les deux transmissions.



Figure I.7: Liaison full duplex.

I.5.3. Transmission série et parallèle

Le mode de transmission désigne le nombre d'unités élémentaires d'informations (bits) pouvant être transmises simultanément par le canal de communication.

➤ Transmission parallèle

On désigne par liaison parallèle la transmission simultanée de Nbits. Ces bits sont envoyés simultanément sur N voies différentes (une voie étant par exemple un fil, un câble ou tout autre support physique).

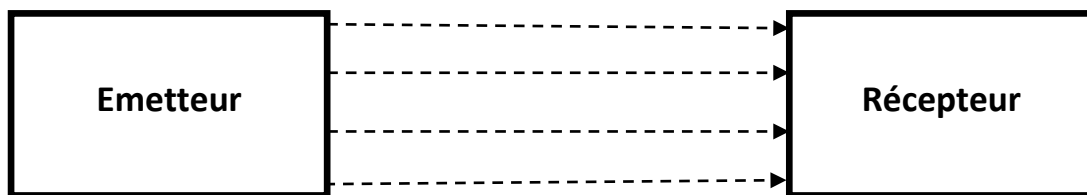


Figure I.8 : Liaison parallèle.

Ces voies peuvent être :

- **N lignes physiques** : auquel cas chaque bit est envoyé sur une ligne physique (c'est la raison pour laquelle les câbles parallèles sont composés de plusieurs fils en nappe)
- une ligne physique divisée en plusieurs sous-canaux par division de la bande passante. Ainsi chaque bit est transmis sur une fréquence différente...

➤ Transmission en liaison série

La transmission en série est beaucoup utilisée en informatique et en télécommunication numérique. Dans ce type de liaison de transmission les éléments de l'information se succèdent, les uns après les autres, sur le canal de transmission entre l'émetteur et le récepteur.

Dans une liaison en série, les données sont envoyées bit par bit sur la voie de transmission. Toutefois, étant donné que la plupart des processeurs traitent les informations de façon parallèle, il s'agit de transformer des données arrivant de façon parallèle en données en série au niveau de l'émetteur, et inversement au niveau du récepteur.

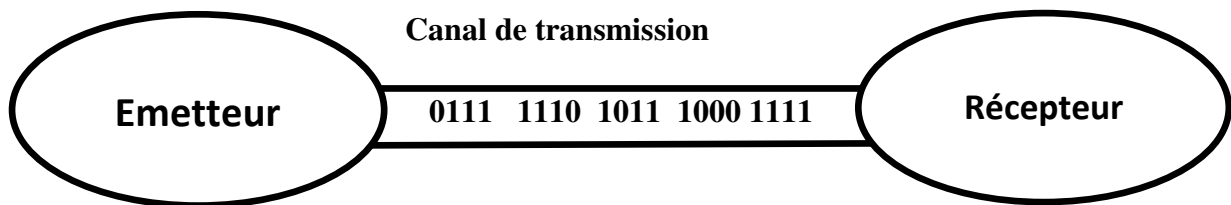


Figure I.9 : transmission série.

Ces opérations sont réalisées grâce à un contrôleur de communication (la plupart du temps une puce UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter). Le contrôleur de communication fonctionne de la façon suivante :

- ✓ **La transformation parallèle-série :** se fait grâce à un registre de décalage. Le registre de décalage permet, grâce à une horloge, de décaler le registre (l'ensemble des données présentes en parallèle) d'une position à gauche, puis d'émettre le bit de poids fort (celui le plus à gauche) et ainsi de suite :

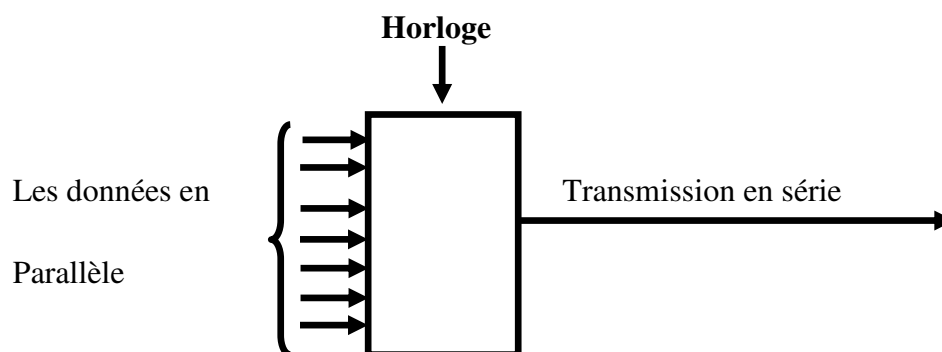


Figure I.10 : transformation parallèle-série.

- ✓ **La transformation série-parallèle :**

La transformation série-parallèle est réalisée grâce au registre de décalage. Le registre de décalage permet de décaler le registre d'une position à gauche à chaque réception d'un bit, puis d'émettre la totalité du registre en parallèle lorsque celui-ci est plein et ainsi de suite :

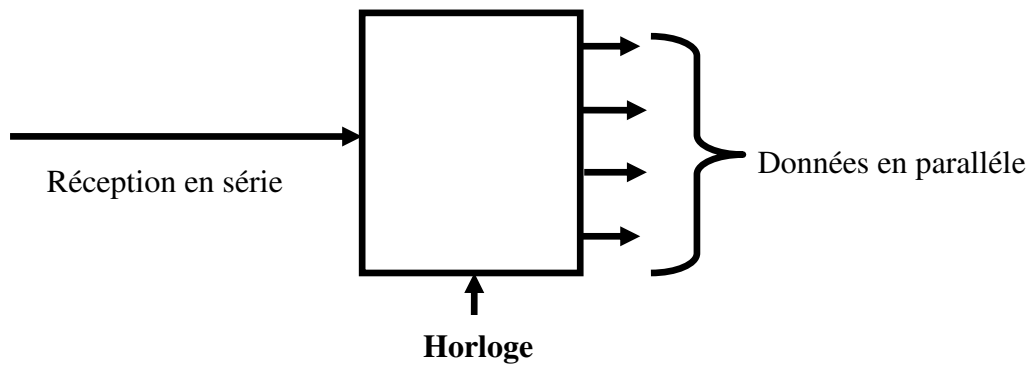


Figure I.11 : transformation série-parallèle.

I.6. Les techniques de transmission de l'information

I.6.1. Transmission en bande de base (Base band)

Lorsque la longueur de la liaison de données ne dépasse pas quelques centaines de mètres, les informations peuvent être transmises sur le support de liaison sans transformation du signal numérique en un signal analogique.

Ce type de transmission sans transposition de fréquence est appelé **TRANSMISSION BANDE DE BASE**.

Une transmission est dite en bande de base lorsque le signal source est transmis dans sa bande d'origine.

➤ Principaux codages pour la transmission en bande de base

Il existe une multitude de techniques de codages des informations à véhiculer lors d'une transmission en bande de base.

A) Le codage NRZ (Non Remise à Zéro).

Le codage NRZ, très proche du codage binaire de base, code un 1 par +V, un 0 par -V.

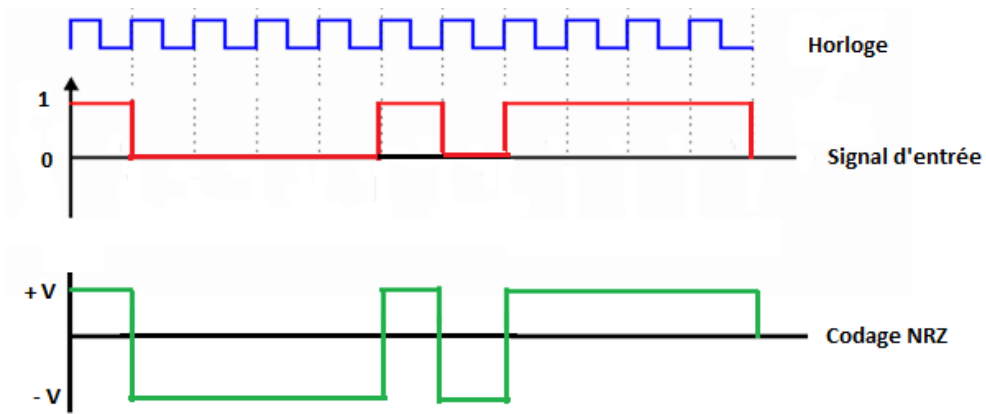


Figure I.12 : le codage NRZ.

- Ce codage permet la diminution de la valeur de la composante continue.
- Ce codage ne permet pas la création de transition lors de longues séquences de 0 ou de 1 d'où un risque de perte de synchronisation.

B) Code Manchester (Biphasé)

Le codage Manchester consiste en l'introduction :

- d'une transition négative, au milieu du bit, lors d'un niveau logique bas,
- d'une transition positive, au milieu du bit, lors d'un niveau logique haut.

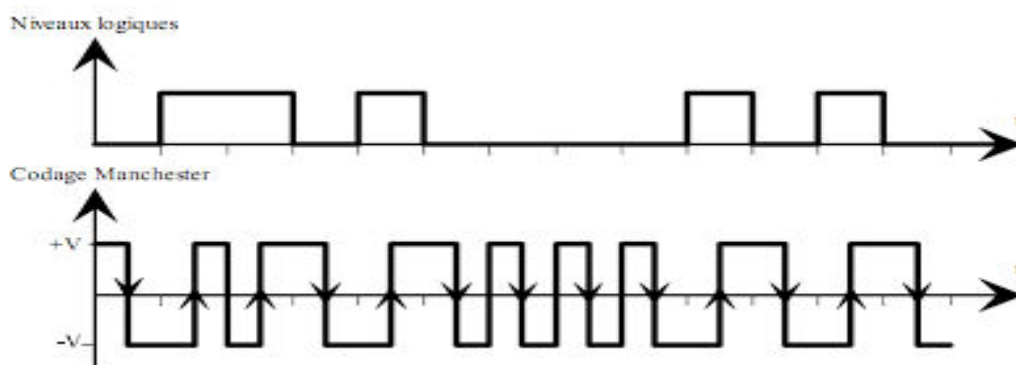


Figure I.13 : exemple de codage Manchester Biphasé.

Remarque :

Le codage Manchester est un codage qui tient compte du sens de la transition.

De ce fait lors de la liaison, il faut faire attention de ne pas inverser les fils.

C) Le codage Miller

Le codage Miller permet de réduire la bande passante nécessaire pour le codage Manchester, il est construit de la façon suivante :

- ✓ si le bit à coder est au niveau logique bas alors pas de transition,
- ✓ si le bit à coder est au niveau logique bas et le suivant aussi au niveau logique bas alors transition à la fin du bit,
- ✓ si le bit à coder est au niveau logique haut alors la transition est au milieu du bit.

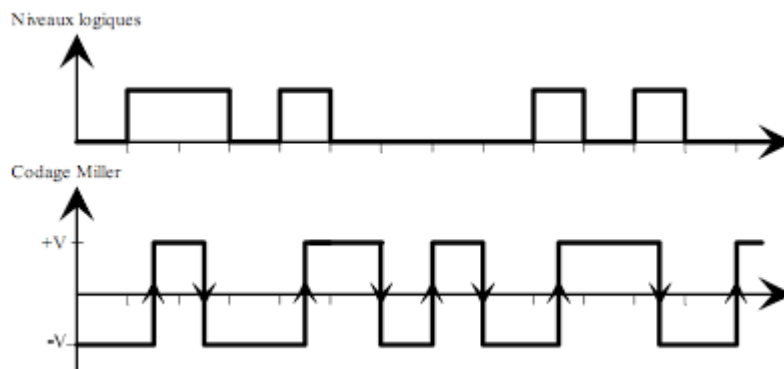


Figure I.14 : codage Miller.

D) codage bipolaire simple (AMI)

Le codage bipolaire est un codage sur trois niveaux. Il propose donc trois états de la grandeur transportée sur le support physique :

- ✓ La valeur 0 correspond à 0V.
- ✓ La valeur 1 correspond à +V et -V alternativement.

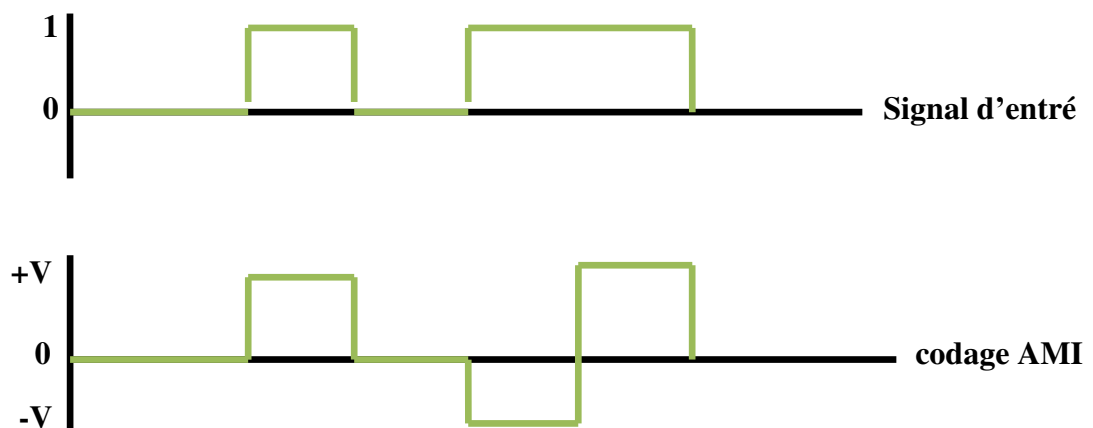


Figure I.15 : codage bipolaire.

I.6.2. Transmission par transposition de fréquence

Certains supports de transmission ne permettent pas la transmission directe d'un signal numérique en bande de base car ils aboutissent à des pertes de symboles pendant la transmission (exemple : les lignes téléphoniques). La solution est donc la transmission par transposition de fréquences.

La transposition de fréquences est un ensemble de procédés par lesquels la bande de fréquence d'un signal est décalée dans le domaine fréquentiel. Son principe consiste à moduler une onde sinusoïdale porteuse de fréquence convenable par le signal à transmettre. L'opération de modulation permet de centrer l'énergie à l'intérieur de la bande passante du support de transmission. La transmission par transposition de fréquence assure en général une meilleure protection contre le bruit et permet le multiplexage en fréquence. La transposition de fréquence devient indispensable quand le signal à transmettre n'est pas dans un domaine de fréquence correspondant au support.

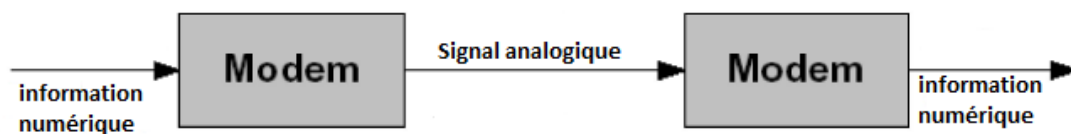


Figure I.16 : principe de transmission en large bande.

Diverses méthodes de transport des données par transposition de fréquence existent :

A) La modulation d'amplitude (PSK : Phase Shift Keying)

La modulation d'amplitude s'applique en faisant varier l'amplitude du signal en fonction des bits à coder.

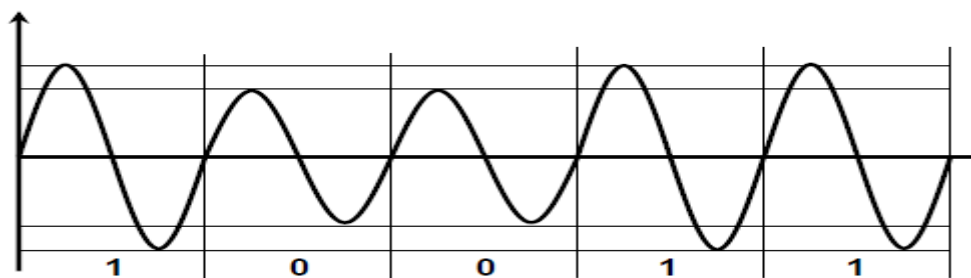


Figure I.17 : modulation d'amplitude.

B) La modulation de fréquence (FSK : Frequency Shift Keying)

En modulation de fréquence, on associe à une valeur binaire (0,1 ou 01, 10) à une fréquence particulière.

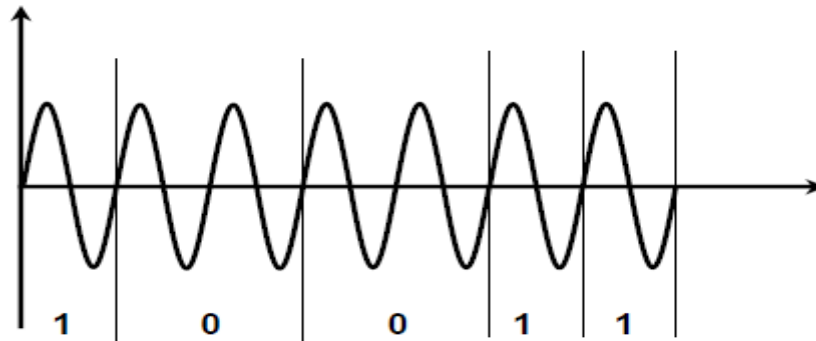


Figure I.18 : modulation de fréquence.

C) La modulation de phase

La modulation de phase associe à un code binaire une valeur de la phase.

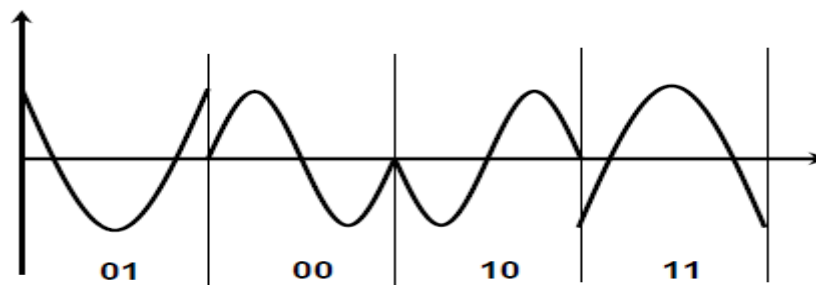


Figure I.19 : modulation de phase.

D) Modulation hybride

Il est possible de combiner les différents types de modulation que nous venons de présenter afin de transmettre un nombre important de bits par secondes. Il est ainsi fréquent d'utiliser à la fois une modulation d'amplitude et une modulation de phase.

I.7. Le multiplexage

Le multiplexage est un ensemble de techniques qui permet la transmission simultanée de signaux multiples sur une liaison de données. L'usage, en croissance, des télécommunications engendre une nécessité de gestion de trafic.

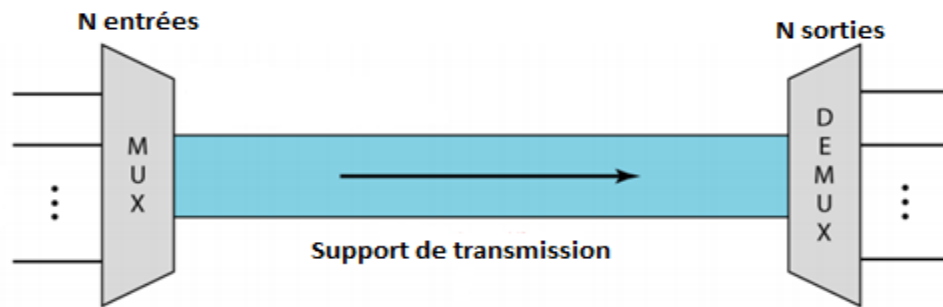


Figure I.20 : le multiplexage.

On a trois types de multiplexage :

I.7.1. Multiplexage temporel

Le multiplexage temporel (TDM : Time Division Multiplexing) est une technique de traitement de données par mélange temporel ayant pour but de permettre l'acheminement sur un même canal (appelé voie haute vitesse HV), un ensemble d'informations provenant de différents canaux à faibles débits (appelés voies basses vitesses BV) lorsque celles-ci doivent communiquer simultanément d'un même point de départ à un même point d'arrivée.

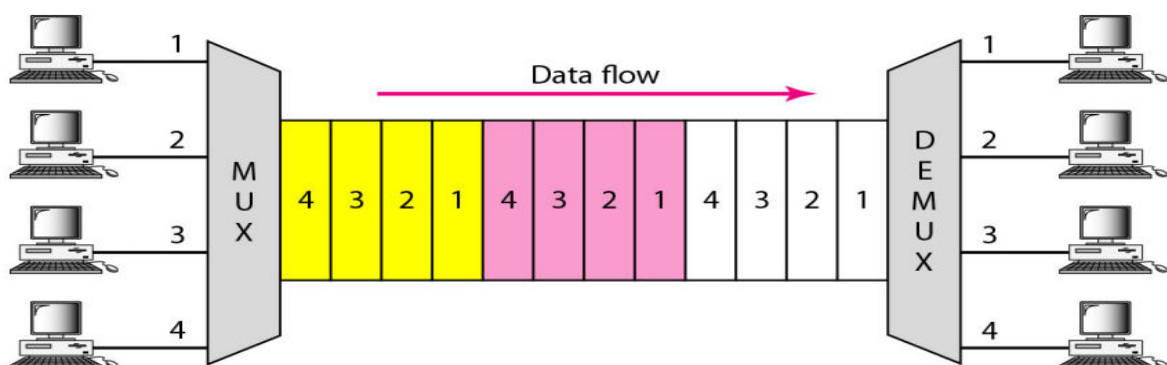


Figure I.21 : multiplexage temporel.

Selon la méthode d'allocation du temps, on distingue deux types de multiplexage temporel : le multiplexage temporel synchrone (en anglais STDM : Synchronous Time Division Multiplexing) et le multiplexage statistique.

A) le multiplexage temporel synchrone (en anglais STDM, Synchronous Time Division Multiplexing)

Dans le multiplexage temporel synchrone, toutes les sources émettrices ont accès au support de transmission durant un intervalle de temps égale même si la source n'est autorisée

à émettre. Les données émises durant un intervalle de temps peuvent être divisées en bits, en octet ou autre regroupement.

Le multiplexage temporel synchrone fonctionne comme un commutateur.

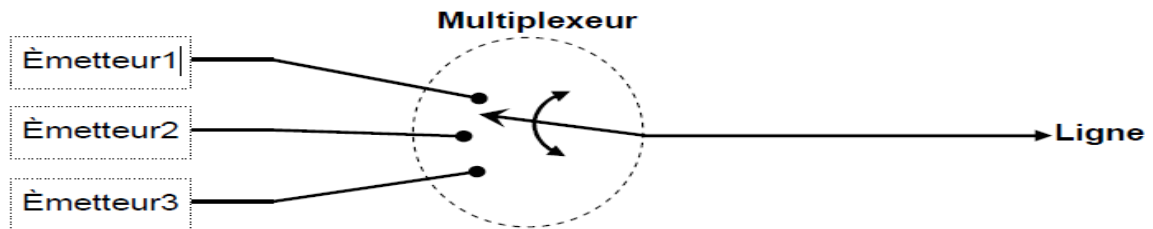


Figure I.22 : multiplexage temporel synchrone.

Le multiplexage temporel synchrone présente l'inconvénient que, même si l'émetteur 1 et 2 n'ont aucune donnée à transmettre, l'émetteur 3 doit quand même attendre que leur temps d'émission soit écoulé avant de pouvoir émettre à son tour.

B) Le Multiplexage temporel statistique

Le multiplexage statistique permet d'utiliser plus efficacement le support de transmission lorsqu'une ou plusieurs sources n'ont aucune donnée à émettre. Lorsqu'un émetteur n'a aucune donnée à envoyer, le multiplexeur saute son tour et passe directement à l'émetteur suivant. Ces multiplexeurs intelligents (multiplexeur statiques) sont aussi appelés concentrateur.

I.7.2. Le multiplexage fréquentiel

Le multiplexage par répartition de fréquence consiste à découper la bande passante du canal de transmission en plusieurs sous-bandes au moyen de la technique de modulation.

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.

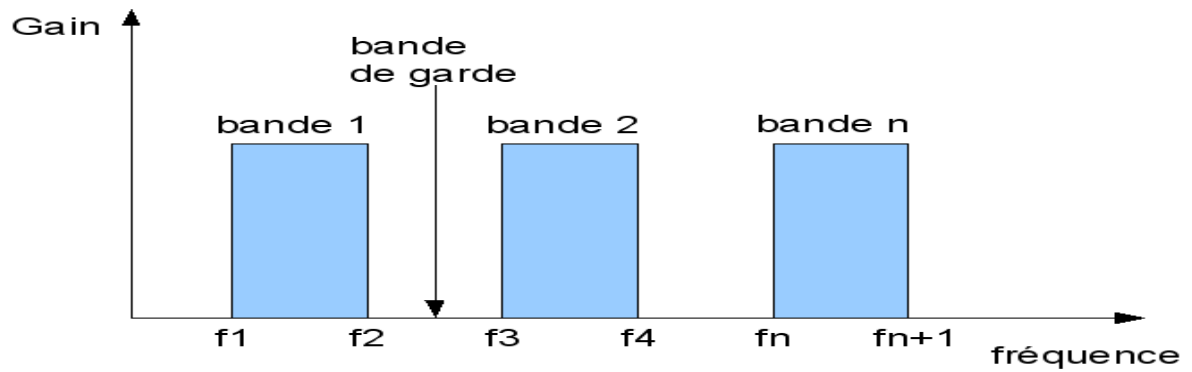


Figure I.23 : multiplexage fréquentiel.

I.7.3. Le multiplexage en longueur d'onde (WDM)

Le WDM (Wavelength Division Multiplexing) consiste à mélanger plusieurs signaux optiques sur une même fibre optique afin de multiplier la bande passante de celle-ci. Les signaux sont portés par des longueurs d'ondes différentes, et espacées assez largement afin de ne pas interférer les unes avec les autres.

Ce procédé nécessite l'utilisation de matériel spécifique, en entrée : un multiplexeur; et en sortie : un démultiplexeur.

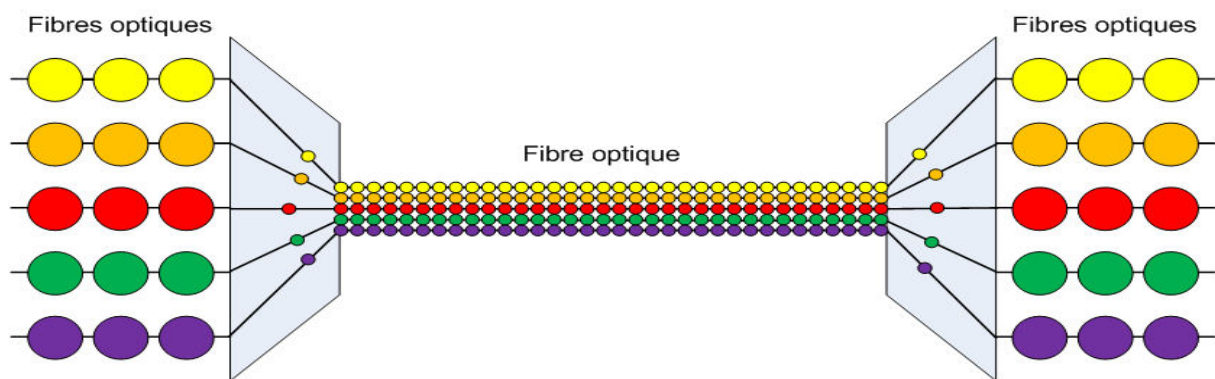


Figure I.24 : multiplexage en longueur d'onde.

Différents types de WDM existent : Coarse-WDM, Dense-WDM, Ultra-Dense-WDM...

	Coarse-WDM	Dense-WDM	Ultra-Dense-WDM
Nombre de longueur d'onde	Jusqu'à 16	8 à 128	> 400
Espacement des canaux	20nm à 25nm	0.4nm à 1.6nm	0.08nm
Fenêtre spectrale	~ 1260nm - 1620nm	~ 1500nm - 1600nm	~ 1500nm - 1600nm
Débit par longueur d'onde	1,25 - 2,5 Gbit/s	10Gbit/s - 40Gbit/s	> 40Gbit/s

Figure I.25 : les types de WDM.

- La différence entre les modes réside principalement dans l'espacement des canaux optiques utilisés.

I.8. Canal de communication

Dans un système de communication, l'information est transmise d'une source vers un récepteur, à travers un canal de transmission. Ce dernier possède un certain nombre de caractéristiques, notamment sa capacité, sa nature physique, et le bruit qui va entacher l'information d'erreurs. [5]

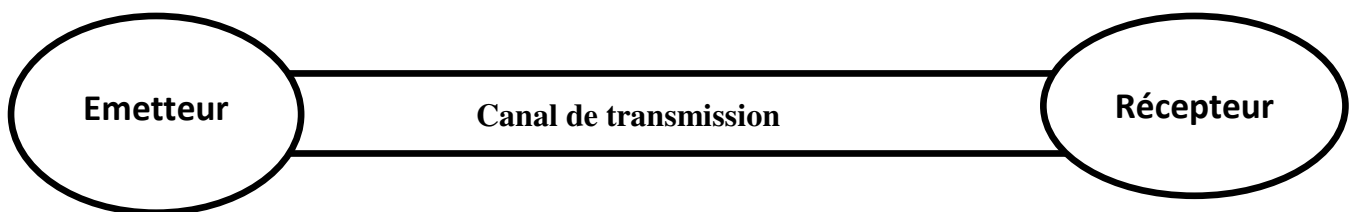


Figure I.26 : chaine de transmission de données.

I.8.1. Capacité d'un canal de transmission

La capacité d'un support de transmission mesure la quantité d'informations transportée par unité de temps.

Les grandeurs caractéristiques d'une voie de transmission sont liées par un certain nombre de relation dérivées de la loi de Shannon.

Le débit binaire maximum ou **capacité** C d'un canal de transmission est défini suivant les caractéristiques de la ligne par la relation :

$$C = w \cdot \log_2 (1 + S/B)$$

Où :

- ✓ S/B est le rapport signal sur bruit en puissance du signal.
- ✓ W est la largeur de bande de la ligne de transmission.

I.9. Supports de transmission

Pour que la transmission de données puisse s'établir, il doit exister une ligne de transmission, appelée aussi voie de transmission ou canal, entre les deux machines.

Ces voies de transmission sont constituées de plusieurs tronçons permettant de faire circuler les données sous forme d'ondes électromagnétiques, électriques, lumineuses ou même acoustiques. On a donc un phénomène vibratoire qui se propage sur le support physique.

I.9.1. Le câble coaxial

Le principe est de faire circuler le signal électrique dans le fil de données central. On se sert du maillage de masse, autrement appelé *grille*, pour avoir un signal de référence à 0 V. On obtient le signal électrique en faisant la *différence de potentiel* entre le fil de données et la masse. Le nom scientifique donné au câble coaxial est le 10B2 ou 10B5 pour sa version encore plus ancienne.

- le 10 indique le débit en Mbps (mégabits par seconde) ;
- le B indique la façon de coder les 0 et les 1, soit ici la bande de Base ;
- le dernier chiffre indique la taille maximale du réseau, exprimée en mètres et divisée par 100.

Par exemple : pour une longueur de 200 m, si on divise par 100, cela donne 2, d'où Le nom 10B2.

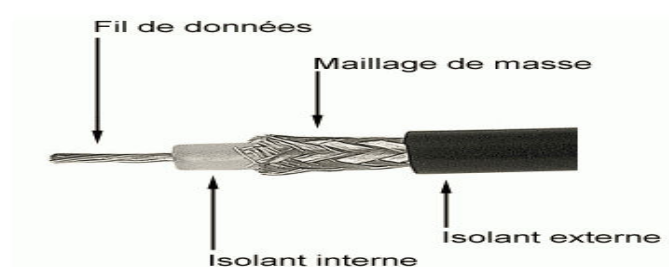


Figure I.27 : le câble coaxial.

➤ **Le câble coaxial 10B5**

Le 10B5 est le plus ancien et le plus dur à utiliser. Le principe est de poser le câble partout dans les salles à informatiser. Ensuite, on peut brancher des machines sur le câble, mais seulement à certains endroits ! La connexion se fait à l'aide de prises vampire.

➤ **Le câble coaxial 10B2**

Le câble coaxial 10B2 possède la même structure que le 10B5, mais en plus fin. La connectique utilisée est aussi très différente, car la propagation de l'information ne se fait pas de la même façon.

Pour mettre en place un réseau en 10B2, il faut :

- ✓ des câbles 10B2 équipés de prises BNC ;
- ✓ des tés BNC ;
- ✓ des bouchons.

I.9.2. Les faisceaux hertziens

Un faisceau hertzien est une liaison radioélectrique point à point, bilatérale et permanente (full duplex), à ondes directives, offrant une liaison de bonne qualité et sûre permettant la transmission d'informations en mode multiplex à plus ou moins grande capacité. Un faisceau hertzien est un système de transmission de signaux permettant l'interconnexion de sites distants utilisant les ondes radioélectriques. Ce type de liaisons radio point à point est aujourd'hui principalement numérique et est utilisé pour des liaisons voix et données. Il utilise comme support les ondes radioélectriques, avec des fréquences porteuses de 1GHz à 40GHz très fortement concentrées à l'aide d'antennes directives.

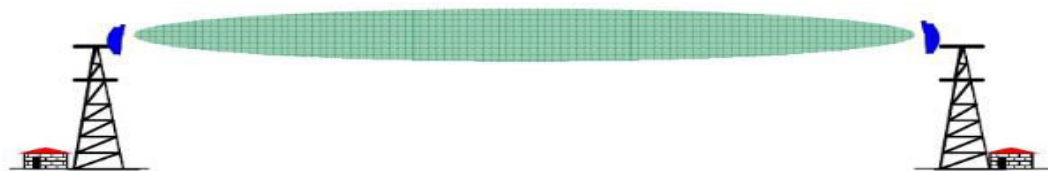


Figure I.28 : transmission par faisceau hertzien.

✚ Domaines d'application

Téléphonie fixe, cellulaire, diffusion de télévision, liaisons louées, Internet.

- ✓ En général, tout type de signal numérique ou analogique qui peut être modulé et transféré par ondes radioélectriques.

I.9.3. La paire torsadée

Une paire torsadée est une ligne symétrique formée de deux fils conducteurs enroulés en hélice l'un autour de l'autre. Cette configuration a pour but principal de limiter la sensibilité aux interférences et la diaphonie dans les câbles multi paires.

Plus le nombre de torsades est important, plus la diaphonie est réduite, le nombre de torsades moyen par mètre fait partie de la spécification du câble, mais chaque paire d'un câble est torsadée de manière légèrement différente pour éviter la diaphonie.

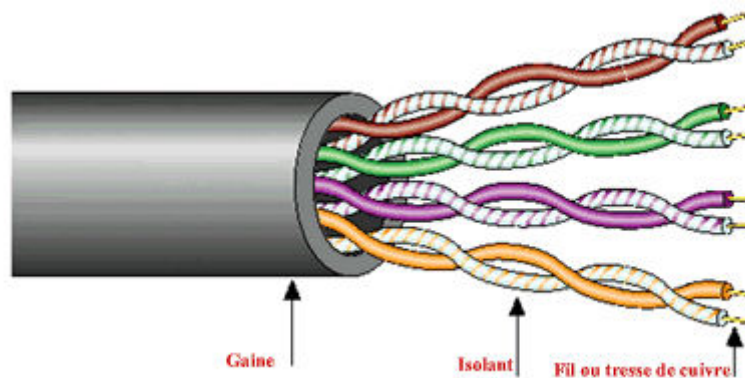


Figure I.29 : la paire torsadée.

On distingue généralement deux types de paires torsadées :

➤ La paire torsadée non blindée (UTP)

Le câble UTP obéit à la spécification 10BaseT. C'est le type de paire torsadée le plus utilisé et le plus répandu pour les réseaux locaux.

Le problème majeur provient du fait que le câble UTP est particulièrement sujet aux interférences (signaux d'une ligne se mélangeant à ceux d'une autre ligne). La seule solution réside dans le blindage.

➤ **La paire torsadée blindée (STP)**

Le câble **STP** (*Shielded Twisted Pair*) utilise une gaine de cuivre de meilleure qualité et plus protectrice que la gaine utilisée par le câble UTP. Il contient une enveloppe de protection entre les paires et autour des paires. Dans le câble STP, les fils de cuivre d'une paire sont eux-mêmes torsadés, ce qui fournit au câble STP un excellent blindage, c'est-à-dire une meilleure protection contre les interférences. D'autre part il permet une transmission plus rapide et sur une plus longue distance.

Dénomination courante	Dénomination officielle	Blindage de l'ensemble du câble	Blindage des paires individuelles
UTP	U/UTP	aucun	aucun
STP	U/FTP	aucun	feuillard
FTP	F/UTP	feuillard	aucun
FFTP	F/FTP	feuillard	feuillard
SFTP	SF/UTP	feuillard, tresse	aucun
SSTP	S/FTP	Tresse	feuillard

Figure I.30 : les différents type de la paire torsadée (selon la norme ISO/IEC 11801).

I.9.4. Satellite de communication

La transmission par satellite consiste à prendre en charge des informations générées par un terminal directement connecté à une station terrienne et les acheminer vers une ou plusieurs stations. Une liaison par satellite de télécommunication peut être assimilée à celle d'un faisceau hertzien mais la seule différence est que le satellite joue un rôle d'un relais spatial.

Le signal qui constitue l'information à transmettre module une onde hyperfréquence dite porteuse émise par une station depuis le sol vers le satellite. Ce dernier joue le rôle d'un équipement d'amplification placé dans l'espace. Il transporte en fréquence le signal et le retransmet à une autre station. [6]



Figure I.31 : satellite de communication.

I.9.5. La fibre optique

La fibre optique est un support physique de transmission permettant la transmission de données à haut débit grâce à des rayons optiques.

Un rayon guidé va subir une réflexion totale à l'interface des deux couches optiques. Un rayon hors du cône d'acceptance sera simplement réfracté à l'entrée dans la fibre puis à l'interface des deux couches, il passera alors dans la gaine et sera perdu. L'angle d'acceptance permet de définir ce qu'on appelle l'ouverture numérique de la fibre, ouverture qui dépend bien évidemment des indices respectifs des deux couches optiques.

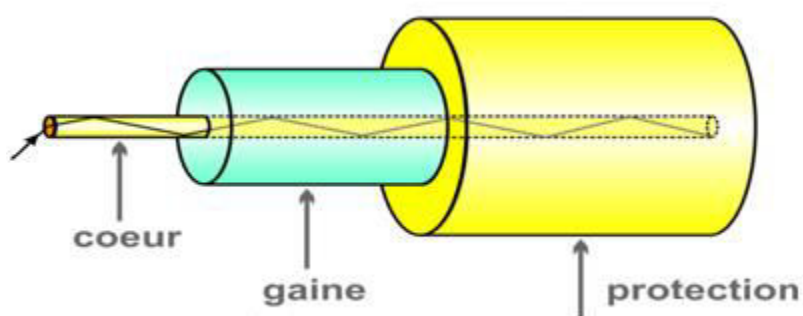


Figure I.32 : La fibre optique.

I.10. Caractéristiques d'un support de transmission

I.10.1. La bande passante (BP)

La largeur de la bande passante est la *caractéristique essentielle* d'un support de transmission, qui se comporte généralement comme un filtre qui ne laisse donc passer qu'une bande limitée de fréquence appelée *bande passante*. Toute fréquence en dehors de cette bande est fortement affaiblie.

I.10.2. Le bruit

Le bruit est un *signal perturbateur* provenant du canal lui-même ou de son environnement externe. Il est de comportement aléatoire et vient *s'ajouter* au signal véhiculant les informations et provoquer ainsi les *erreurs de transmission*.

On distingue généralement deux types de bruit : le bruit blanc et le bruit impulsif.

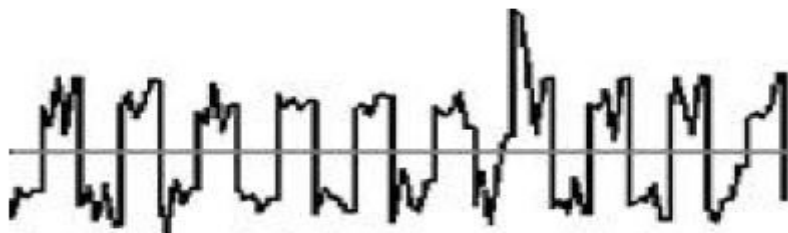


Figure I.33 : exemple de signal bruité.

A. bruit blanc

Le bruit blanc est un bruit dont la puissance est uniformément répartie dans toute la bande passante du canal, il s'agit essentiellement d'un bruit provoqué par l'agitation thermique des électrons dans le conducteur électrique.

B. bruit impulsif

Ce type de bruit est à caractère impulsif, il se présente sous forme de tensions perturbatrices de valeur élevée mais de durée brève. Ces bruits sont très gênants pour la transmission de données, car le signal perturbateur modifie la *forme* du signal reçu à des instants quelconques (aléatoires) telles qu'il se produit des erreurs à la réception.

I.10.3. Affaiblissement

Un canal de transmission atténue l'amplitude du signal qui le traverse. Le phénomène d'atténuation correspond à une perte d'énergie du signal pendant sa propagation sur le canal, et s'accroît avec la longueur de celui-ci. La quantité d'énergie perdue dépend très étroitement de la fréquence du signal et de la bande passante du système.

On mesure l'atténuation par le rapport :

$$A[\text{dB}] = 10 \log (P_s/P_e)$$

- ✓ P_e : la puissance du signal à l'entrée du canal.
- ✓ P_s : est la puissance du signal à la sortie du canal
- ✓ $A[\text{dB}]$: L'atténuation en décibel.

I.10.4. Déphasage

Le déphasage, encore appelé distorsion de phase, implique un retard du signal reçu par rapport au signal émis, dû au temps de propagation de ce signal de l'émetteur vers le récepteur.

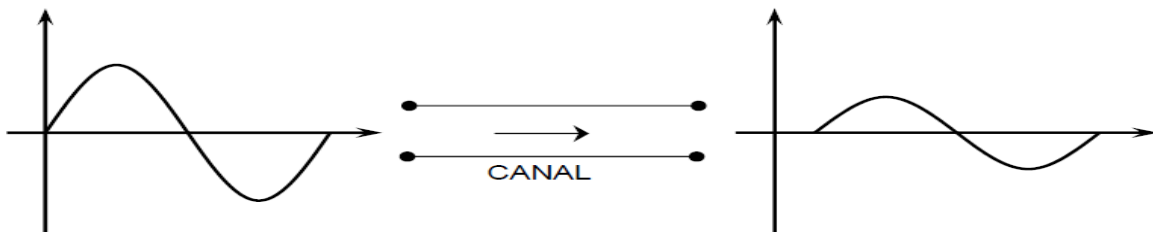


Figure I.34 : l'atténuation et le retardement subis pour un signal sinusoïdal.



Chapitre II

Introduction

Nous sommes aujourd'hui dans une période où le développement des réseaux Internet est en pleine croissance et le moyen le plus rapide pour transmettre une information.

L'utilisation des fibres optiques représente le support de transmission le plus fiable et le plus rapide, lorsqu'il s'agit d'acheminer des débits élevés sur de grandes distances, mais aussi un nombre élevé de canaux.

II.1. Présentation de la fibre optique

II.1.1. Définition de la fibre optique

Une fibre optique peut être assimilée à un fil en verre ou en plastique très fin qui a la propriété de conduire la lumière et sert dans les transmissions terrestres et océaniques de données. Elle offre un débit d'informations nettement supérieur à celui des autres supports de transmission.

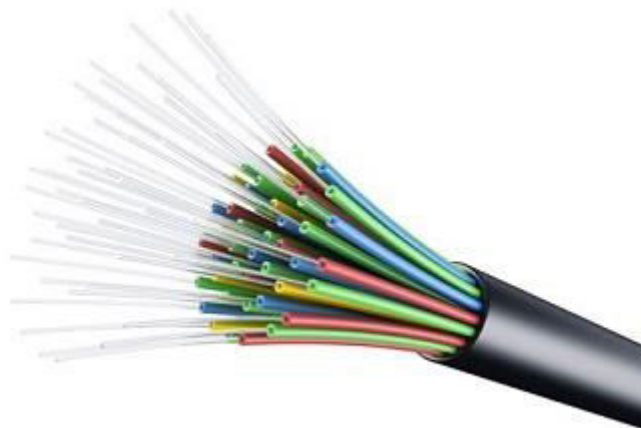


Figure II.1 : Fibre optique.

II.1.2. Constitution d'une fibre optique

La fibre optique est constituée de différentes parties comme le montre la figure suivante :

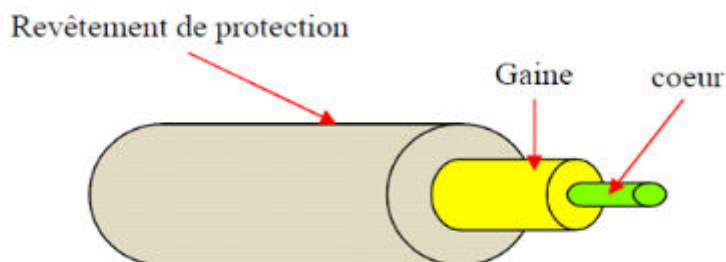


Figure II.2 : Constitution de la fibre optique.

- ✓ **Le cœur:** C'est dans cette zone, constituée de verre, que la lumière est guidée et se propage le long de la fibre.
- ✓ **Gaine:** Couche de verre qui entoure le cœur. La composition du verre utilisé est différente de celle du cœur. L'association de ces deux couches permet de confiner la lumière dans le cœur, par réflexion totale de la lumière à l'interface cœur-gaine.
- ✓ **Revêtement de protection:** c'est un revêtement de protection mécanique généralement en PVC.

II.1.3. La fibre double gaine

L'apparition et l'utilisation des fibres à double gaine ont été un progrès majeur dans l'évolution des fibres optiques. La fibre à double gaine permet d'augmenter la puissance pompe pouvant être couplée dans une fibre optique, tout en maintenant un cœur monomode.

Le principe d'une fibre à double gaine est très simple. Le cœur actif monomode est entouré d'un second cœur (première gaine) qui agit comme un guide d'onde de grand diamètre pour la lumière de pompe. Pour guider la lumière dans le cœur et la première gaine, une décroissance progressive de l'indice de réfraction est effectuée en commençant du centre de la fibre.

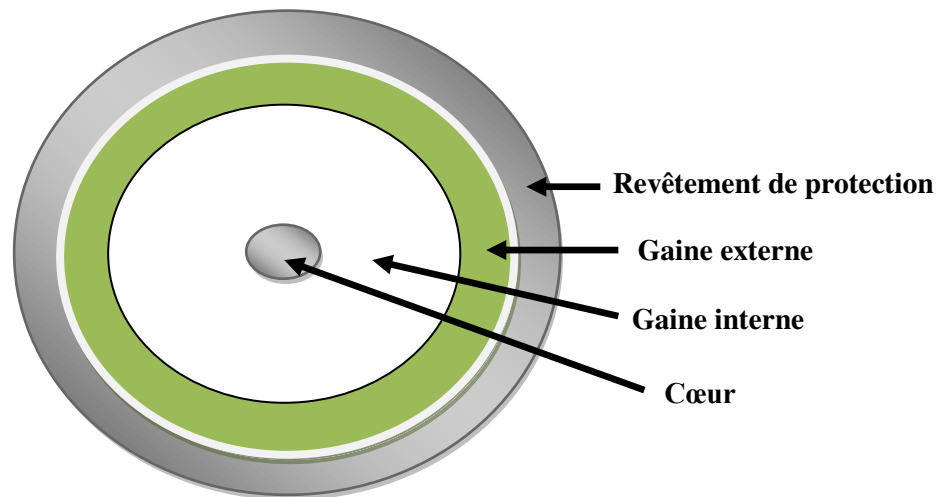


Figure II.3 : Constitution fibre à double gaine.

Le faisceau de diamètre et d'ouverture numérique plus larges permet d'injecter de fortes puissances pompe dans la première gaine grâce à la structure de la fibre à double gaine qui a un cœur d'un diamètre de quelques microns et la première gaine d'un diamètre de quelques centaines de microns. La propagation pour la pompe est multimode dans la première gaine. La pompe est graduellement absorbée par le cœur au cours de sa propagation.

Le problème principal dans les fibres à double gaine est de trouver la géométrie adéquate pour optimiser le couplage entre la lumière de pompe de la première gaine et le cœur.

II.1.4. Principe de propagation de la lumière

La vitesse de la lumière, qui est dans le vide égale à 3×10^8 m/s, varie sensiblement selon les différentes densités des matériaux qu'elle traverse. Pour caractériser la densité des matériaux, on définit le paramètre « *indice de réfraction absolu* » exprimé par le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide, et la vitesse de la lumière dans le milieu considéré (v). L'indice de réfraction absolu est donné par : $n = \frac{c}{v}$

Lorsque le rayon lumineux frappe la surface de séparation de deux milieux différents, il se divise en deux rayons :

- **Un rayon réfléchi** qui se propage encore dans le premier milieu.
- **Un rayon réfracté** qui se propage dans le second milieu.

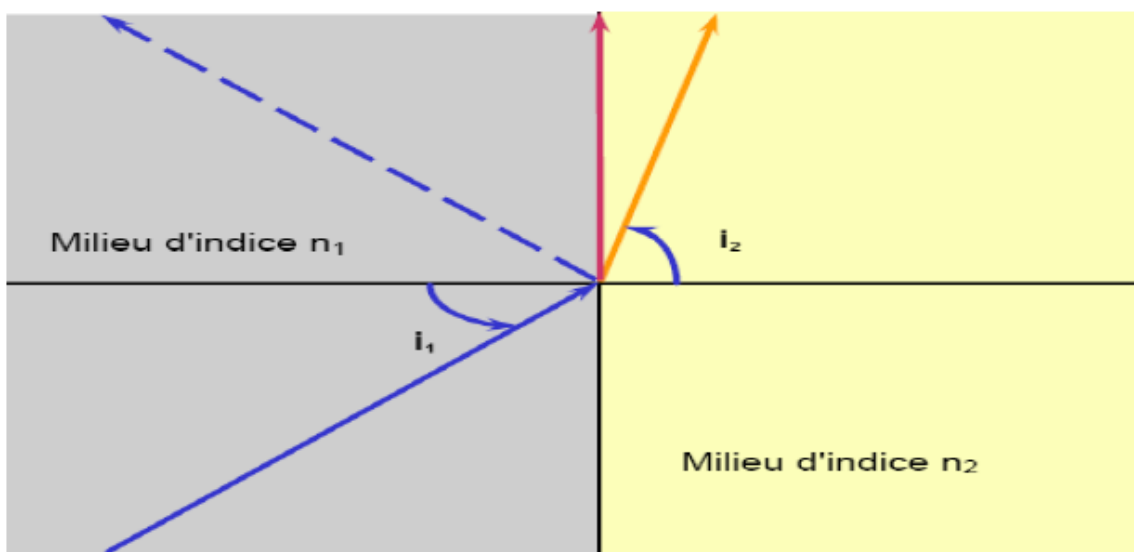


Figure II.4 : Principe de guidage optique.

Le principe du guidage est basé sur l'approximation de l'optique géométrique où le guidage d'un rayon lumineux est obtenu par réflexion totale. On obtient ce guidage en installant un cœur de verre (indice de réfraction n_1) entouré d'une gaine de protection (indice de réfraction n_2) ; n_1 étant choisi légèrement supérieur n_2 .

Si un rayon lumineux passe sous des angles d'incidence croissants, d'un milieu plus dense dans un milieu moins dense, il arrive pour un angle d'incidence i_1 que l'angle de réfraction soit $i_2=90^0$. Dans ce cas, le rayon, lumineux se propage en parallèle à l'interface des deux milieux. L'angle d'incidence i_1 est appelé angle limite. Cet angle doit toujours être supérieur à : **arc sin (n_2/n_1)**.

$$I_1 < \text{arc sin } (n_2/n_1)$$

Pour une valeur inférieure de l'angle d'incidence, il y a réfraction dans la gaine optique, le rayon quitte le milieu de guidage.

II.1.5. Les modes d'une fibre optique

La lumière est une onde électromagnétique. Elle possède deux composantes perpendiculaires à sa direction de propagation :

- ✓ Le vecteur champ électrique
- ✓ Le vecteur champ magnétique

On a deux types de propagations pour chaque mode selon la polarisation de l'onde électromagnétique :

- **Mode TE (transverse Electrique)** : le vecteur champ électrique est parallèle au plan d'incidence du faisceau. [7]
- **Mode TM (transverse magnétique)** : Le vecteur champ magnétique est perpendiculaire au plans d'incidence du faisceau. [7]

II.1.6. Fabrication de la fibre optique

La fabrication d'une fibre optique passe par la réalisation d'une préforme cylindrique en barreau de silice. La silice est un composé oxygéné de silicium, de formule Si, présent dans un grand nombre de minéraux, tels que le quartz, la calcédoine et l'opale. Le barreau subit ensuite un étirage, en plaçant l'extrémité dans un four porté à une température voisine de 2000°C. Il est alors transformé en une fibre de plusieurs centaines de kilomètres, à une vitesse de l'ordre du kilomètre par minute. La fibre est ensuite revêtue d'une double couche de résine protectrice avant d'être enroulée sur une bobine ; Son centre, qui constitue le cœur est entouré

d'une silice de moindre qualité qui forme la gaine optique. On réalise un écart d'indice entre le cœur et la gaine en incorporant des dopants, tels que :

- ✓ Le germanium et le phosphore qui accroissent l'indice dans le cœur,
- ✓ Le bore et le fluor qui le font décroître dans la gaine,

Une préforme de verre d'une longueur de 1m et d'un diamètre de 10cm permet d'obtenir par étirement une fibre monomode d'une longueur d'environ 150 Km.

II.1.7. La durée de vie d'une fibre optique

La durée de vie de fibre optique est généralement estimée à au moins 20 ans. Le signal électrique à transmettre, est transformé en signal lumineux à l'aide d'un émetteur. L'émetteur utilise une LED (Light Emitting diode), diode électro lumineuse ou un laser pour produire la lumière.

Pour l'opération inverse, consistant à convertir le signal lumineux en signal électrique, on utilise un détecteur appelé photodiode ou phototransistor.

II.2. Les types de fibre optique

En fonction de diamètre du cœur et la longueur d'onde utilisée, nous pouvons classer les fibres optiques en deux catégories : les fibres monomodes et les fibres multimodes.

II.2.1. fibres monomodes

La fibre optique monomode est constituée d'un cœur de diamètre suffisamment petit par rapport à la gaine de façon à avoir qu'un seul mode de propagation dit mode fondamental.

Ce type de fibre présente une bande passante très large, un niveau de perte faible (0.5 dB/km pour 1.3 et 0.2 dB pour 1.5). Pour cette raison, les fibres monomodes sont universellement utilisées pour les transmissions à haut débit et à longue distance. [8]

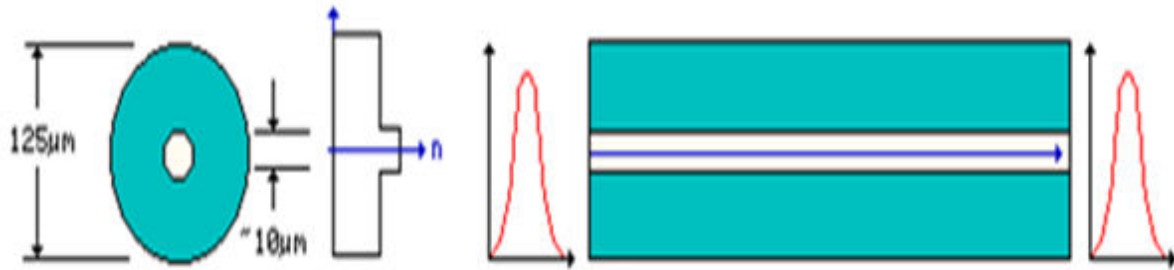


Figure II.5 : Fibre monomode.

II.2.2. fibres multimodes

Les fibres multimode sont été les premières sur le marché. Elles ont pour caractéristique de transporter plusieurs modes (trajets lumineux). Du fait de la dispersion modale, on constate un étalement temporel du signal proportionnel à la longueur de la fibre. En conséquence, elles sont utilisées uniquement pour des bas débits ou de courtes distances. La dispersion modale peut cependant être minimisée (à une longueur d'onde donnée) en réalisant un gradient d'indice dans le cœur de la fibre. Elles sont caractérisées par un diamètre de cœur de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de micromètres. Cependant les fibres les plus récentes, de type OM3, permettent d'atteindre le Gbit/s sur des distances de l'ordre du km. Les longues distances ne peuvent être couvertes que par des fibres optiques monomodes.

➤ La 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.

Le faisceau lumineux injecté à l'entrée de la fibre va atteindre la sortie en empruntant des chemins optiques différents ce qui se traduit par des temps de propagation différents et donc un étalement du signal transmis. [8]

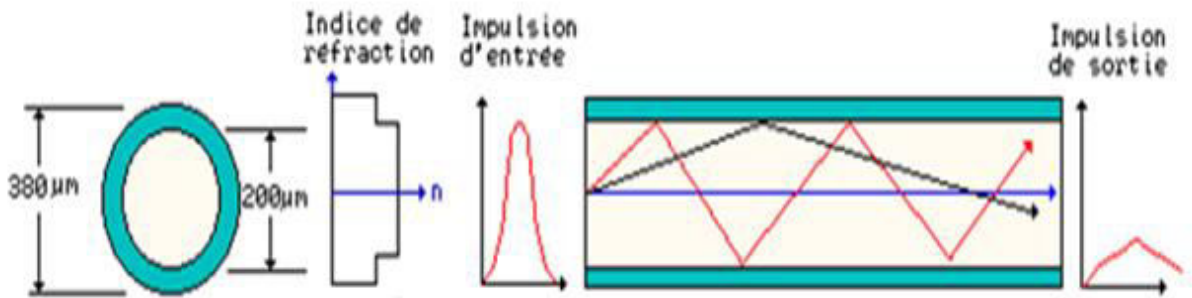


Figure II.6 : Fibre à saut d'indice.

➤ La fibre multimode à gradient d'indice

Le cœur se caractérise par un indice variable qui augmente progressivement de n_1 à l'interface gaine-cœur jusqu'à n_2 au centre de la fibre. 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. [8]

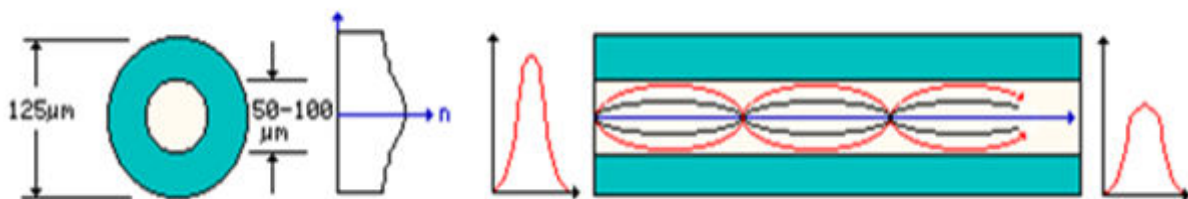


Figure II.7 : Fibre à gradient d'indice.

II.2.3. La différence entre la fibre monomode et la fibre multimode

Généralement, chaque ligne de produits émetteur/récepteur fibre optique existe en versions Multimode et Monomode. La différence majeure se situe au niveau de la propagation de la lumière. Dans la fibre Monomode, le cœur est si petit que la lumière circulera sur un seul chemin, alors que dans une fibre Multimode, elle a une âme de grand diamètre où les rayons lumineux peuvent suivre des trajets différents.

II.3. Les effets non linéaires de la fibre optique

Les verres utilisés dans les fibres optiques, en particulier la silice, présentent des effets non linéaires extrêmes faibles, mais qui peuvent être observés dans les fibres monomodes à des puissances relativement peu élevées. Les effets non linéaires font apparaître des seuils de puissance au-delà desquels des perturbations apparaissent dans la transmission d'où les seuils

sont plus élevés que la puissance habituelle des sources mais ils sont proches dans les systèmes à amplification optique et multiplexage en longueur d'onde.

Les principaux effets non linéaires dans les fibres optiques :

A) Diffusion Raman

La diffusion Raman est une interaction photon-phonon, c'est-à-dire un échange d'énergie entre une onde optique et les vibrations des liaisons moléculaires du matériau.

Cet effet est important lorsque la largeur spectrale de l'ensemble des signaux transmis est

Supérieure à quelques nm, ce qui est le cas de l'ensemble des canaux DWDM.

B) Diffusion Brillouin

Cet effet impose une limite sur la quantité de puissance optique qui peut être utilement injectée dans une fibre optique. Ce phénomène est de même nature que la diffusion de Raman, mais l'interaction se fait avec des phonons acoustiques, c'est-à-dire avec les vibrations de l'ensemble du matériau, qui se propagent à la vitesse des ondes acoustiques.

C) Diffusion de Kerr

L'effet de Kerr est dû à un déplacement de charges et d'une polarisation qui à forte puissance font intervenir plusieurs harmoniques du spectre de l'onde incidente dans la réponse du matériau. Ce phénomène amène une dépendance de l'indice de réfraction par rapport à l'intensité du signal.

Les conséquences de l'effet de Kerr sont nombreuses. Cet effet peut se traduire par un phénomène d'auto-modulation de phase SPM. Les autres conséquences de l'effet Kerr sont visibles pour les systèmes WDM.

D) Propagation des solitons

Un soliton est une impulsion courte, conservant tout au long de sa propagation sa forme et son amplitude, donc qu'elle soit amplifiée au fur et à mesure que la propagation l'atténue.

Pour atteindre des distances très élevées, il est nécessaire de mettre au point la régénération optique des solitons, pour éliminer le bruit. Aujourd'hui l'intérêt des solitons en télécommunications est retombé car des solutions moins complexes ayant permis d'atteindre les objectifs de débit.

II.4. Caractéristiques de la fibre optique

La fibre optique est caractérisée par plusieurs paramètres qui sont déterminés à partir de ses différents types. Les principaux paramètres qui caractérisent les fibres optiques utilisées pour les transmissions sont les suivants :

- Ouverture numérique.
- L'atténuation.
- La bande passante.
- La dispersion.

➤ **Ouverture numérique**

C'est un paramètre important qui nous renseigne sur la capacité qu'a une fibre pour propager les rayons optiques, généralement notée (O.N). L'ouverture numérique caractérise l'angle maximum θ_0 que peut faire le faisceau pour assurer sa propagation dans la fibre optique.

Si l'entrée de la fibre se fait par l'air ($n_0 = 1$) l'ouverture numérique est donnée par :

$$\text{O.N} = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} < 1$$

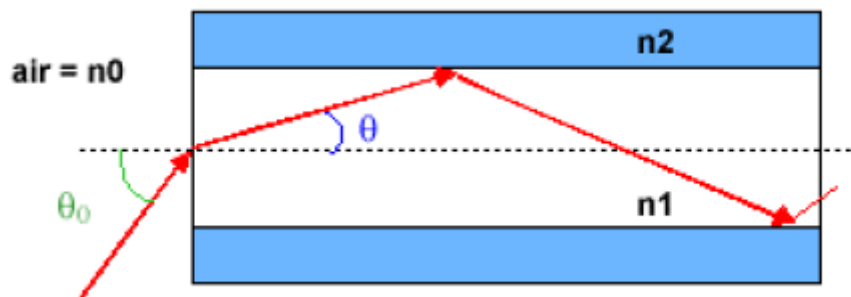


Figure II.8 : Ouverture numérique.

Une forte valeur de l'ouverture numérique permet de coupler beaucoup de lumière dans le cœur de la fibre. Cependant, une valeur élevée est la cause d'une forte dispersion du temps de propagation entre les différents rayons ou modes.

- ✓ Pour les fibres monomodes il est préférable d'utiliser une source laser car l'ouverture numérique est faible. Mais pour les fibres à gradient d'indice, où il varie le long d'un diamètre, l'ouverture numérique est alors maximale sur l'axe de la fibre et s'annule à la périphérie du cœur. [9]

➤ **Perte du signal ou atténuation**

Une perte, ou atténuation se traduit en fibre optique par la perte d'énergie lumineuse dans la fibre. Elle est mesurée en dB/Km. Les longues portées utilisées avec les fibres optiques influent directement sur le signal lumineux, mais ce n'est pas la seule cause

d'atténuation qui existe, en effet, l'absorption, la diffusion, les courbures et les pertes de connectiques sont les principales causes de l'atténuation. La dispersion chromatique et la dispersion modale sont deux phénomènes qui causent la perte du signal.

L'atténuation dans une fibre optique est définie comme étant le rapport de la puissance optique transmise dans la fibre et la puissance reçue exprimée en unité logarithmique par unité de longueur.

$$A[\text{dB}] = 10 \log (P_e/P_s)$$

$A[\text{dB}]$: L'atténuation en décibel.

P_e : La puissance lumineuse à l'entrée.

P_s : La puissance lumineuse à la sortie.

➤ La bande passante

La fibre a une très large bande passante ce qui lui donne un débit très élevé. C'est une mesure de la capacité de transport de données d'une fibre optique (la fréquence maximale de transmission des impulsions). La bande passante pour une longueur de la fibre L est :

$$BP = \frac{L}{\Delta\tau_1 + \Delta\tau_2}$$

Tel que :

$\Delta\tau_1$: Le retard temporel entre le rayon le plus incliné ($\theta = \theta_c$) et le rayon parallèle à l'axe ($\theta=0^\circ$). Où : θ_c est l'angle critique.

$\Delta\tau_2$: Le retard temporel résultant d'une variation de la longueur d'onde en fonction de l'indice due à la dispersion intrinsèque du matériau.

Remarque :

- ✓ Pour une fibre à gradient d'indice, la dispersion modale est minimale pour une distribution quasi parabolique de l'indice.
- ✓ Pour une fibre monomode, la bande passante devient théoriquement infinie, puisque la dispersion est nul ainsi que la dispersion du matériau, si on choisit convenablement le matériau et la longueur d'onde de travail

➤ Dispersion

Lorsqu'une impulsion se propage en régime linéaire dans une fibre optique, elle subit un phénomène de dispersion qui se traduit par un étalement temporel de celle-ci.

La dispersion est un inconvénient majeur dans les fibres optiques, car elle limite le débit de transmission des données dans ces dernières.

Dans une fibre optique la dispersion est la somme de deux composantes principales :

- La dispersion chromatique.
- La dispersion intermodale.

Remarque :

- ✓ Dans un milieu dispersif, chaque longueur d'onde se propage à une vitesse différente.

II.5. Télécommunication optique

Aujourd'hui, les fibres optiques connaissent un rôle très important dans les réseaux de télécommunication moderne. Elles mettent en jeu des composants et des circuits d'émission et de réception, un support de transmission aux propriétés bien particulières et des techniques appropriées de codage, de modulation et de récupération des informations.

Si on compare la fibre optique aux autres supports de transmission, la fibre présente une atténuation quasiment constante sur une énorme plage de fréquences et offre ainsi l'avantage de bandes passantes élevées, permettant d'envisager aujourd'hui la transmission de débits numériques très importants exigés par la multiplication des services et les besoins accrus de transmission d'images.

II.5.1. Le circuit optique

Le circuit optique est l'acheminement de données dans un réseau entre une source et une destination. Le circuit optique est connu en anglais sous l'appellation « lightpath ». Ce circuit optique est composé de plusieurs fibres optiques allant de la source à la destination.

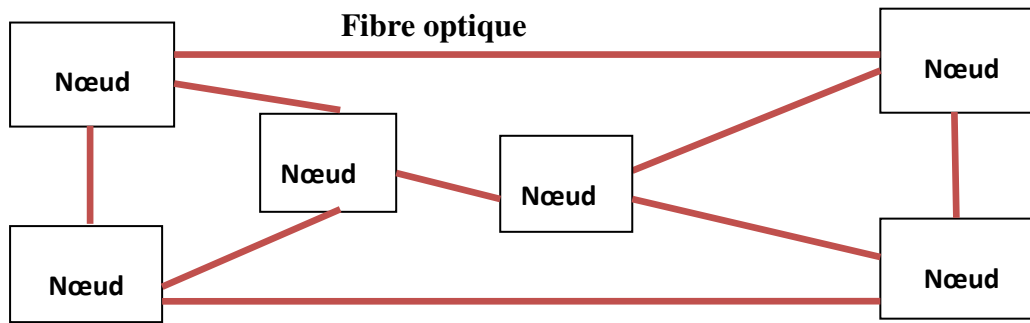


Figure II.9 : Circuit optique.

II.5.1.1 Réseaux de transport optique

Les grandes exploitations dans le domaine de transmission de données et la variété des informations à transmettre à travers des réseaux de télécommunications exigent une croissance de la bande passante des réseaux d'entreprise et des réseaux d'opérateurs.

A. Le système WDM

Avant l'apparition du multiplexage en longueur d'onde WDM, l'accroissement de la capacité d'une liaison est assuré par la multiplication des lignes de transmission et l'empilement des répéteurs-régénérateurs. La technologie WDM permet une large utilisation de la bande passante de la fibre optique. Cette technique de transmission optique permet de combiner plusieurs canaux sur le même signal optique et cela en utilisant une longueur d'onde différente. Chaque longueur d'onde offre un débit de plusieurs Gbps et plusieurs longueurs d'onde sont utilisables.

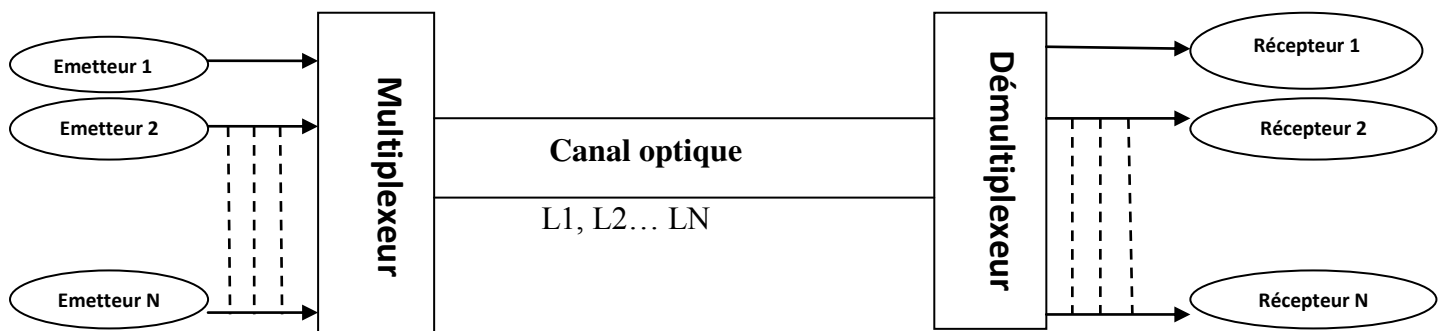


Figure II.10 : Principe de WDM.

Ce système se compose généralement de trois nœuds optiques :

- ✓ **Les multiplexeurs terminaux optiques (OTM) :** ils sont utilisés à l'entrée de réseau WDM pour assurer l'accès pour les signaux provenant des autres réseaux clients tels que SDH, Ethernet ...etc.

- ✓ **Les multiplexeurs à insertion/extraction optique (OADM):** ils sont utilisés pour insérer (à la source) et extraire (à la destination) une ou plusieurs longueurs d'onde dans un système de transmission WDM. Ils sont utilisés dans les réseaux d'accès et métropolitains.
- ✓ **Les brasseurs optiques (OXC) :** Leur rôle est d'assurer la fonction de brassage dans les réseaux optiques WDM. Dans un nœud les longueurs d'onde provenant d'une fibre sont démultiplexées, l'OXC remplace une ou plusieurs longueurs d'onde par d'autres, issues d'une autre fibre, avant de les multiplexer vers une fibre sortante du nœud.

B. Le système SDH

La hiérarchie numérique synchrone (SDH) est un standard international pour les télécommunications à haut débit dans les réseaux optiques de transmission. Cette technologie est basée sur la technique de multiplexage temporel TDM qui consiste à transmettre des signaux numériques avec des débits variables. Elle peut être utilisée dans plusieurs réseaux par exemple les réseaux métropolitains.

Le multiplexage dans la hiérarchie numérique synchrone (SDH) se fait en deux niveaux, le premier niveau est d'ordre inférieur LO (Low Order) suivi d'un deuxième niveau d'ordre supérieur HO (High Order). La structure de multiplexage est basée sur une trame de base : le signal STM-1 (Synchronous Transfer Module d'ordre 1). Les autres trames de niveau N (STM-N) de la norme SDH est constituées à partir de cette trame de base (STM-1). Comme le montre la figure suivante :

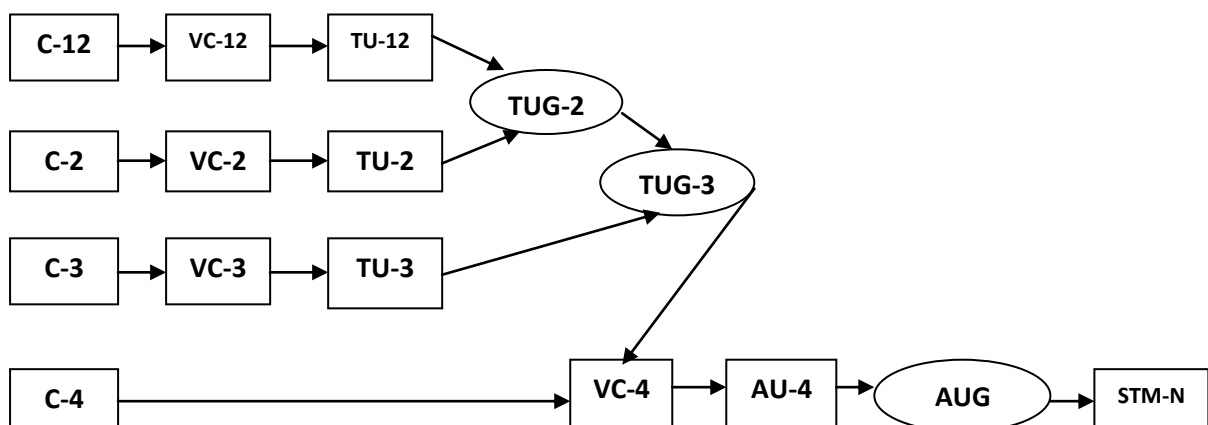


Figure II.11 : Principe de SDH.

L'objectif du multiplexage dans SDH est de regrouper le flux de données des affluents multiservices (ATM, Ethernet, PDH...etc.) dans des trames STM avant leurs transmissions dans le réseau.

La hiérarchie numérique synchrone (SDH) a trois nœuds :

- ✓ **Multiplexeurs terminaux (TM):** ils sont situés à l'entrée des réseaux SDH.
- ✓ **Multiplexeurs à insertion/extraction (ADM):** Les nœuds ADM sont déployés principalement dans les réseaux d'accès et métropolitains.
- ✓ **Brasseurs numériques (DXC) :** Les DXCs sont principalement utilisés dans les réseaux cœur SDH.

C. Le système PDH

Cette technologie est appelée en raison des horloges plésiochrones. Elle est utilisée dans les réseaux de télécommunication dans le rôle de véhiculer les voies téléphoniques numérisées qui est la première technique de multiplexage. Cette technologie est basée sur le multiplexage temporel en définissant des jonctions MIC à 2 Mb/S, entre les points de réseau de l'opérateur, accueillant trente-deux circuits à 64 Kbit/S. Les débits de cette hiérarchie a été créé par le multiplexage des circuits sur plusieurs niveaux : 2 E1, 8 E2, 34 E3, 140 E4...etc.

Remarque : en Amérique du nord et le japon, la hiérarchie PDH utilise le multiplexage de 24 canaux pour donner un débit de niveau (T1).

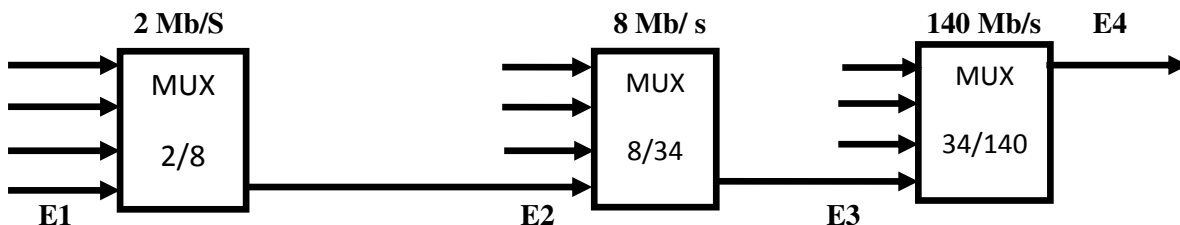


Figure II.12 : Diagramme de la hiérarchie PDH

L'inconvénient de la PDH est que pour extraire un signal, il faut démultiplexer l'ensemble des différents ordres de multiplexage et il faut ainsi une synchronisation entre chaque émetteur avec son récepteur pour une transmission sans erreurs.

II.5.2. Les émetteurs et les récepteurs optiques

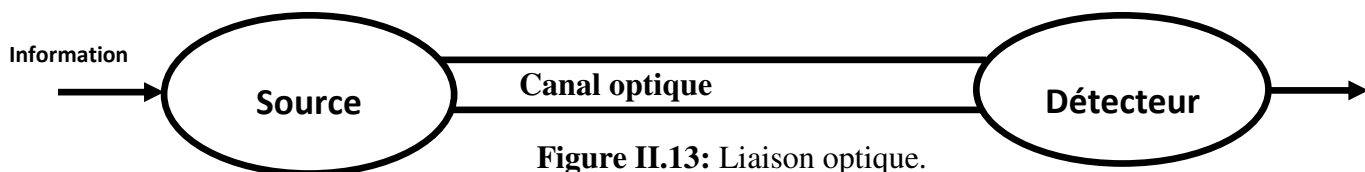


Figure II.13: Liaison optique.

Après plusieurs années de recherche pour obtenir une fibre optique avec une atténuation moins élevée et qui répond aux besoins des réseaux de télécommunication d'aujourd'hui, le progrès réalisé dans l'électronique a permis d'obtenir des composants et des dispositifs plus performants et fiables pour les transmissions optiques.

II.5.2.1. Les émetteurs optiques

A) Les sources

Les sources optiques sont des composants actifs dans le domaine de la communication par fibre optique. Leur rôle est de convertir le signal électrique en signal optique, et réciproquement, par l'intermédiaire de diodes émettrices et réceptrices à semi-conducteurs. Ces composants, d'emploi facile, peuvent en effet être modulés à des fréquences élevées sous des tensions faibles.

A.1. Les diodes électroluminescentes

La LED est un composant électronique ou plus exactement optoélectronique qui produit de la lumière lorsqu'elle est traversée par un courant électronique. Une lampe à LED produit de la lumière par électroluminescence d'un semi-conducteur.

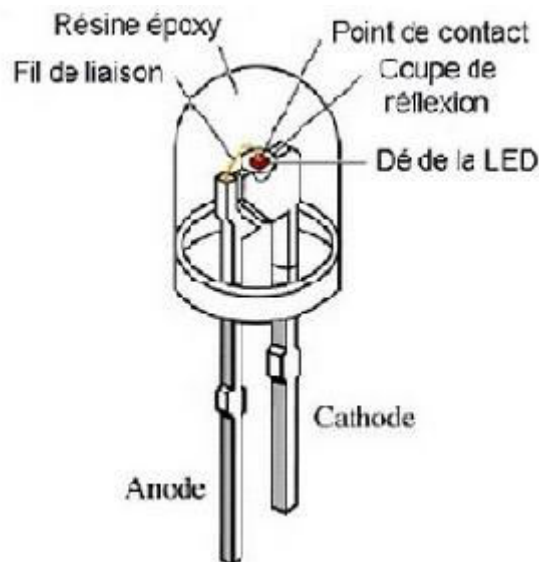


Figure II.14 : Structure de diode électroluminescente.

A.1.1. Principe de fonctionnement des LED



Figure II.15 : Principe de fonctionnement d'une LED.

- ✓ **L'effet photoélectrique** : Lorsque l'électron de la bande de valence passe dans la bande de conduction à condition d'acquérir une énergie supplémentaire au moins égale à ΔE (bande interdite).
- ✓ **L'effet électroluminescence** : lorsque l'électron de la bande de conduction passer dans une bande de valence. Dans ce cas il libère une énergie au moins égale à ΔE (bande interdite).
- ✓ **Jonction P.N** : C'est un phénomène d'électroluminescence obtenu selon une condition de créer une forte quantité d'électrons dans la bande de conduction. Elle est obtenue par injection de porteurs en polarisant dans le sens direct, une jonction PN à semi-conducteur.

La lumière est émise soit latéralement ou perpendiculairement à travers la mince couche N ou P selon la fabrication de composant.

A.2. Les diodes lasers

Une diode laser est un composant optoélectronique à base de matériaux semi-conducteurs. Elle émet de la lumière monochromatique cohérente (une puissance optique) destinée, entre autres, à transporter un signal contenant des informations sur de longues distances (dans le cas d'un système de télécommunications) ou à apporter de l'énergie lumineuse pour le pompage de certains lasers (lasers à fibre...etc.) et amplificateurs optiques. La diode laser est un composant essentiel des lecteurs et graveurs de disques optiques, dans ce cas elle émet le faisceau lumineux dont la réflexion sur le disque est détectée par une photodiode ou un phototransistor.

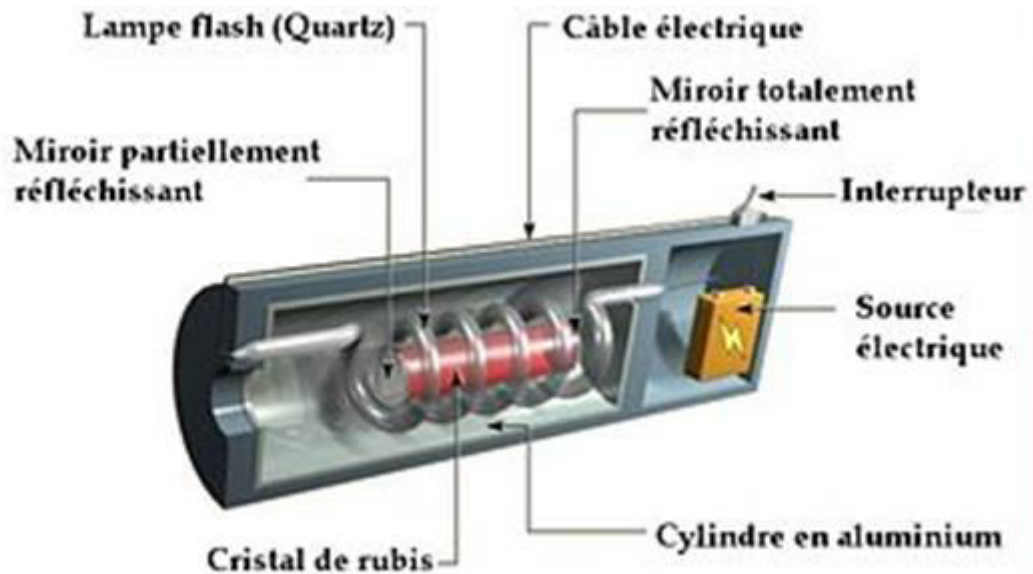


Figure II.16 : Constitution d'un laser.

A.2.1. Courant de laser

Il assure l'alimentation du laser. Le courant qu'il délivre est spécifié par les caractéristiques du laser. Ce dernier est choisi en fonction des caractéristiques de la fibre de transmission. La puissance du signal de sortie du laser dépend du niveau du courant de commande du laser. Pour une puissance émise de 40 mW, on trouve que le courant qui doit être injecté au laser est $I=201,74$ mA.

A.2.2. Faisceau laser

Le faisceau laser non divergent est une propriété d'optique géométrique de base, rien à voir avec la nature de la lumière (longueur de cohérence, largeur spectrale, polarisation).

C'est l'utilisation d'une lentille qui déterminera l'apparence et l'aspect de votre faisceau laser. Une diode laser sans lentille émet un faisceau sur une grande ouverture (20 – 60° d'angle).

B) Modulation optique

Pour transmettre des informations dans les médias optiques, il faut les imprimer sur le signal à envoyer, c'est que l'on appelle modulation car Le signal est rarement adapté à la transmission directe par le canal de communication choisi, hertzien, filaire, ou optique.

Un modulateur est un dispositif capable de modifier les paramètres d'ondes optique (amplitude) en fonction du signal de commande.

Généralement deux méthodes sont utilisées pour moduler les ondes optiques : modulation direct et la modulation externe.

B.1. Modulation directe

La modulation directe est encore très utilisée si les données sont transmises à un débit de quelque Gbits/s, selon la qualité du laser. Mais au-delà de 5 Gbits/s, la modulation externe est indispensable pour maintenir une qualité de transmission correcte. [10]

- ✓ La modulation est facile car la modulation de courant qui les traverse entraîne directement la modulation en intensité de la lumière émise.
- ✓ Cette modulation utilise peu de composants : en dehors du laser, seuls un générateur de courant et un driver sont nécessaires.

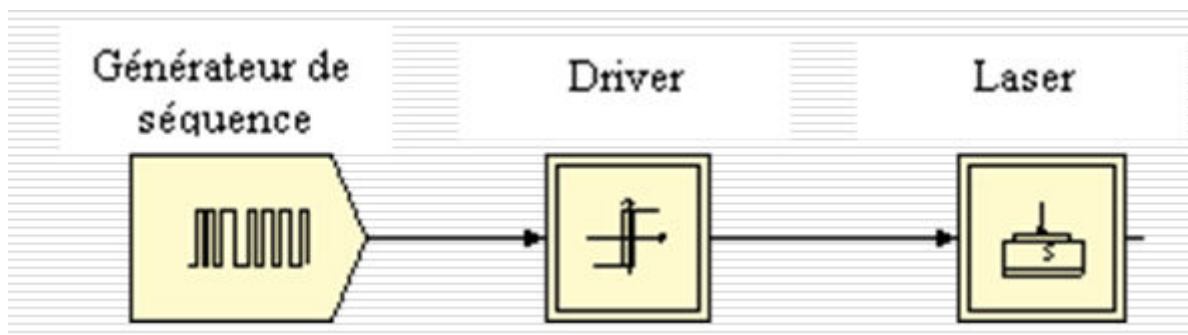


Figure II.17 :Modulation directe.

B.2. Modulation externe

Les conséquences de l'effet conjugué de la dispersion chromatique (effet chirp) et de la modulation de fréquence parasite excluent d'emblée la modulation directe des lasers pour les systèmes de transmission à grande capacité. On a alors recours à des modulateurs externes, en particuliers des modulateurs à électro-absorption. [10]

- ✓ La modulation externe consiste à écrire les données électriques sur un signal optique continu.
- ✓ Elle est obtenue en modulant directement le faisceau lumineux en sortie du laser et non plus le courant d'alimentation à l'entrée du laser.

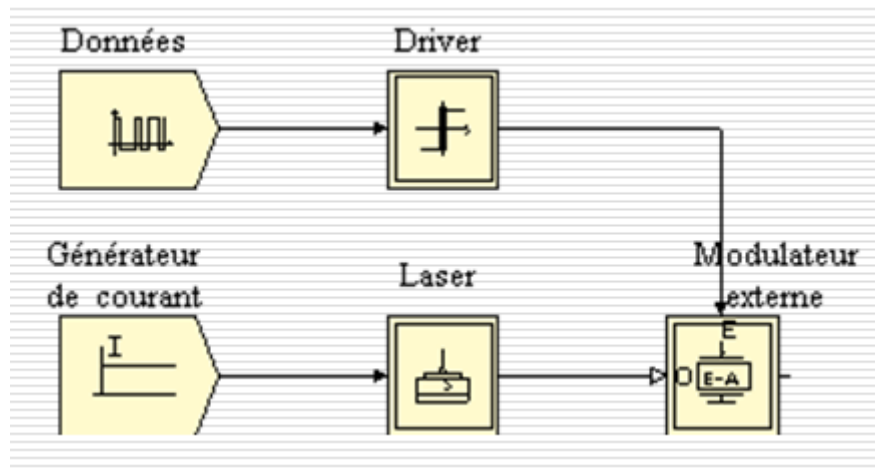


Figure II.18 : Modulation externe.

- ✓ Un driver est souvent présent entre les données et le modulateur afin de fixer les niveaux de la tension de contrôle et de choisir les modifications du facteur de transmission.

II.5.2.2. Le récepteur optique

Son rôle est d'extraire avec certains moyens et techniques fiables l'information transmise à partir du signal optique reçu.

A) Photo-détecteur

Les détecteurs de la lumière utilisés en transmission optique sont des photodiodes à semi-conducteur. Il existe sur le marché essentiellement deux types de composants :

- ✓ La photodiode PIN
- ✓ La photodiode à avalanche (utilisée pour de faibles niveaux de réception)

Ces deux composants transforment une énergie lumineuse en une énergie électrique.

Les diodes PIN sont les plus populaires et les moins coûteuses alors que les diodes à avalanche sont les plus performantes.

A.1. Les photodiodes PIN

Cette photodiode polarisée en inverse, est réalisée à partir de trois couches de semi-conducteur. Deux couches fortement dopées P+ et N+ entre lesquels existe une couche de

grande résistivité (presque intrinsèque) où il existe très peu de charge mobiles. Les paramètres importants, qui caractérisent une photodiode PIN dépendent du matériau et de sa structure. [11]

A.2. Les photodiodes à avalanche (APD)

Lorsque la puissance lumineuse reçue est très faible (quelque nm), les courants détectés sont peu élevés (quelques nA) et se superposent au courant d'obscurité, conduisant à un mauvais rapport signal sur bruit. Pour augmenter ce dernier, il est nécessaire que le courant détecté soit plus important en utilisant l'effet de multiplication par impact qui est le principe des photodiodes à gain interne de type avalanche. [11]

II.5.3. Les amplificateurs optiques

Les amplificateurs optiques permettent de prolonger les distances qu'un système de télécommunication peut atteindre. Ils sont considérés actuellement comme un élément important dans les systèmes de transmission par fibre optique.

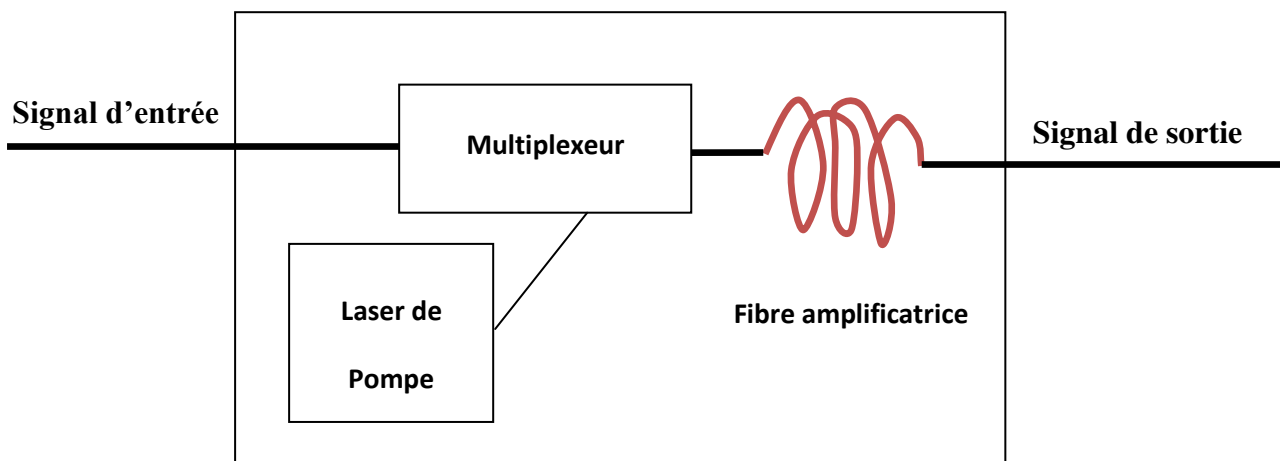


Figure II.19 : Principe d'un amplificateur optique.

Un amplificateur optique de télécommunication est généralement composé de 3 éléments :

- ✓ **La fibre amplificatrice elle-même**
- ✓ **Une source d'excitation de la fibre** : généralement représente un laser qui est qualifié de « laser de pompage »
- ✓ **Un multiplexeur** : permet de coupler le signal à amplifier dans la fibre ainsi que le laser de pompe.

Il existe différentes technologies mises en œuvre dans le cadre d'un processus d'amplification "tout" optique et l'augmentation de débit de données transmissibles :

A) Les amplificateurs optiques (EDFA)

Aujourd'hui, beaucoup de systèmes de transmission sur fibre optique de longue distance utilisent l'amplificateur à fibre optique dopé dans les stations intermédiaires pour amplifier le signal optique. Les amplificateurs à fibre dopée erbium ont révolutionné les transmissions par fibre optique. Ils ont permis d'accroître la distance entre répéteurs, d'accroître le débit par canal optique et surtout de transmettre simultanément plusieurs canaux optiques. L'EDFA fonctionne à la manière d'un laser. Une portion de fibre optique est dopée et pompée optiquement avec un laser afin de placer les ions de dopage dans un état excité. Lorsqu'un signal lumineux passe à travers ce morceau de fibre optique, il désexcite les ions par effet laser en produisant un photon en tout point identique au photon incident. Le signal lumineux a donc été doublé.

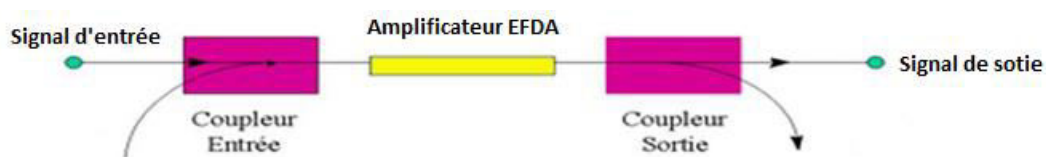


Figure II.20 : Principe de l'amplificateur à fibre dopée.

B) Les amplificateurs à effet Raman

Dans un amplificateur de Raman, le signal est amplifié par une amplification Raman. A la différence du SOA et du EDFA, l'effet d'amplification est réalisé par une interaction non linéaire ; entre le signal et un laser de pompage dans une fibre optique. Il existe deux types d'amplificateur Raman : distribué et localisé. Un amplificateur Raman distribué est celui dans lequel la fibre de transmission est utilisée comme milieu de gain par multiplexage de longueur d'onde de pompe avec une longueur d'onde de signal. Tandis qu'un amplificateur Raman à constantes localisées utilise une plus courte longueur de la fibre dédiée pour fournir l'amplification.

C) Les amplificateurs à semi-conducteur

Les amplificateurs optiques semi – conducteurs (SOA) sont des amplificateurs qui utilisent un semi-conducteur pour fournir le milieu de gain. Ainsi, ces amplificateurs ont une structure similaire à celle des diodes laser Fabry-Pérot. Mais avec des éléments de conception

antireflets sur les faces frontales. Les modèles récents comprennent des revêtements anti-réfléchissants et inclinés et des zones qui peuvent réduire la face de réflexion à l'extrémité à moins de 0,001%.

En conséquence cela crée une perte d'énergie qui empêche l'amplificateur d'agir comme un laser. Un autre type de SOA se compose de deux régions. Une partie à la structure d'une diode laser de Fabry-Pérot et l'autre a une géométrie conique afin de réduire la densité de puissance sur la facette de sortie.

II.6. Connecteur fibre optique

Les connecteurs fibre optique sont des dispositifs normalisés terminant une fibre optique et permettant de les raccorder aux équipements terminaux comme les Switch. Un connecteur de fibre optique met fin à une fibre optique et permet une connexion et déconnexion plus rapide que le collage. Il existe un très grand nombre de connecteurs :

- **Connecteur ST (Straight Tip) :** Les connecteurs ST sont de moins en moins utilisés pour les réseaux optiques en intérieur et extérieur. Sa fêrle en céramique garantit de hautes performances et autorise son utilisation pour les fibres multimodes. Il possède un système de verrouillage à baïonnette qui assure un verrouillage du connecteur par pression et rotation en évitant les serrages excessifs et l'endommagement de l'extrémité de la fibre. Les pertes de connexions sont inférieures à 0,5 (moyenne de 0,3).



Figure II.21: Connecteur optique ST.

- **Connecteur SC (Standard Connector) :** Le connecteur SC permet de coupler avec un alignement précis par l'intermédiaire de leurs embouts en céramique. Le profil carré autorise des densités de connexion plus élevées sur les instruments et les panneaux de raccordement. De plus, ils offrent à faible coût, la simplicité et la durabilité.

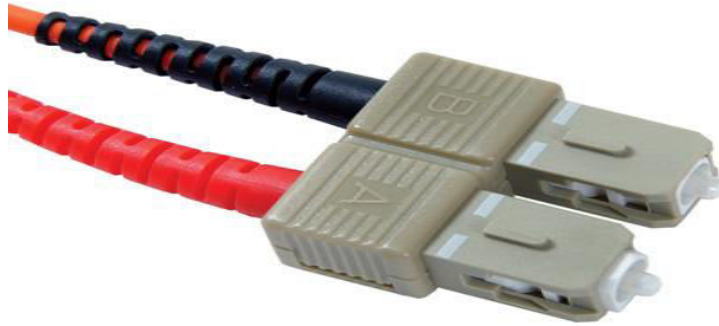


Figure II.22: Connecteur optique SC.

- **Connecteur optique FC (Ferrule Connector) :** ce connecteur est utilisé beaucoup dans les fibres monomodes. C'est un connecteur à embout céramique de haute précision.



Figure II.23: Connecteur optique FC.

- **Connecteur optique LC (Lucent Connector):** Les connecteurs LC ont les mêmes propriétés que les connecteurs SC. Ils sont carré comme le SC, mais beaucoup plus petit. Généralement, ils sont placés dans des endroits plus difficiles d'accès.



Figure II.24: Connecteur optique LC.

Remarque :

- ✓ Lors d'installation du connecteur optique, il y aura des pertes. Des fois les rayons lumières se reflètent vers la source optique alors ils peuvent endommager la source lumière laser et perturber le signal transmis.

- ✓ Il existe d'autres connecteurs plus anciens et moins courants de type : MTRJ, ODC, VFO, E2000 ...

II.6.1. Caractéristiques des connecteurs fibre optique

Les caractéristiques d'une bonne conception de connecteur sont :

- ✓ Une faible perte d'insertion
- ✓ Une perte de retour élevée (faibles quantités de réflexion à l'interface)
- ✓ La facilité d'installation
- ✓ Un prix bas
- ✓ La fiabilité
- ✓ La faible sensibilité environnementale
- ✓ La facilité d'utilisation

II.7. Raccordement des fibres optiques

Malgré les progrès réalisés, les raccordements restent un point délicat de l'utilisation des fibres optiques, à cause des perturbations qu'ils apportent, de la très haute précision requise et du coût (en matériel et main d'œuvre) de l'opération. C'est pour cette raison que les systèmes sur fibres monomodes sont plus chers que les systèmes sur fibre multimodes, alors que les fibres elles-mêmes sont moins chères. [12]

Le raccordement définitif bout à bout de deux fibres optiques peut se faire :

II.7.1. L'épissure

Cette opération consiste à raccorder directement les deux fibres par soudure au moyen d'un arc électrique, en alignant le mieux possible les deux cœurs de fibre. Elle se fait grâce à un appareil appelé soudeuse ou épissureuse.

➤ Avantages

- ✓ Cette méthode de raccordement est rapide et relativement simple à mettre en œuvre.
- ✓ La perte de lumière engendrée par la soudure, due à un alignement des cœurs imparfait, reste très faible.

➤ **Inconvénients**

- ✓ Ce type de raccordement est relativement fragile (malgré une protection de la fusion par un tube thermo rétractable).
- ✓ C'est un raccordement définitif.
- ✓ Il faut investir dans une soudeuse.

II.7.2. L'utilisation de connecteurs

Dans ce cas, il faut réaliser le câblage d'un connecteur à chacune des extrémités des fibres à raccorder. On peut alors raccorder les deux fibres en raccordant les deux connecteurs.

➤ **Avantages**

- ✓ Ce type de raccordement est robuste. On peut choisir le type de connecteur et la robustesse de celui-ci en fonction du domaine d'application du système.
- ✓ Le raccordement est amovible. On peut connecter et déconnecter les deux fibres plusieurs centaines à plusieurs milliers de fois sans détérioration.

➤ **Inconvénients**

- ✓ La mise en œuvre est moins rapide que la fusion, et requiert une expérience ainsi que des outillages spécifiques.
- ✓ La perte de lumière due à la connexion est plus élevée que dans le cas d'une épissure.

II.8. Les avantages de la fibre optique

La fibre optique procure plusieurs avantages qui peuvent être classés en :

- **Performances de transmission** : Très faible atténuation, très grande bande passante, possibilités de multiplexage(en longueur d'ondes).
- **Avantages de mise en œuvre** : Très petite taille, grande souplesse, faible poids.
- **Sécurité électrique** : Isolation totale entre terminaux, utilisation possible en ambiance explosive ou sous de forte tension.
- **Sécurité électromagnétique** : Insensible aux parasites et elle n'en crée pas, inviolabilité presque totale.

A decorative rectangular frame with a marbled background and a 3D effect. The frame has a white border on the top and left sides, and a gray border on the bottom and right sides. The marbled background is a mix of light and dark gray tones. The text "Chapitre III" is centered in the frame.

Chapitre III

Introduction

Le monde d'aujourd'hui a connu une très grande évolution dans le domaine de transmission de données qui a exigé un support de transmission plus fiable à cet énorme trafic d'information qui circule dans les réseaux de télécommunication. La fibre optique paraît le support de transmission le plus fiable pour cet énorme trafic grâce à sa rapidité et sa large bande et cela dans plusieurs entreprises dans le monde. Dans le cadre d'acheminement de données (data, voix et vidéo), on propose dans ce chapitre de connaître les moyens logiciels et matériels utilisés au niveau d'Algérie Télécom qui permettent la réalisation d'un réseau intranet au profit du MICL (ministère intérieure des collectivités locales) qui consiste à l'interconnexion l'ensemble des communes et daïrates à travers territoire national en utilisant le réseau de transmission fibre optique.

III.1. Présentation d'organisme de travail**III.1.1. Algérie Télécom**

Algérie Telecom est le leader sur le marché algérien qui connaît une forte croissance. Offrant une gamme complète de services de voix et de données aux clients résidentiels et professionnels.

Cette position s'est construite par une politique d'innovation forte adaptée aux attentes des clients et orientée vers les nouveaux usagers.

Elle a été créée le 10 avril 2003 d'une séparation des activités postales et télécommunications des anciens services de PTT. En 2014 Algérie Telecom a connu une réorganisation et la solution choisie a été celle de créer un groupe télécom d'Algérie qui disposera de tous les moyens de l'Etat en matière de télécommunications ». C'est-à-dire qu'il regroupera les trois filiales, fixe (AT) mobile (ATM) et satellitaire (ATS). Ce nouveau groupe s'occupera de management économique et aussi mutualiser les ressources humaines et réaliser des achats groupés, ce qui coûtera beaucoup moins cher.

Algérie Telecom a trois objectifs dans le domaine des technologies de l'information et de communication :

- ✓ Accroître l'offre de services téléphoniques et faciliter l'accès aux services de télécommunications au plus grand nombre d'utilisateurs, en particulier en zone rurales ;
- ✓ Accroître la qualité de services offerts et la gamme de présentations rendues et rendre plus compétitifs les services de télécommunications ;

- ✓ Développer un réseau national de télécommunication fiable et connecté aux autoroutes de l'information.

III.1.2. Présentation de centre d'accueil CRMET de Tizi-Ouzou

Le centre CRMET (centre régional de maintenance des équipements de transmission) est un centre d'installation des équipements des télécommunications de différentes marques très connues tels que : Huawei, SIEMENS, ...et d'acheminement de différentes liaisons de transmission entre plusieurs sites et localités par le moyen des supports de transmissions (fibre optique).

Le CRMET assure les tâches suivantes :

- ✓ Etude, installation et mise en service des équipements de transmissions haut débit à fibre optique (155Mb/s, 622Mb/s, 2,5 Gb/s... 20 Gb).
- ✓ Installation et mise en service des liaisons spécialisées au profit des clients professionnel (liaison spécialisée data, liaison spécialisée internet et liaison spécialisée téléphonique).
- ✓ Relève de dérangement de ces sites liaisons.
- ✓ Assure la maintenance des équipements de transmissions.

III.2. Etude de la réalisation de projet MICAL

Le projet MICAL consiste essentiellement d'établir un réseau intranet national afin de relier toutes les APC et les daïrates des wilayas de l'Algérie entre elles et cela pour permettre l'accès rapide et fiable à la base de données des wilayas en toute sécurité. Pour la réalisation de ce projet, des différents moyens matériels et logiciels sont utilisés :

III.2.1. L'outil de programmation

Différents logiciels de gestion des réseaux sont utilisés, parmi ces logiciels on verra :

III.2.1.1. Logiciel U2000 et E300

Les logiciels U2000 et E300 sont utilisés au niveau de centre CRMET de Tizi-Ouzou pour configurer les équipements de transmission à fibre optique (U2000 pour les équipements huawei et E300 pour les équipements ZTE). C'est des logiciels de gestion des réseaux utilisés au niveau d'Algérie Télécom, qui grâce à leur haute intégration et leur fiabilité réduisent le coût total de possession et d'exploitation dans l'entreprise.

III.2.1.2. Logiciel ULAF+

ULAF+ est un système modulaire pour la transmission des signaux numérique. Les signaux sont transmis soit via :

- ✓ Des câbles de cuivre à l'aide de technologie HDSL, via
- ✓ Des câbles de cuivre à l'aide de technologie SHDSL, via
- ✓ Un câble en fibre optique à l'aide de la technologie TCM (Multiplexeur par compression temporelle).

Ce logiciel permet d'offrir des services Ethernet et TDM sur des réseaux de paquets ou TDM exploitant l'infrastructure existante en cuivre ou en fibre optique, il offre la flexibilité de fournir des services polyvalents et complets.

III.2.2. Technologie utilisée

La technologie SDH répond à certains nombre d'objectifs qui sont la flexibilité, la visibilité, la facilité d'exploitation, la prise en compte des évolutions futures vers les hauts débits et l'interconnexion des systèmes. Le SDH utilise le multiplexage synchrone qui procure une visibilité directe des signaux transportés à l'intérieur d'une trame à 155 Mbit/s. Cette technologie est essentiellement orientée vers la transmission sur fibres optiques qui a permis de diminuer les contraintes de débit.

III.2.3. Les équipements utilisés

Ils sont utilisés pour relier le client (APC, Daïra) au réseau d'Algérie télécom. Différents types et marques d'équipements sont utilisés :

III.2.3.1. Modem

C'est un équipement utilisés pour relier le client (APC, daïra) au réseau d'Algérie Télécom. Il existe différents types et marques : siemens, albis...etc.



Figure III.1 : Modem Siemens

III.2.3.2. Terminal numérique de ligne optique

Le terminal numérique de ligne optique est un multiplexeur sur fibre optique des interfaces E1, 2 Mbps (G703) et de flux Ethernet / IP. Il assure le transport des interfaces E1 / G703 en toute transparence et indépendance des horloges. Il est particulièrement adapté au raccordement de PABX, de stations de base. Son interface fibre optique est présentée sur deux slots SFP. Des modules SFP simple (WDM) ou doubles fibres, permettent de s'adapter à tout type de besoin de raccordement jusqu'à 120 km. Il assure la protection 1+1 de la fibre si deux modules optiques sont insérés dans l'équipement.

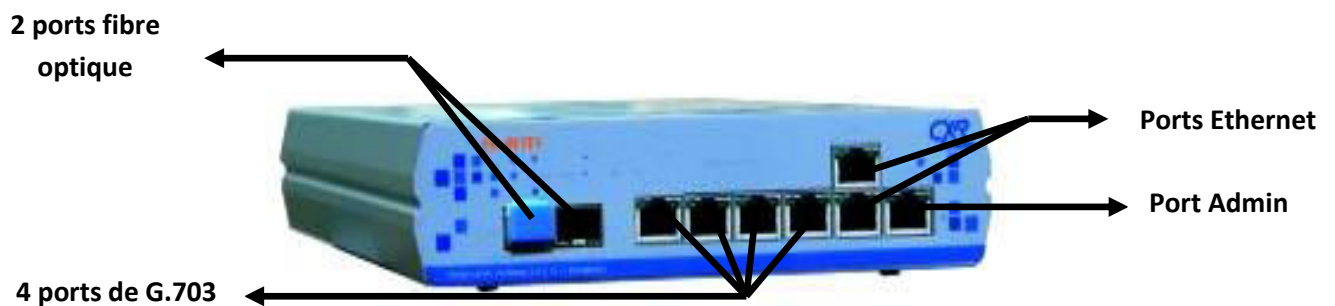


Figure III.2 : Terminal numérique de ligne optique.

III.2.3.3. Optix OSN 2000

OSN 2000 est un équipement de transmission qui offre une capacité très importante pour la transmission de données et d'accès aux services. OSN 2000 peut réaliser commodément la gestion de la capacité de transmission et de la bande passante et répondre à la demande de transmission de services multiples tels que la voix, internet. C'est un équipement parfait aussi pour la protection de réseau.



Figure III.3:Optix OSN 2000.

III.2.3.4. Les équipements S200 et S325 ZTE

Ils sont des équipements de transmission utilisés par Algérie Télécom à Tizi-Ouzou pour la gestion des réseaux. ZXMP S200 et S325, une plate-forme de transport multiservices intelligente conçue en avance Technologie, permettant aux clients de créer un réseau efficace et compétitif. Ils sont équipements de transport multiservices dotés d'une grande capacité, d'une expédition flexible, d'une fiabilité élevée, d'une bande passante élastique et d'une capacité de mise à niveau sont nécessaires pour gérer la prestation des services dans le réseau de base.



Figure III.4: S200 ZTE



Figure III.5: S325 ZTE

III.2.3.5. Le métro 1000

L'OptiX Metro 1000, un type d'équipement en forme de boîtier STM-1, a été développé par Huawei pour permettre l'accès à plusieurs types de services. Il peut être utilisé dans la couche d'accès des Réseaux de zone métropolitaine (MAN) et des réseaux de transmission locaux pour accéder aux lignes privées VIP.



Figure III.6 : Le métro 1000

III.2.4. L'exploitation des équipements

Pour exploiter les équipements, leurs configuration est nécessaire dont la configuration est assurée par un logiciel venant avec l'équipement lui-même

III.2.4.1. Configuration des modems

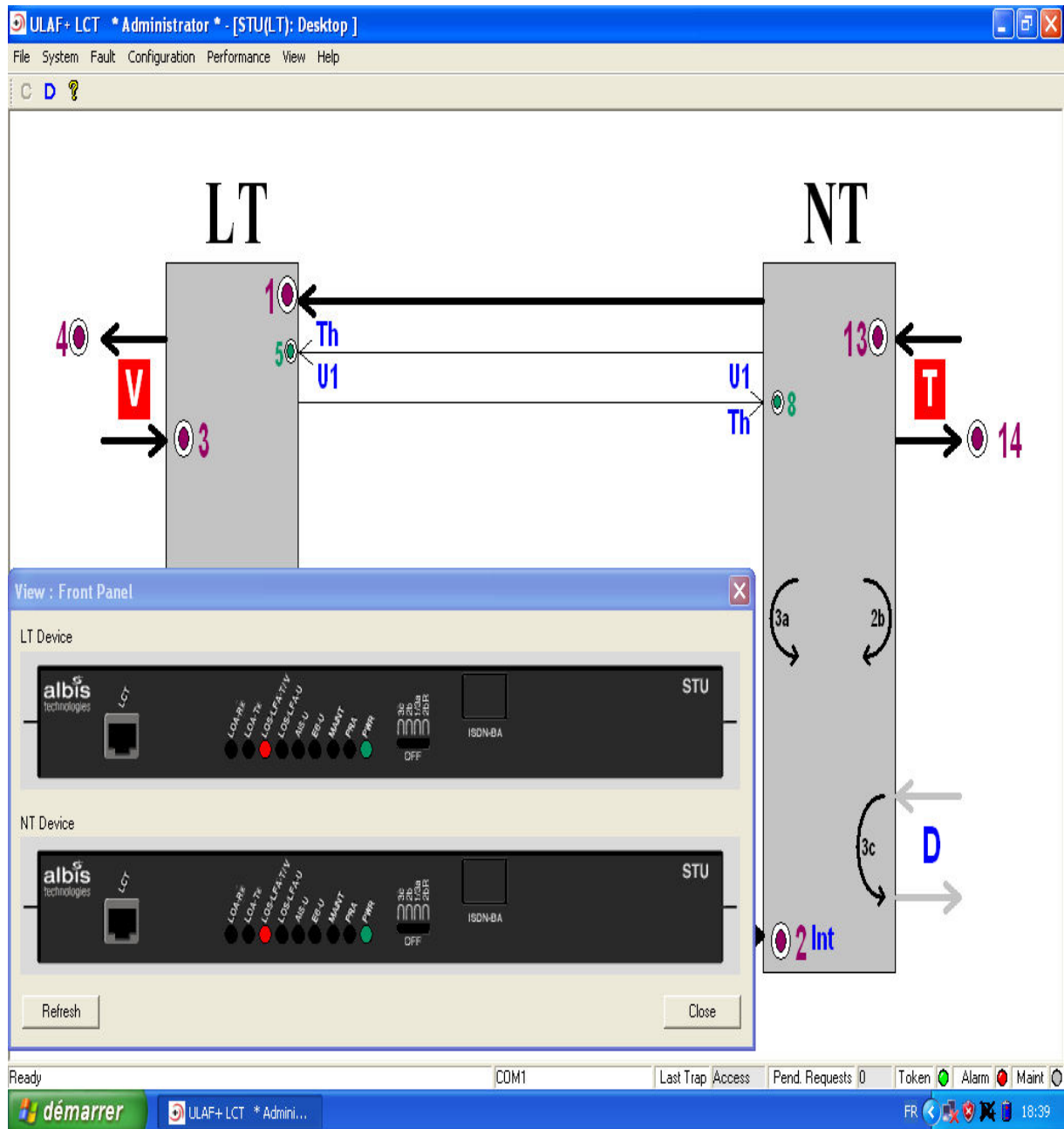
Afin de configurer les modems de liaison spécialisée data de données, on procède à la configuration de la paire en utilisant le logiciel ULAF+ :

- **Les étapes de configuration avec ce logiciel :**

A) On ouvre le logiciel ULAF+



B) On tape sur **file** puis sur **connect** pour afficher les deux modems à configurer

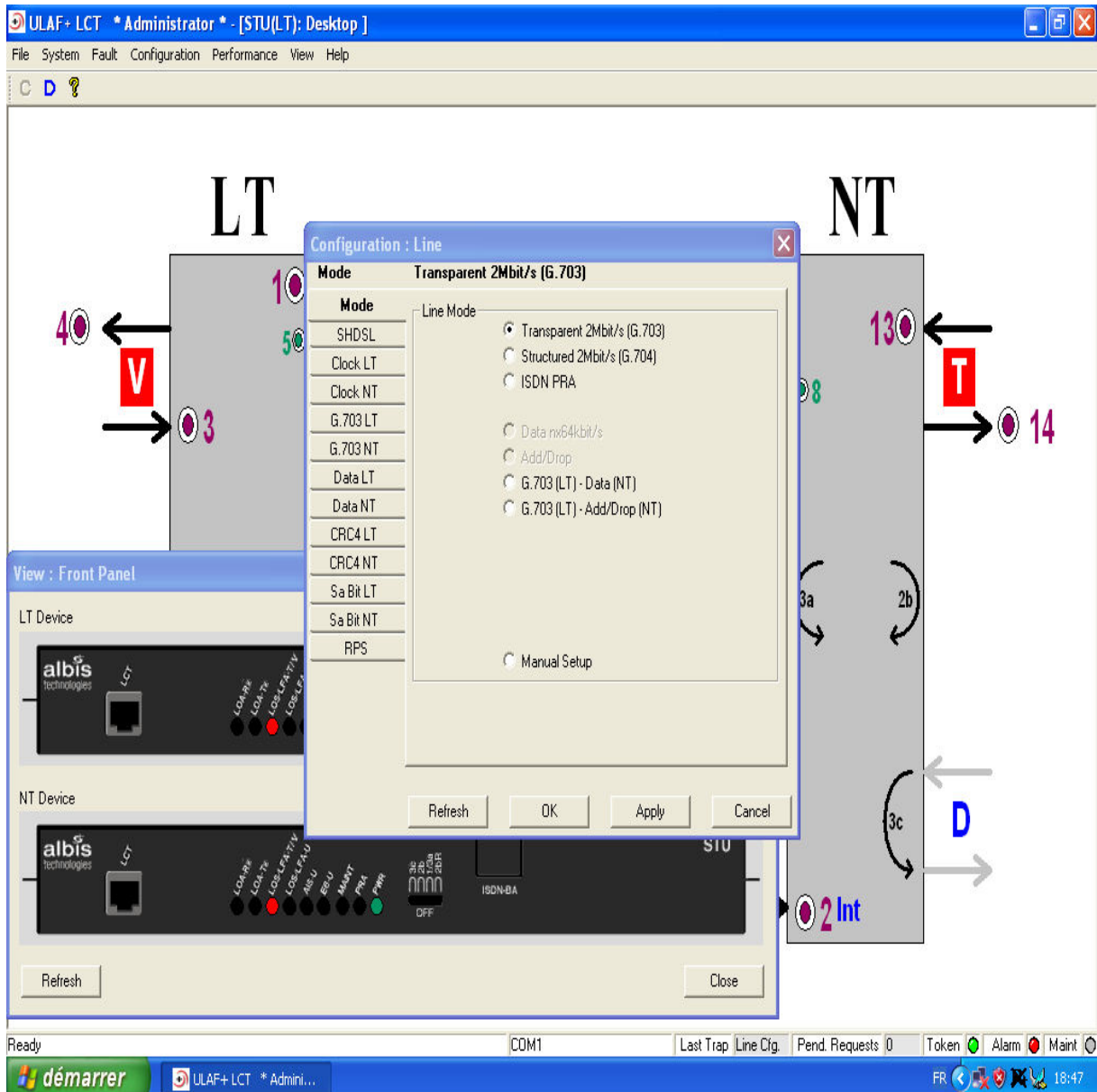


Les deux modems s'affiche donc comme la montre la figure.

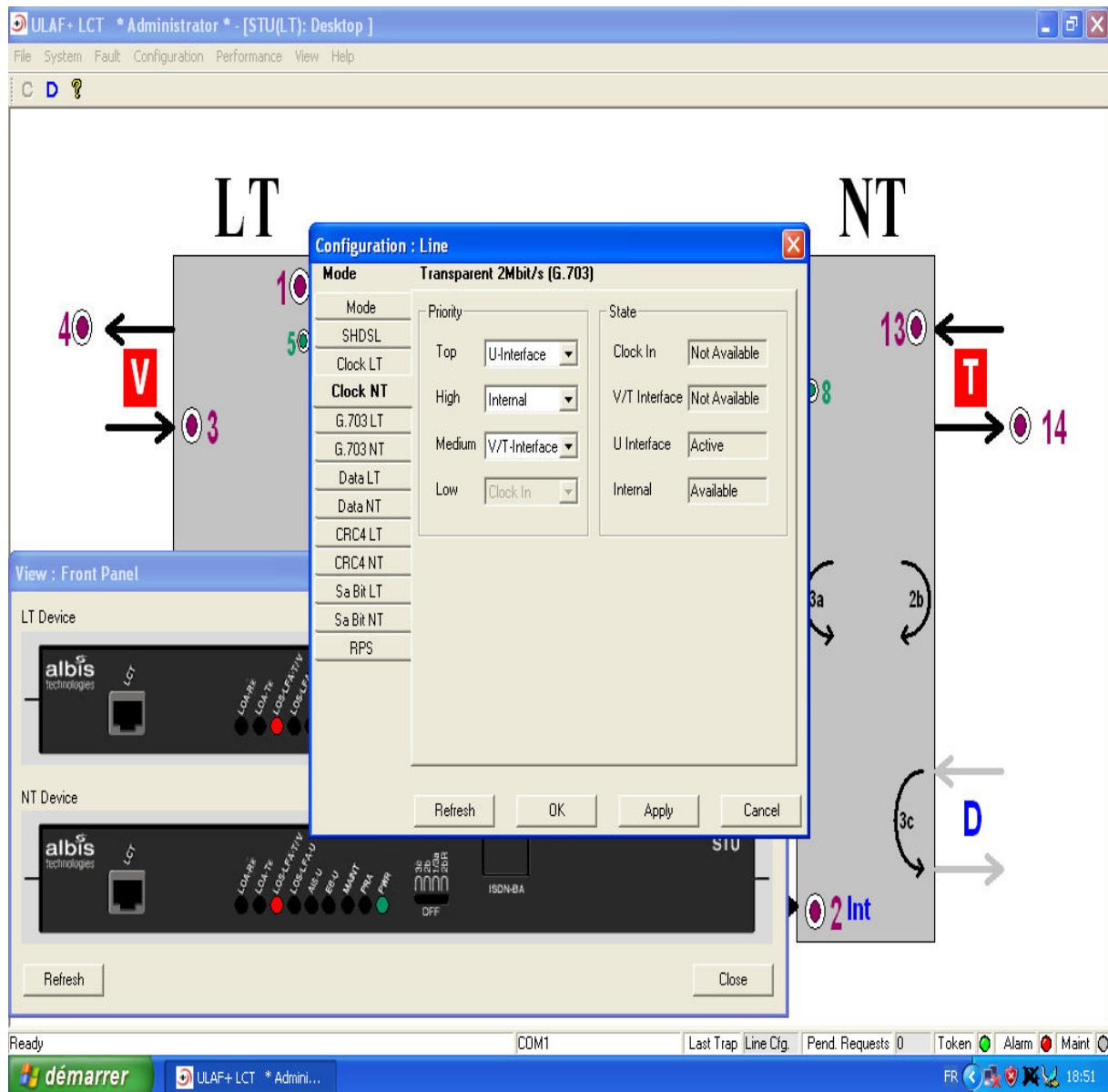
- **LT** : désigne le modem de coté central.
- **NT** : désigne le modem de coté client.

C) On tape sur **configuration** puis sur **line** pour afficher les paramètres à configurer pour les deux modems.

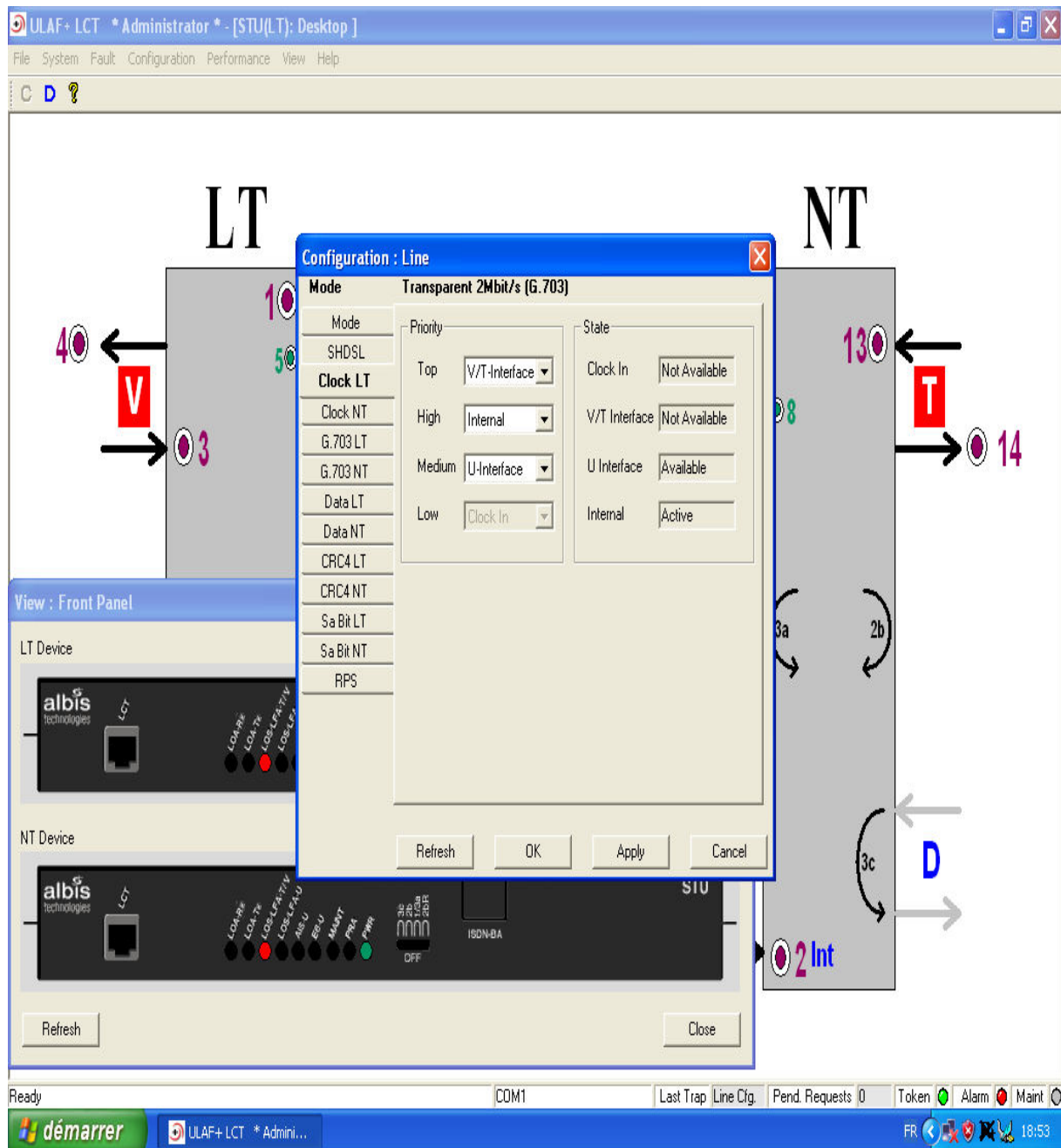
Dans cette fenêtre on sélectionne le mode **Transparent 2 Mbit/s (G.703)** sachant que le routeur de client (APCs et Dairates) possède une interface G.703 de 2 Mb/s.



D) On clique sur **Clock NT** pour sélectionner les paramètres de modem de côté client et la configuration est illustrée dans la figure suivante :



E) On sélectionne ensuite **Clock LT** pour configurer le modem de côté central et les paramètres à sélectionner comme montre la figure suivante :

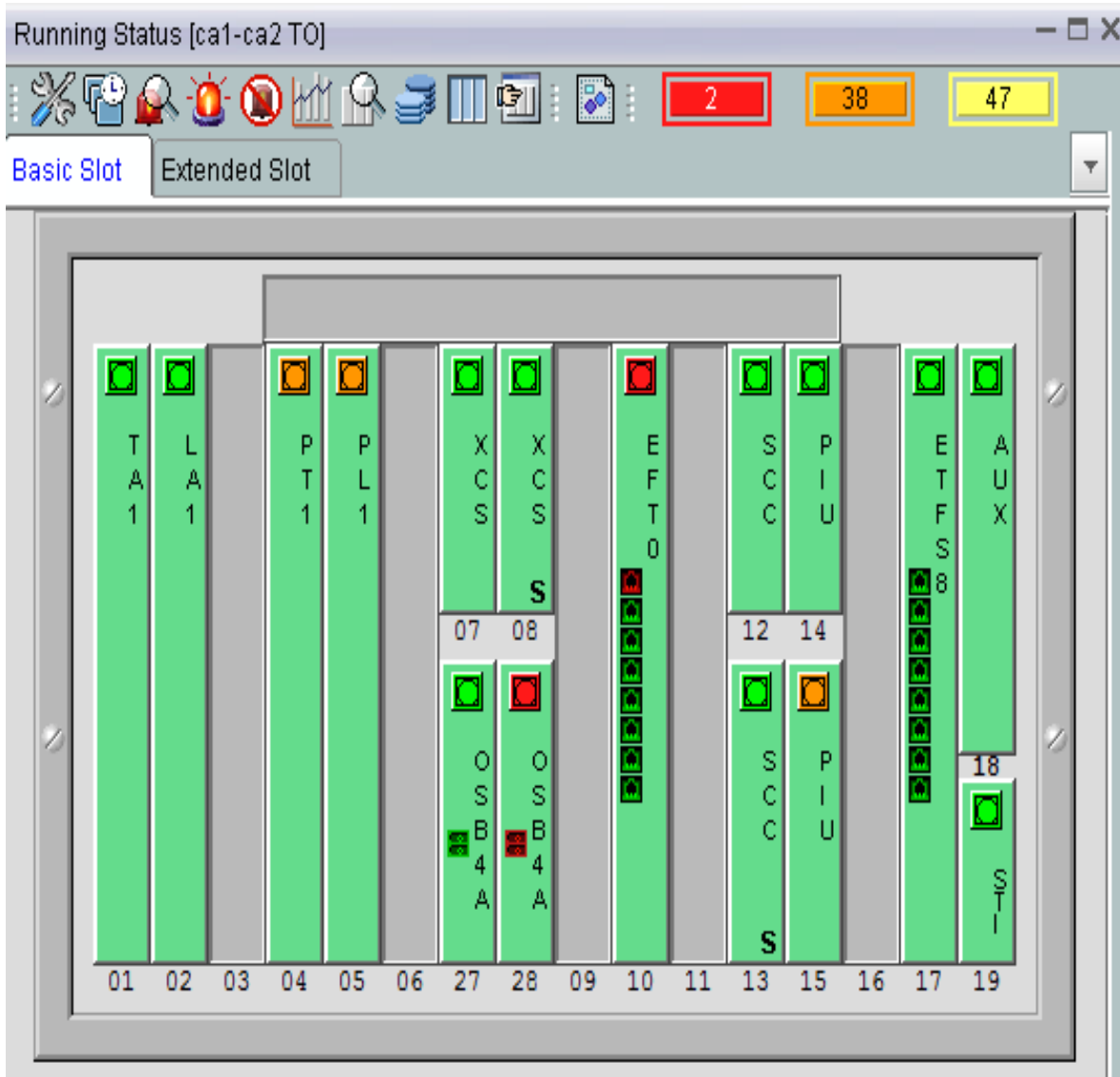


Remarque : pour les autres paramètres restent invariable.

III.2.4.2. Configuration d'optix OSN 2000 huawei

Pour permettre l'acheminement du lien 2 Mb/s déjà configuré sur les modems SHDSL on verra comment configurer les équipements de marque huawei tel que OSN 2000 en utilisant le logiciel U2000

- Description des cartes d'OSN 2000

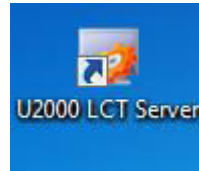


- ✓ **LA1** : carte d'interface de 116 canaux E1 / T1 75/120 Ohm.
- ✓ **TA1** : carte d'interface 48 canaux E1 / T1 75/120 Ohm.
- ✓ **PL1** :16xE1 office de traitement des services.
- ✓ **PT1** :48xE1 office de traitement des services.
- ✓ **XCS**: Cross-Connect & Timing Board.
- ✓ **OSB4A** : carte d'interface optique 1xSTM-4.
- ✓ **EFT0**: 8x10 / 100 Base-T Transport Process Board.

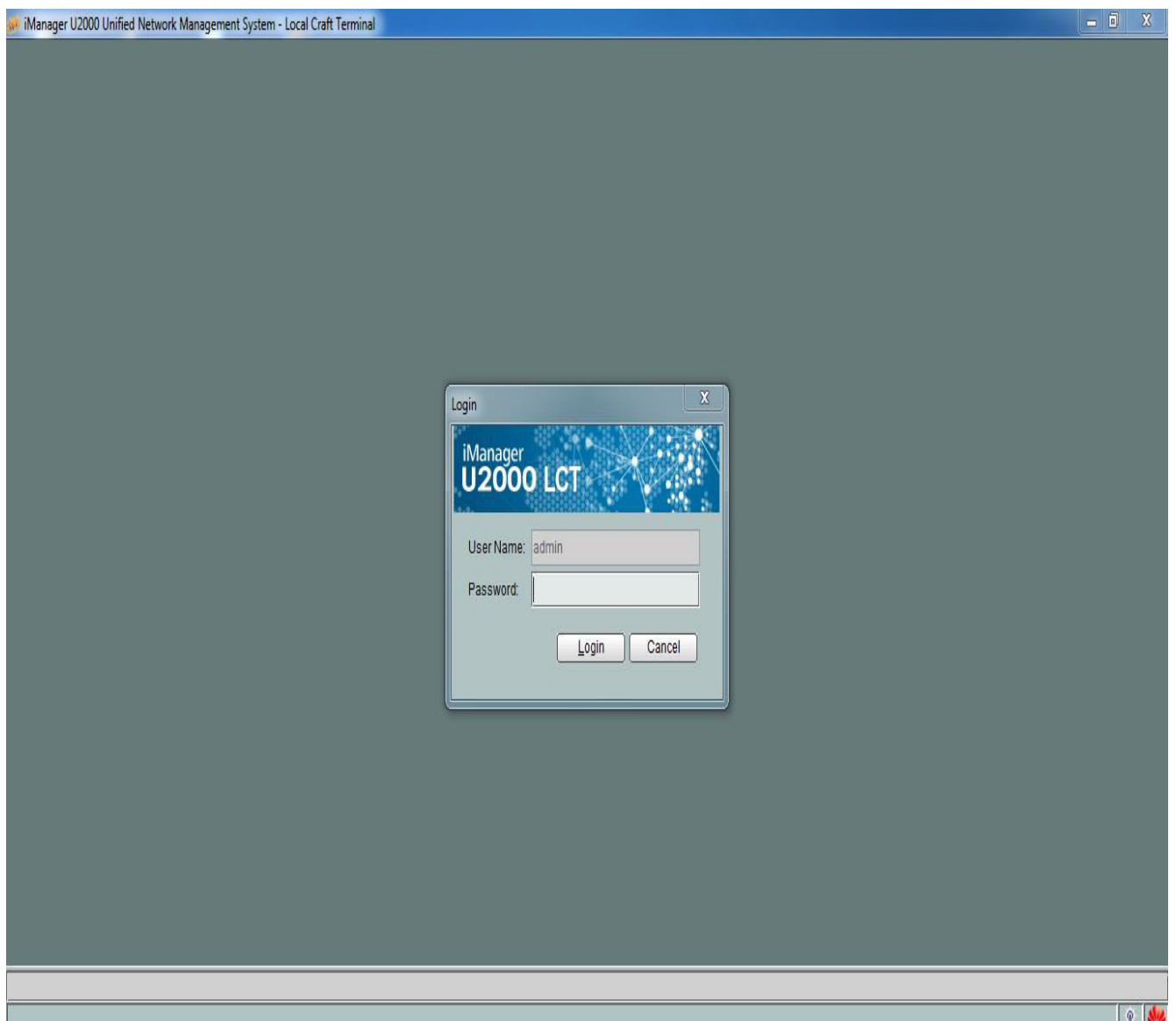
- ✓ **SCC:** Carte de contrôle et de communication du système.
- ✓ **PIU:** Power Board (carte d'énergie).

➤ **Les étapes de configuration :**

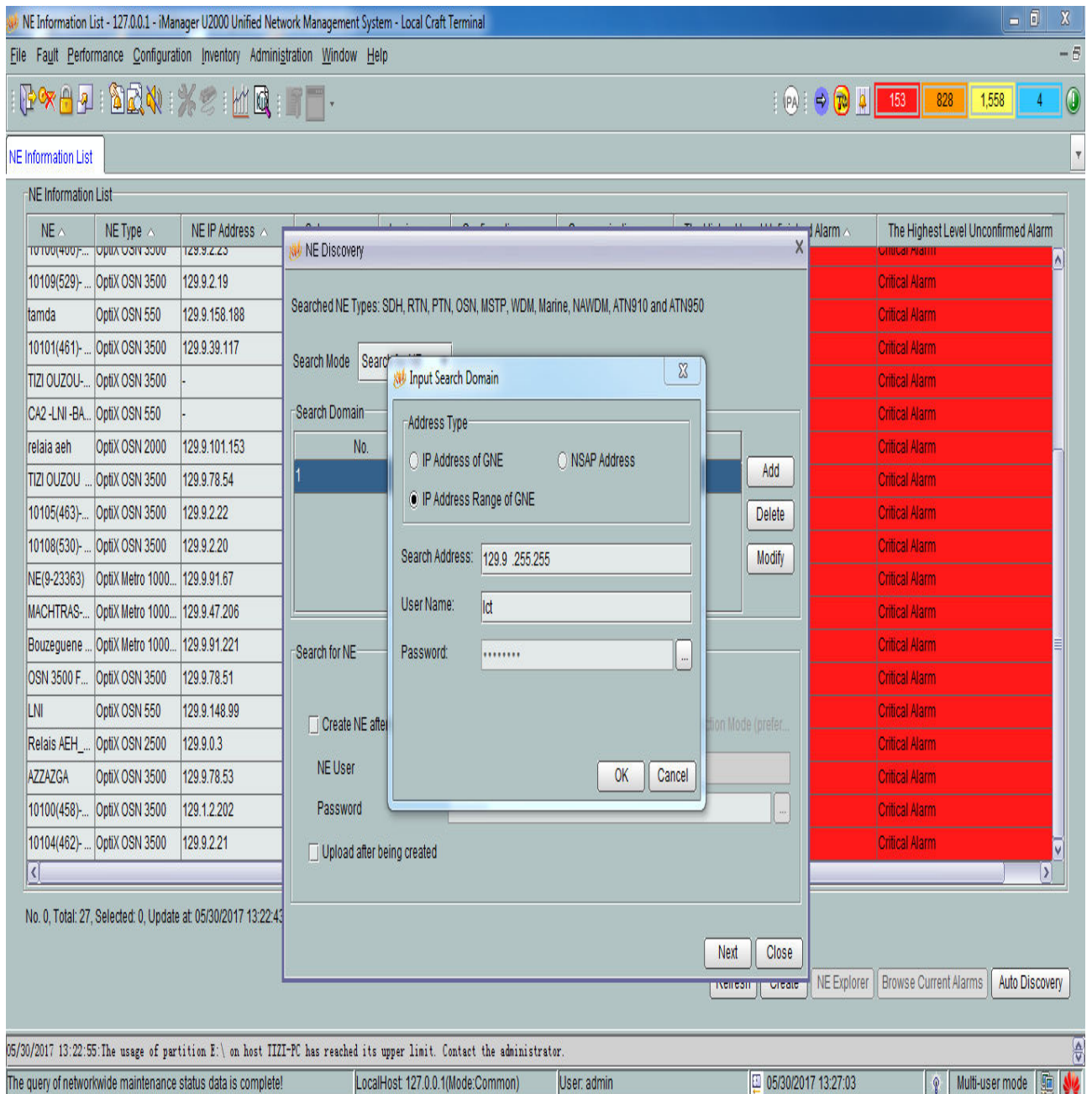
A) On lance **U200 LCT server** et on ouvre **U2000 LCT Client**



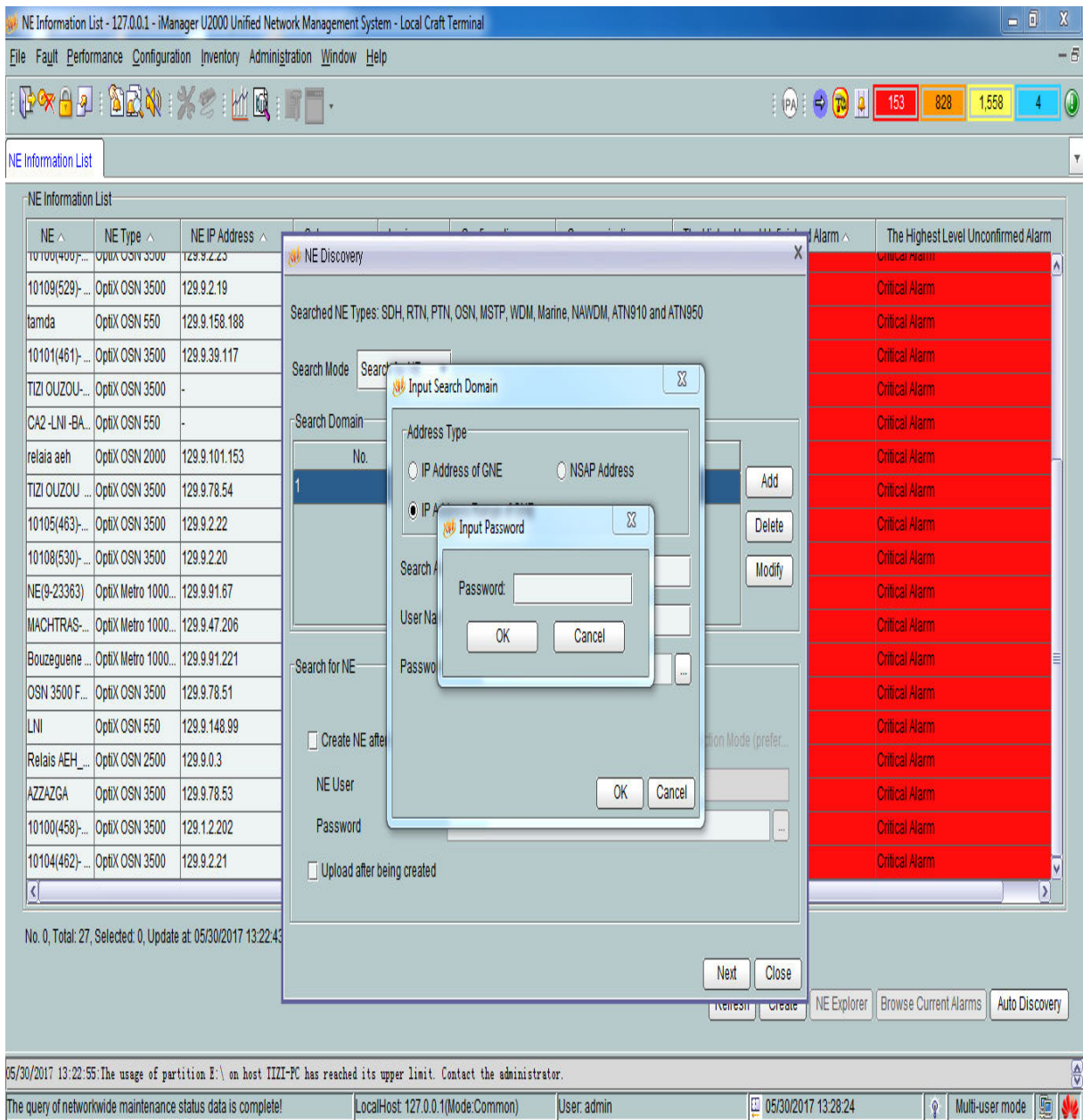
B) On tape le mot de passe et on introduit l'identifiant



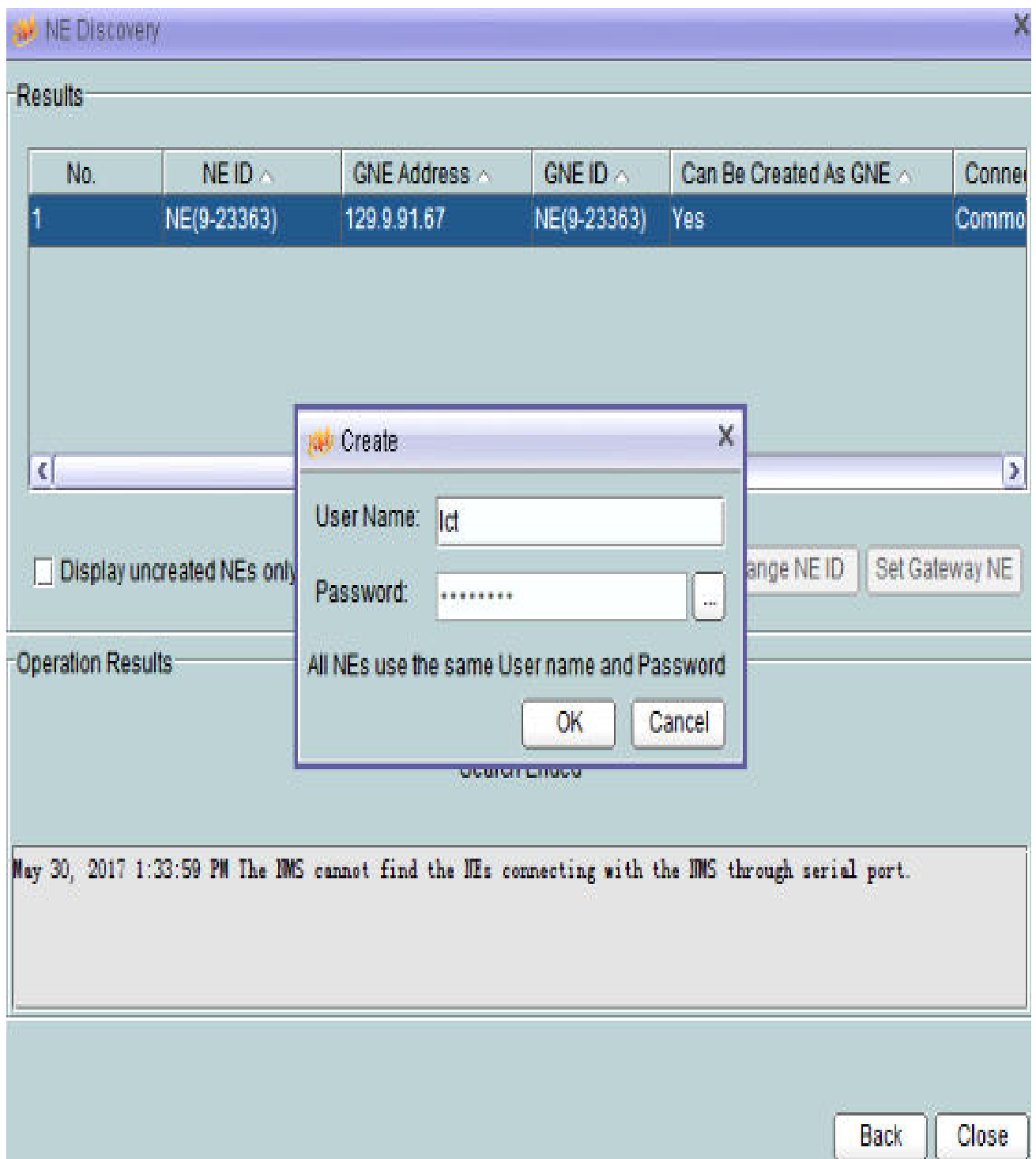
C) Lorsque la fenêtre principale s'affiche on tape sur **Auto Discovery** puis sur **Modify** pour recherche notre équipement à configurer :



- ✓ Ensuite on appuis sur **password** et une fenêtre s'affiche pour introduire le mot de passe :



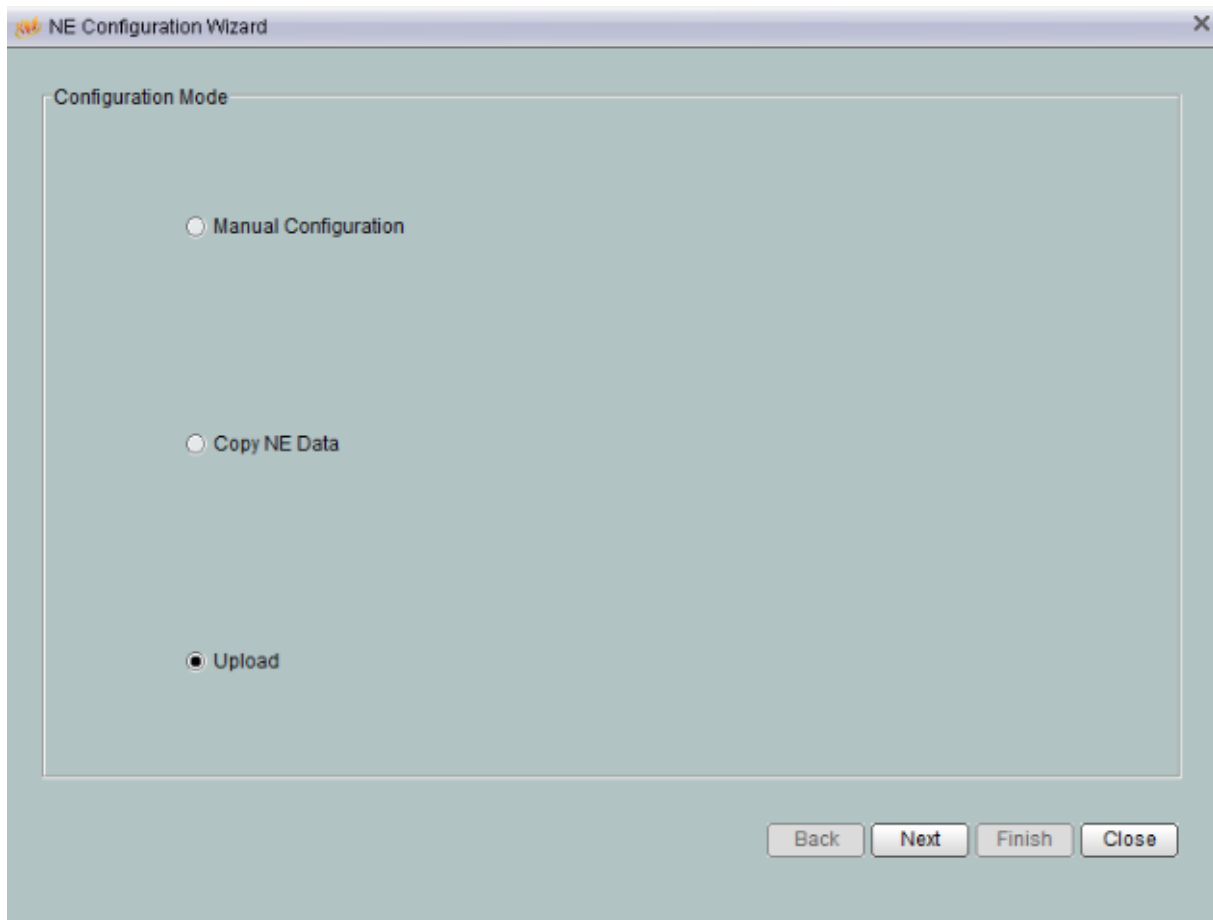
D) Lorsque l'élément est trouvé, on tape sur **create** puis sur **password** et introduire le mot de passe afin de créer l'équipement :



E) L'élément crée est indiqué en couleur verte sur la fenêtre principale.

NE ^	NE Type ^	NE IP Address ^	Gateway ^	Login ^	Configuration ^	Communication ^	The Highest Level Unfinished Ala
10106(466)-AIN BESSAM	OptiX OSN 3500	129.9.2.23	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
10109(529)- CA BECHLOUL(2.5)	OptiX OSN 3500	129.9.2.19	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
AIT IMGHOUR	OptiX Metro 1000...	129.9.91.67	GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
tamda	OptiX OSN 550	129.9.158.188	GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
NE(9-26017)	OptiX OSN 2000	-	Non-GNE	Login	Unconfigured	Communication Normal	Normal State
10101(461)- CTS LAKHDARIA	OptiX OSN 3500	129.9.39.117	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
10100(458)-CA1 BOUIRA	OptiX OSN 3500	129.1.2.202	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
TIZI OUZOU-FREHA	OptiX OSN 3500	-	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
CA2 -LNI -BALLOUA	OptiX OSN 550	-	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
TIZI OUZOU - azazga	OptiX OSN 3500	129.9.78.54	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
10105(463)-SOUR EL GHOZLANE	OptiX OSN 3500	129.9.2.22	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
10108(530)- MACHDALLAH (2.5)	OptiX OSN 3500	129.9.2.20	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
MACHTRAS-BOUGHNI	OptiX Metro 1000...	129.9.47.206	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
NE(9-26004)	OptiX OSN 2000	129.9.101.148	GNE	Login	Unconfigured	Communication Normal	Normal State
Bouzequene CA2	OptiX Metro 1000...	129.9.91.221	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
OSN 3500 FREHA-TIZI OUZOU	OptiX OSN 3500	129.9.78.51	Non-GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
LNI	OptiX OSN 550	129.9.148.99	GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
Relais AEH_CA2 Tizi-Ouzou	OptiX OSN 2500	129.9.0.3	GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm
AZZAZGA	OptiX OSN 3500	129.9.78.53	GNE	Not Login	Configured	Communication Interrupt..	Critical Alarm

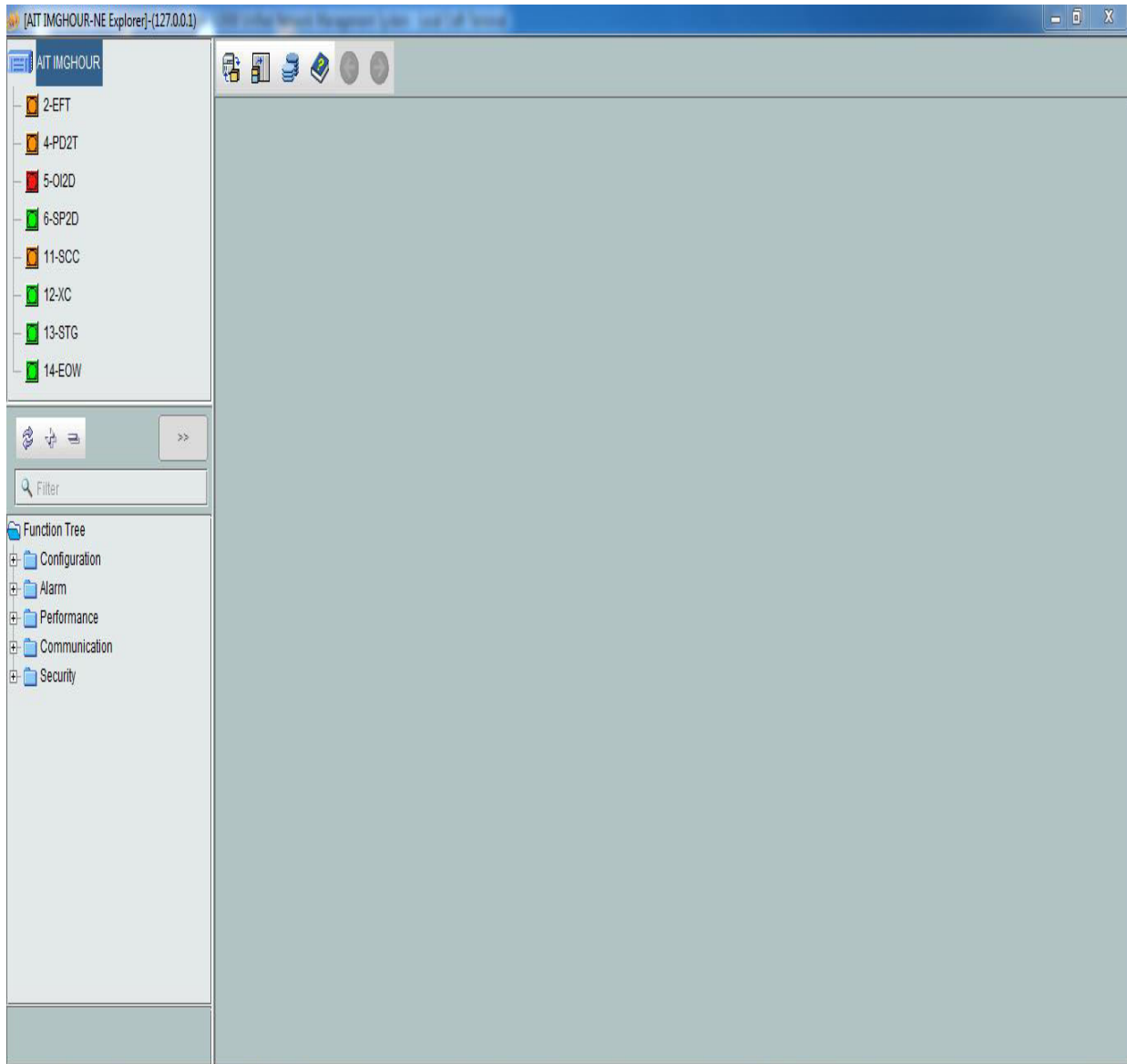
F) On sélectionne l'élément et on tape sur **configuration** puis on tape sur **Upload**



Remarque: dans ce cas on trois choix qui s'affichent :

- **Manual Configuration** : dans le cas où on dispose d'un nouveau équipement « jour de mise en service ».
- **Copy NE data** : dans le cas où on veut copier toute la configuration d'un équipement vers un autre de même type et version.
- **Upload** : chargement de la configuration existant déjà sur l'équipement et ajouter une autre configuration.

G) On ré sélectionne l'élément puis on tape sur **NE explorer** alors une fenêtre s'affiche comme suivant :



H) On tape sur **configuration** puis sur **SDH/PDH service Management** ensuite sur **create** pour configurer les paramètres de service selon la demande de client comme illustre la figure suivante :

Attribute	Value
Level	VC12
Direction	Bidirectional
Source Slot	5-PL1
Source VC4	
Source Timeslot Range(e.g. 1, 3-...	1-15
Sink Slot	27-OSB4A-1(SDH-1)
Sink VC4	VC4-1
Sink Timeslot Range(e.g. 1, 3-6)	49-63 Timeslot by order:9,30,51,...
Activate Immediately	Yes

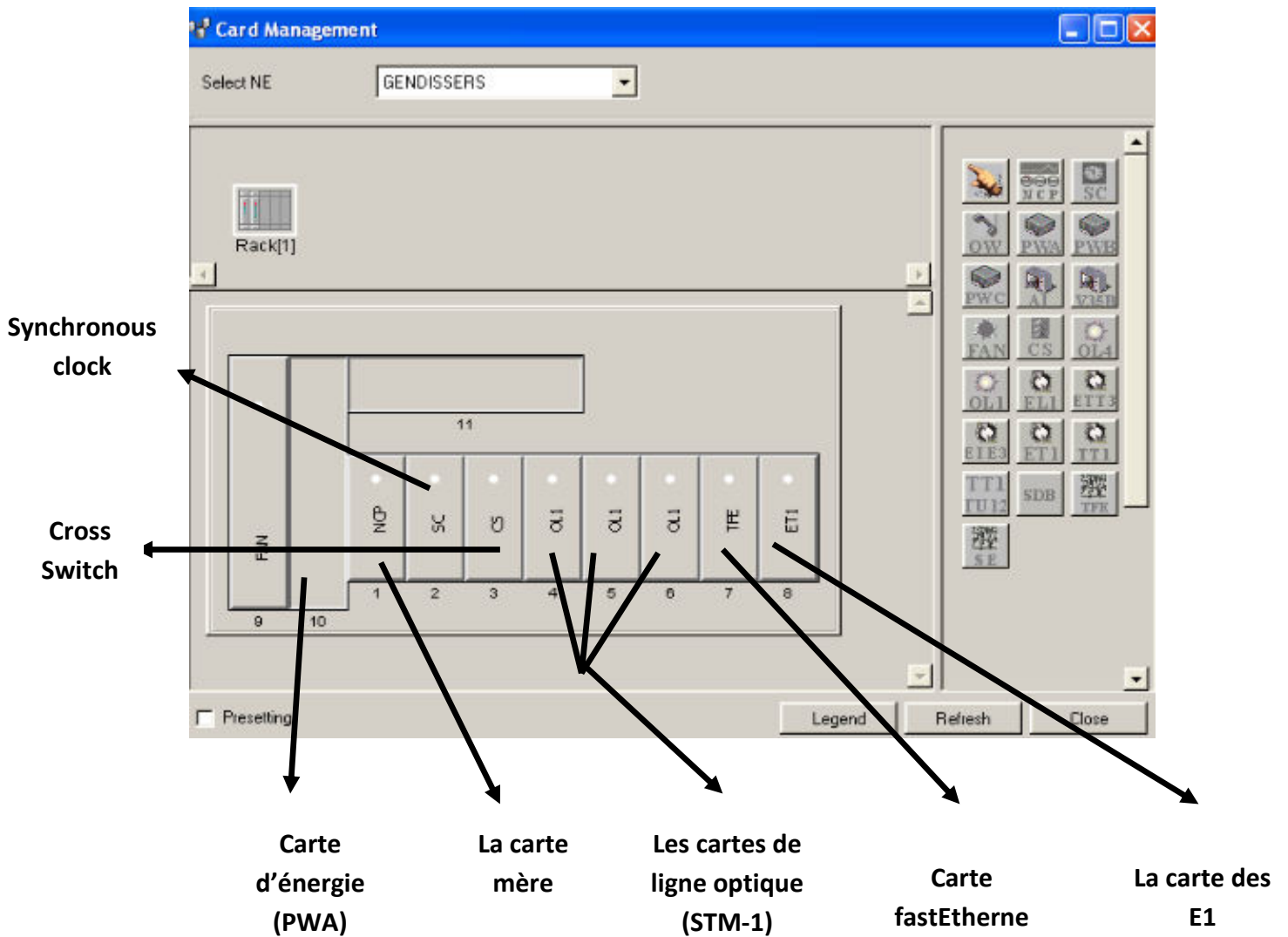
OK Cancel Apply

- ✓ Dans cette fenêtre on choisit le container VC12 pour transmettre le lien 2 Mb/s (VC12= E1 = 2 Mb/s)
- ✓ On sélectionne la carte la carte des E1 (**5-PL1**)
- ✓ On sélectionne la carte de ligne (**OSB4A-1(SDH)**)

III.2.4.3. Configuration S200 ZTE

On configure l'équipement S200 ZTE (aussi tout les équipements de marque ZTE) à l'aide de logiciel E300.

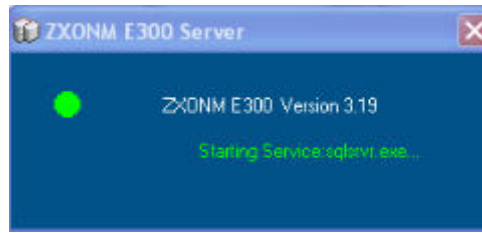
- Description des cartes de S200



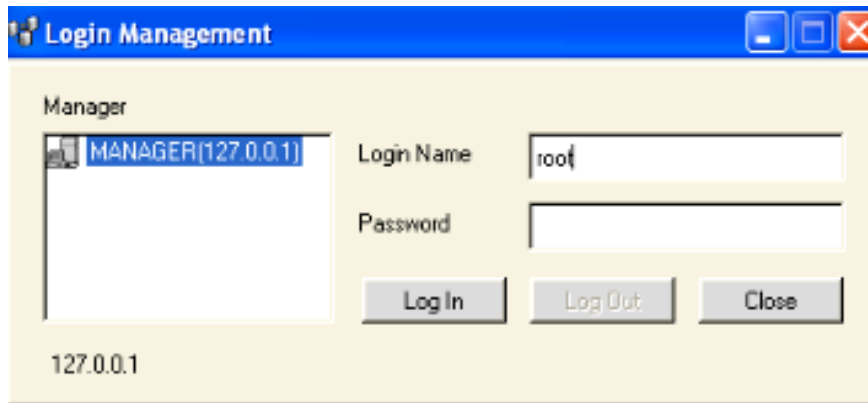
A) On lance le server



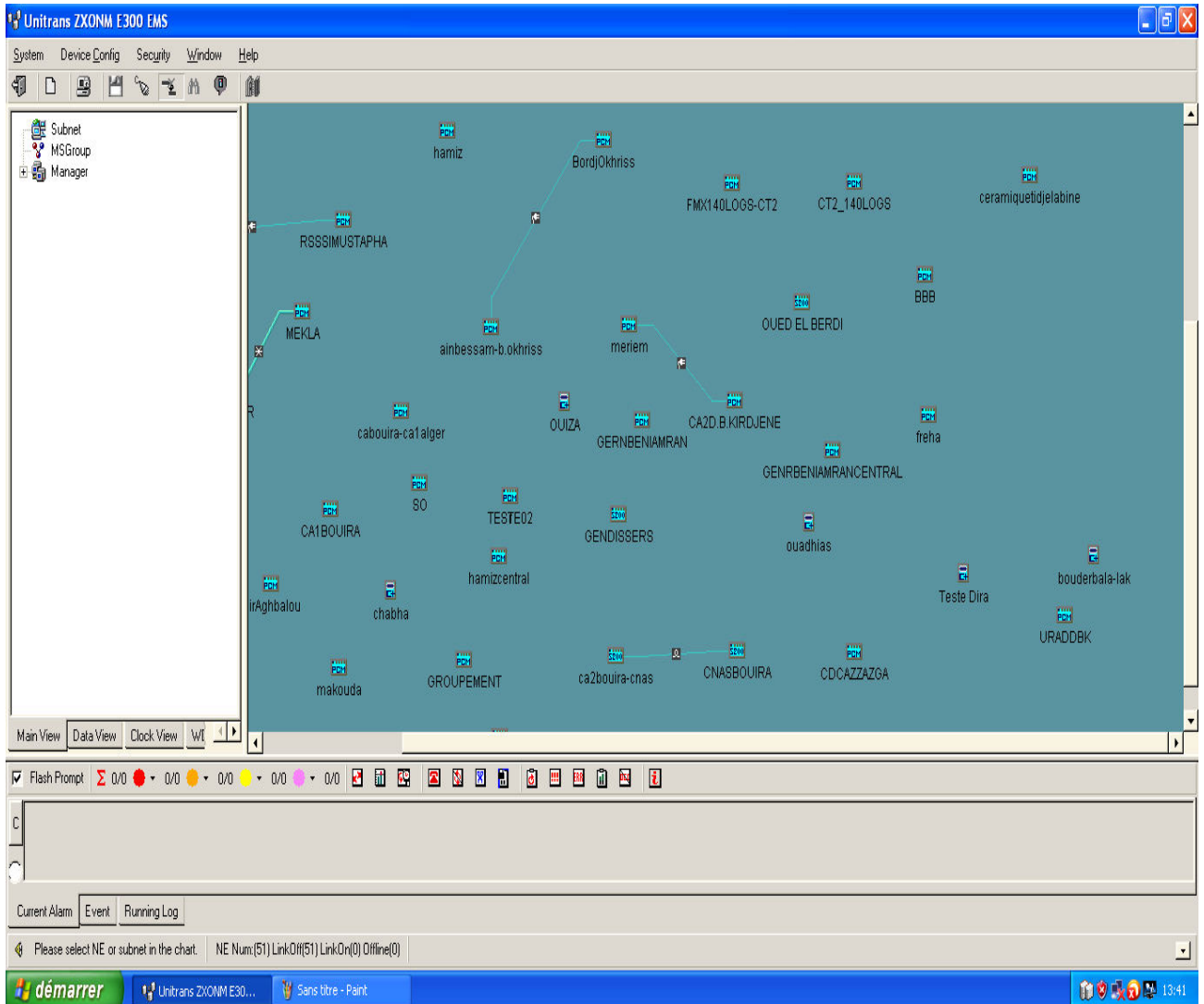
Alors le server commence à se charger



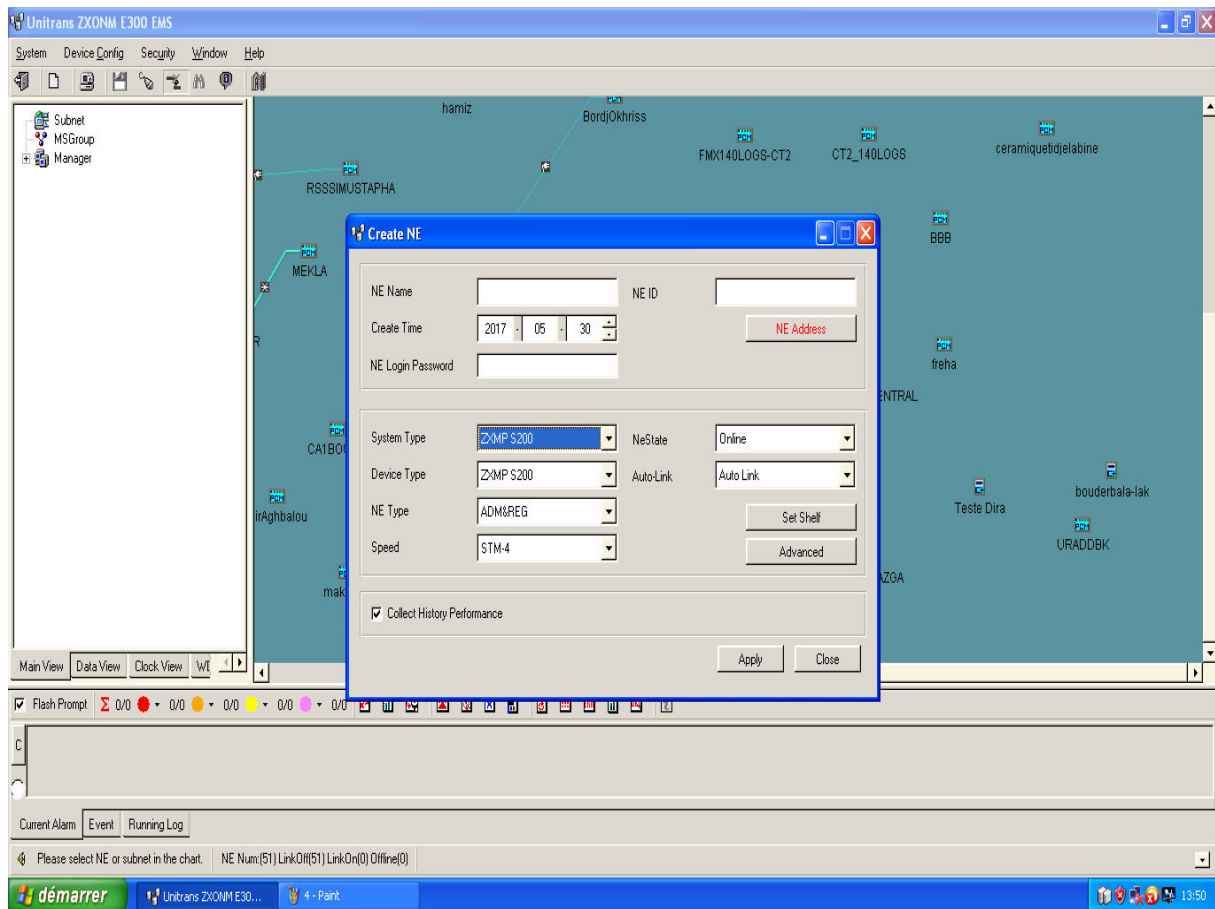
B) On introduit l'identifiant et on appuis sur **login**



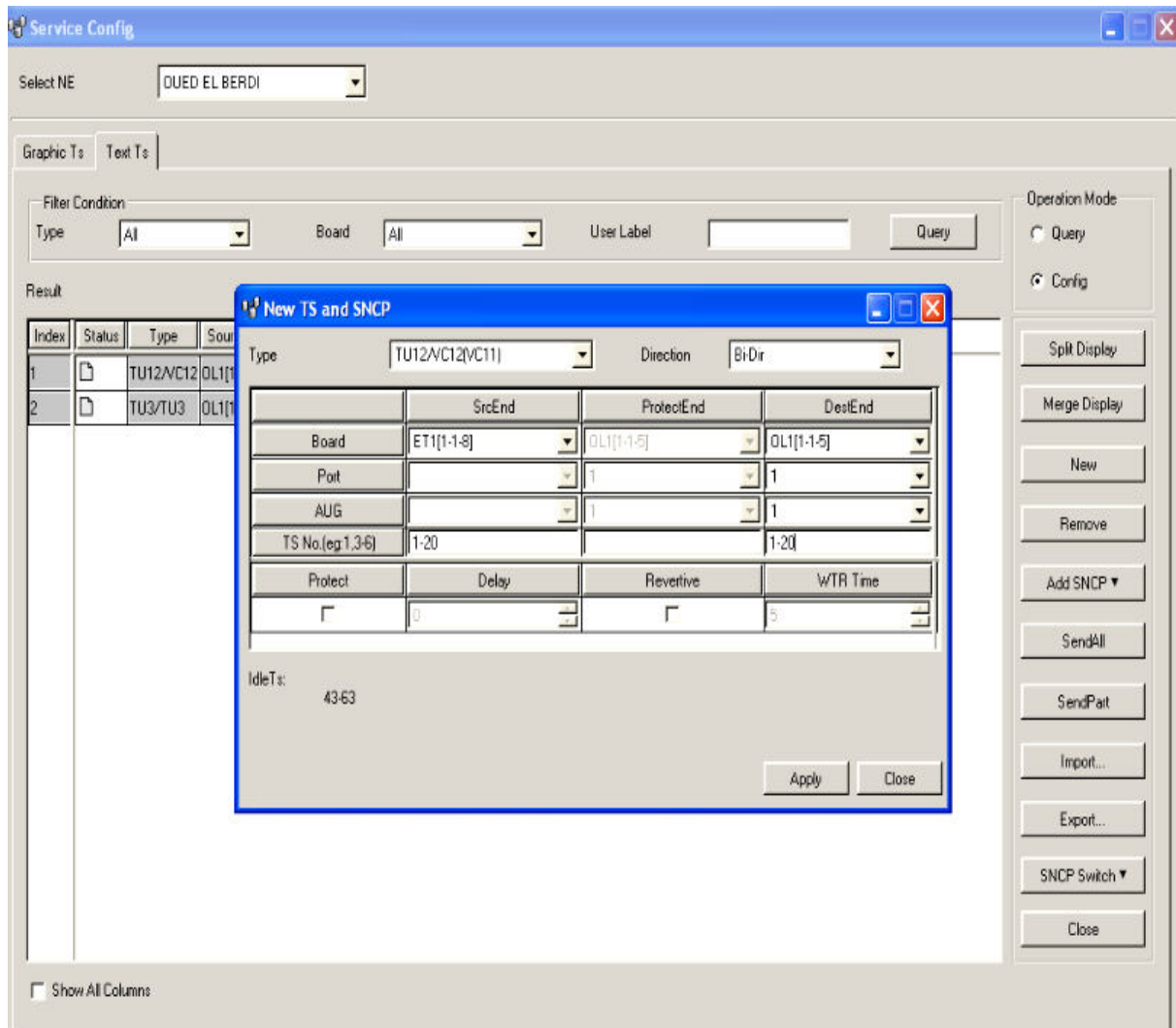
C) La fenêtre principale s'affiche et dans cette fenêtre on tape sur **Device Config** puis sur **create NE** pour créer l'équipement.



D) Dans cette fenêtre on introduit le nom pour l'équipement (**NE Name**) l'**ID** de notre équipement (**NE ID**).



E) On configure notre équipement



III.3. Projet MICL à Tizi-Ouzou

La wilaya de Tizi-Ouzou contient 67 APCs et 21 daïrates et tous ces organismes sont interconnectés au profit de projet MICL afin de moderniser et faciliter le travail de ces derniers.

Voici les étapes suivi pour cette interconnexion :

A) Manière d’interconnexion des APC et daïrates :

- LS data APC :
 1. Soit en fibre optique via un équipement à fibre optique (TNLO 4x2) avec une interface **G.703**.
 2. Soit en câble concédé via un équipement modem à interface **G.703**.

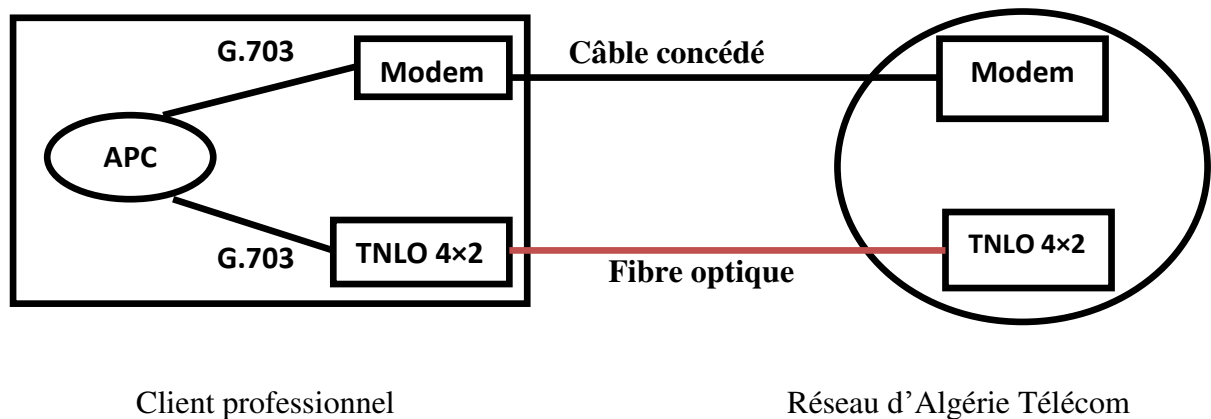


Figure III.7 : Manière d’interconnexion des APC.

- LS data de daïrates utilisent des terminales lignes optiques (TNLO 4x2) qui sont reliés au routeur par l’interface **G.703**.

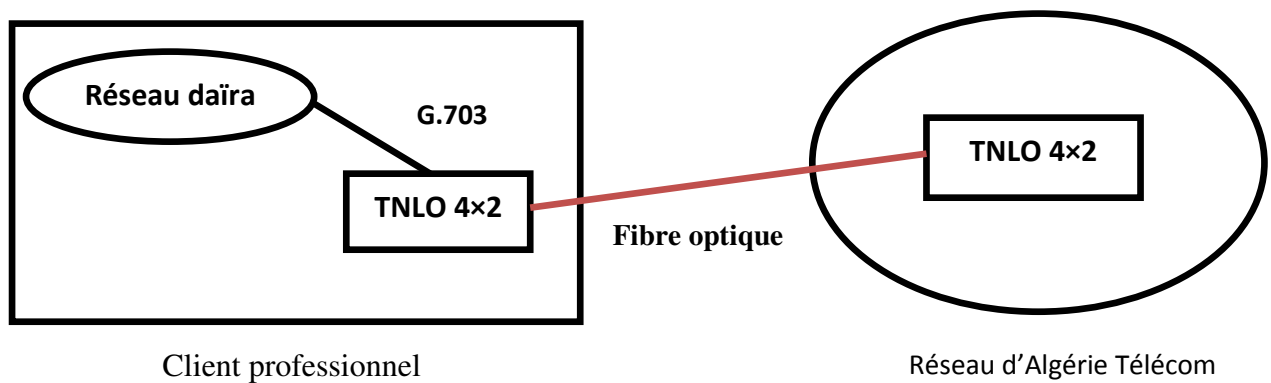


Figure III.8 : Manière d’interconnecter les daïrates.

B) L'acheminement de lien de 2 Mb/s venant de client sera transmis en utilisant des interfaces physiques (réglettes) des équipements de transmission et cela jusqu'à l'interface physique des équipements S325 et S200 réservés au multiplexage des 88 E1.

- **Explication de l'utilisation deux équipements (S325 et S200)**

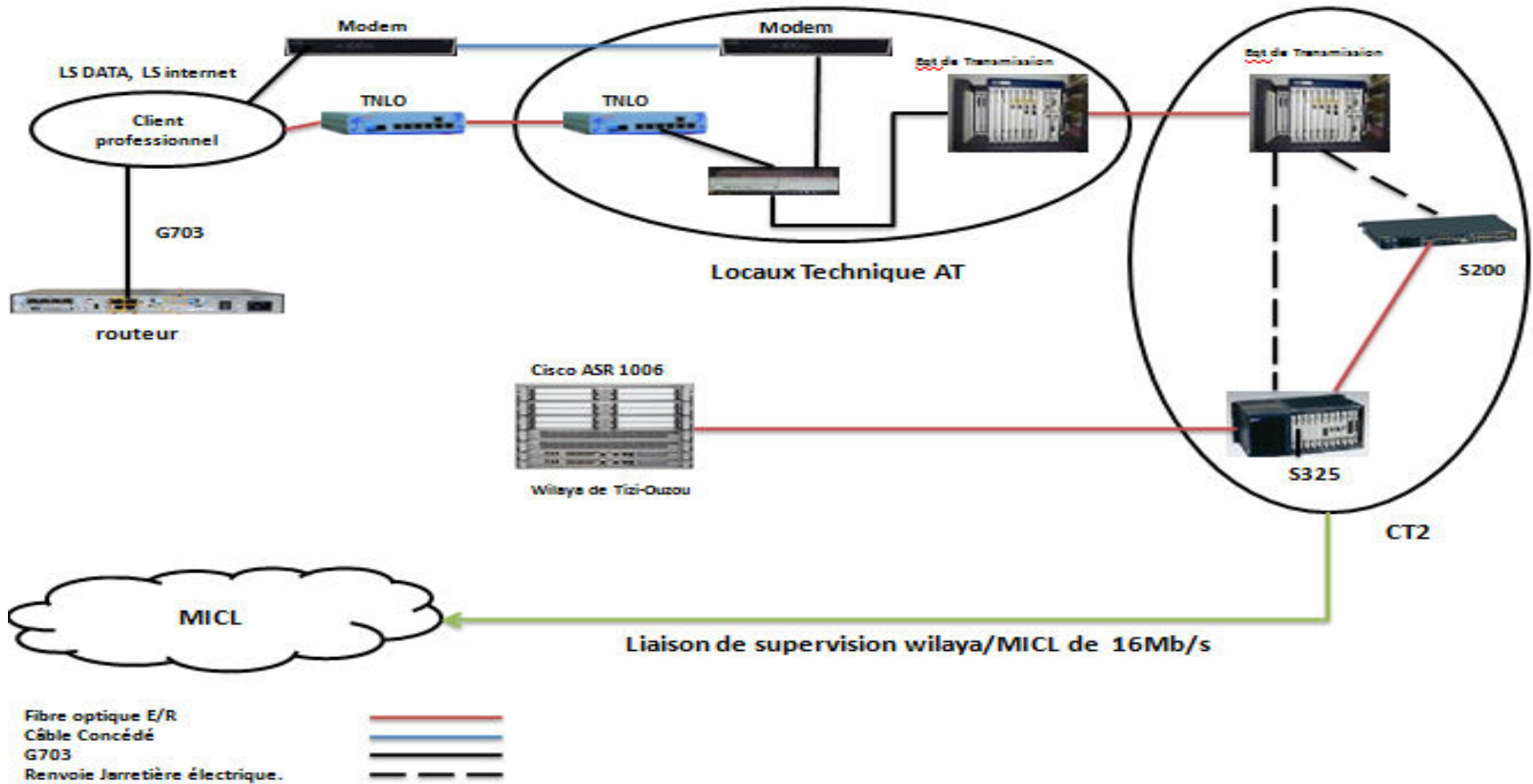
La wilaya Tizi-Ouzou dispose en totalité de 88 APCs et daïrates donc elle a besoin de 88 E1.

- ✓ Le S325 à une capacité de 63 E1, en éliminant 8 E1 réservés pour la supervision donc il reste 55 E1.
- ✓ Ce qui explique l'ajout de l'équipement S200 ZTE qui est cascadié en fibre optique avec l'équipement S325 et cela afin d'acheminer les 33 E1 restants jusqu'au MICL.

C) Les 8 E1 réservés au lien de supervision de la wilaya de Tizi-Ouzou par MICL, ces derniers sont renvoyés vers MICL à travers le DWDM Tizi-Ouzou / Alger d'Algérie Télécom.

On verra par le schéma suivant la manière d'acheminer le lien 2 Mb/s en G.703 à travers le réseau d'Algérie Télécom.

Schéma de transmission du projet MICL wilaya de Tizi-Ouzou



III.3.1. Exploitations de LS data de daïra de Tizi-Ouzou

Pour la réalisation de LS data intranet de daïra de Tizi-Ouzou, le client opte pour des équipements à fibre optique (TNLO 4×2).

1. Mise en place des équipements :

- **Coté daïra** : installation d'un TNLO à 4 port G.703 et 02 ports optique.

Utilisation :

- Pour port G.703, il sera connecté à l'interface G.703 de routeur.
 - Pour port fibre optique, il sera utilisé pour acheminer les données jusqu'à l'équipement TNLO qui est vis-à-vis au niveau des CT1 de Tizi-Ouzou.
2. Le port G.703 du termineur optique au niveau de centre CT1 est renvoyé à travers une réglette sur l'équipement de transmission OSN 2000 par câble à paire torsadée (2fils pour émission et 2 fils pour réception)
- ✓ Les deux fils d'émission sont branchés aux deux fils de réception de coté équipement et les deux fils de réception sont branchés aux deux fils d'émission de coté équipement.

N.B : pour trouver les deux fils d'émission et les deux fils de réception, on utilise une LED.

- Lorsque la LED s'allume signifie que sont deux fils d'émission.
 - Lorsque la LED s'éteint signifie que sont deux fils de réception.
3. Le lien 2 Mb/s arrivant d'OSN 2000 sera renvoyé par jarretière électrique vers l'équipement S325 qui l'achemine à travers fibre optique du CT1 de Tizi-Ouzou vers le routeur de la wilaya.

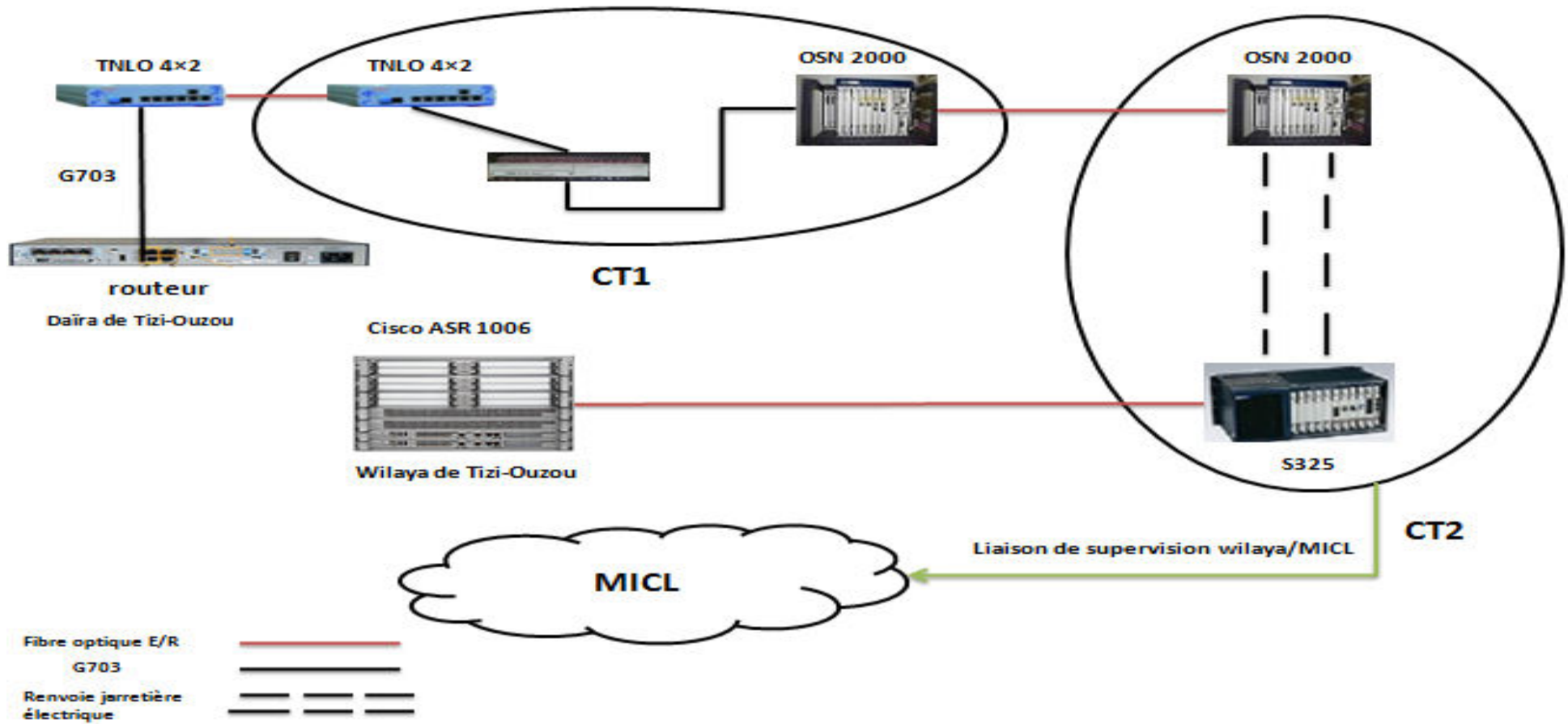
Remarque 1 :

- ✓ La réglette dispose de deux coté : coté équipement et coté exploitation.

Remarque 2 :

- ✓ Renvoie jarretière électrique est l'interconnexion d'une réglette vers une autre réglette.
- ✓ Chaque équipement dispose d'une interface physique représentée par une réglette.

Schéma de transmission de LS DATA Daïra de Tizi-Ouzou

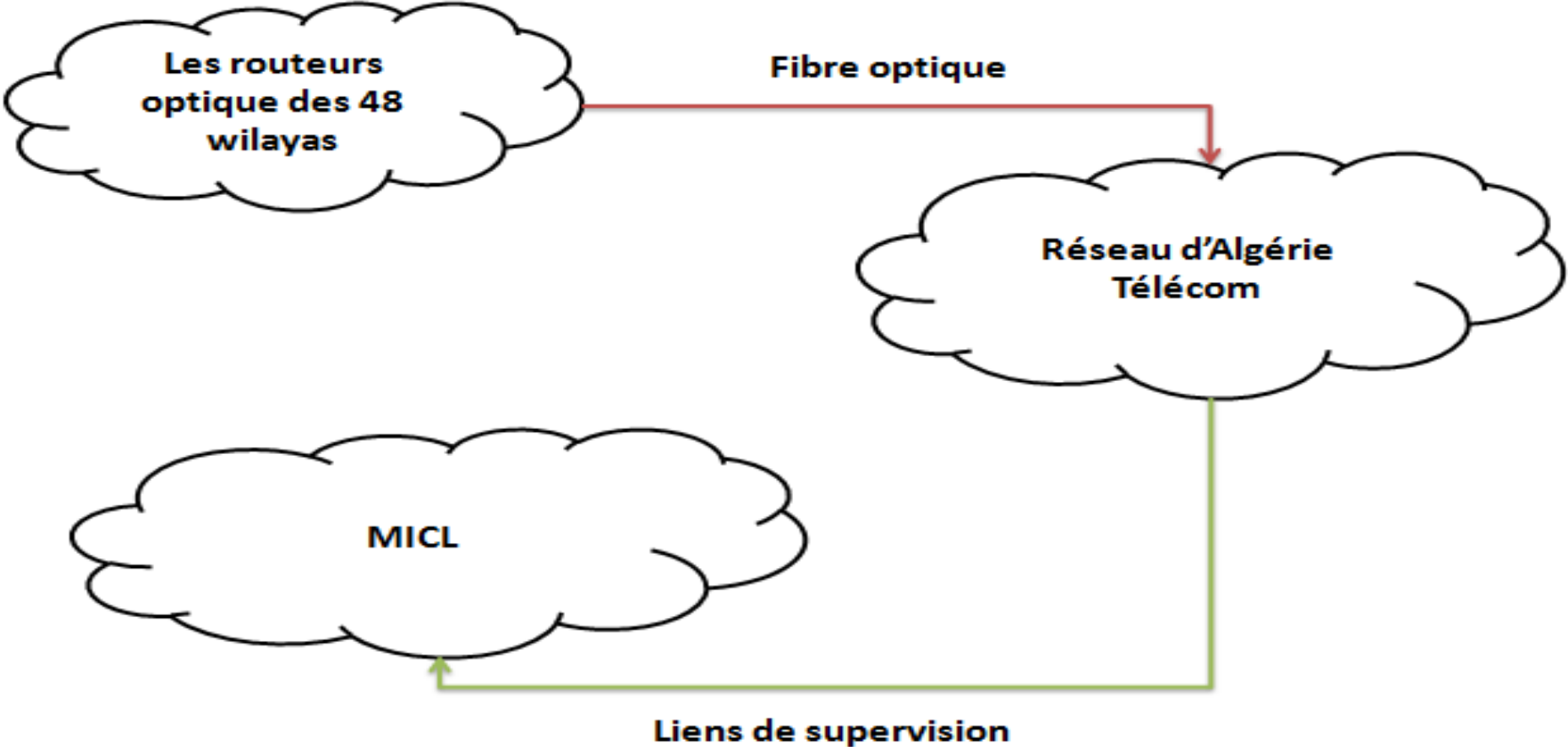


III.4. L'interconnexion des wilayas d'Algérie au projet MICL

De même manière que la wilaya de Tizi-Ouzou, chaque wilaya contient un routeur optique qui est interconnecté par fibre optique avec un équipement de transmission (ZTE) au centre de transmission (CT) de chaque wilaya.

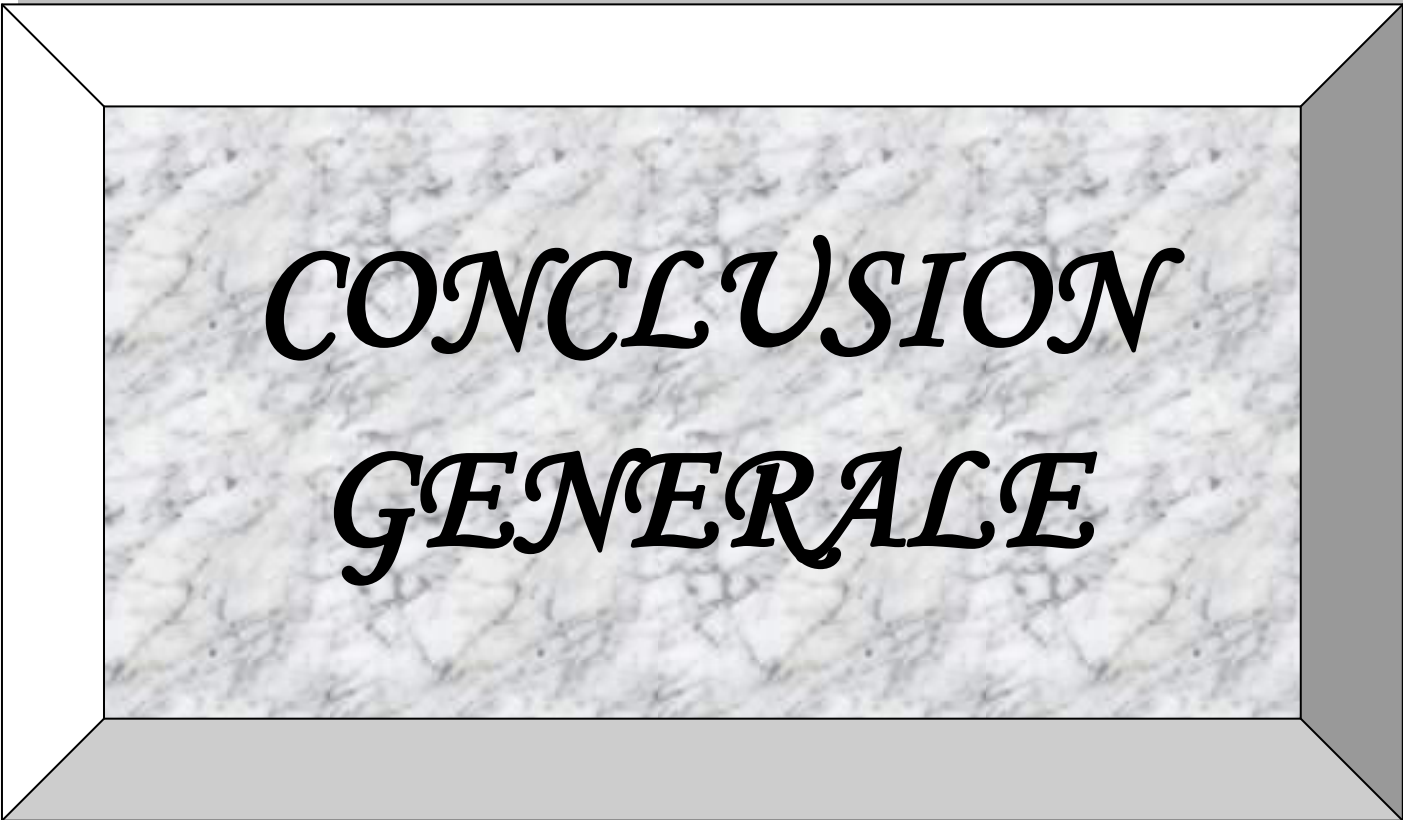
- Les E1 de supervision sont extraits de l'équipement S325, seront renvoyés par jarretière électrique vers l'équipement de transmission qui est relié directement au DWDM de Tizi-Ouzou / Alger.

Projet MICL de 48 wilayas



Conclusion

Afin d'interconnecter toutes les wilayas au profit de projet MICL (Ministère Intérieure des Collectivités locales) par l'intermédiaire de réseau d'Algérie Télécom plusieurs moyens matériels et logiciels mise en service. Cette interconnexion a le but de moderniser et faciliter les taches administratives dans les APC et dans les daïrates ainsi que d'obtenir les documents plus rapide.



*CONCLUSION
GENERALE*

Conclusion générale

Les systèmes de transmission à très haut débit de nos jours utilisent la fibre optique comme support de transmission. La fibre optique est un media ayant l'aptitude de véhiculer une grande quantité d'information sur de longues distances sous forme de lumière.

Plusieurs clients et entreprises aujourd'hui ont procédé à l'évaluation de leurs réseaux de transmission de données, afin d'augmenter la vitesse d'accès à des services et améliorer la qualité de services fournis et cela en utilisant la fibre optique comme support de transmission le plus adapté à ce flux d'information.

Les APC et les daïras en Algérie ont connu une forte modernisation dans leur méthode de travail grâce au projet MICL (Ministère intérieure des collectivités locales) 2015 qui a permis l'interconnexion de ces différents organismes entre eux par un réseau intranet à fibre optique. Le Ministère a procédé à la réalisation du projet MICL dans le but de moderniser le travail de l'administration algérienne et faciliter les tâches de travail de cette dernière.

Ce mémoire m'as permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine de la transmission de données. La mise en service avec l'équipe du centre CRMET de Tizi-Ouzou du réseau optique utilisant différents équipements de transmission et la gestion ainsi que la configuration de ces équipements à l'aide des différents logiciels (logiciel U2000, logiciel E300, logiciel ULAF+....etc.) m'ont permis d'acquérir une expérience dans le domaine pratique.

Bibliographie

- [1] : Albert,Bijaoui : image et information, tome 2, 2^e édition, 1984, 274 pages.
- [2] : ZehorBerkat, Fadhila Fliciet Naima Rabah Allah (2010) : Acquisition et transmission de données via le réseau GSM, mémoire de fin d'études, Université de Tizi-Ouzou.
- [3] : Jean-François, Pillou : Transmission de données - Les modes de transmission, septembre 2015.
- [4] : Michel, Crucianu: Transmission de l'information, E3i, 2001.
- [5] : Mohamed Abedelli (1998) : Etude de l'architecture d'un système de transmission de données piloté par microprocesseur CDP 1802, mémoire de magister, université de Tizi-Ouzou.
- [6] : Nourdine, Abdallah (2008) : Services de télécommunication hauts débits par satellite : Cas d'Eutelsat W3A, mémoire de fin de cycle pour l'obtention d'une licence professionnelle, Université de Sénégal.
- [7] : Hocine, Djellout(2009) : Etude de l'influence des composantes d'un laser a fibre optique sur la puissance de sortie et la stabilité du laser, mémoire de magister, université de Tizi-Ouzou.
- [8] : Sofiane, Moussouni, (2015) : Etude et configuration d'une liaison a fibre optique a base SDH, mémoire de fin d'études (Master), université de Tizi-Ouzou.
- [9]: John A:Fundamentals of optical fibers, 2nd Edition, 1995.
- [10] : FaridaAbdelliet Nassima Derradji(2011) : Etude et application de la transmission DWDM par fibre optique à haut débit, mémoire de fin d'études (Master), université de Tizi-Ouzou.
- [11] : ThinhinaneBenedineet Fatma Bessedik(2011), Liaison par fibre optique à haut débit : Etude des liaisons poly chromatiques, mémoire de fin d'études (Master), université de Tizi-Ouzou.
- [12] : Pierre, Lecoy : communications sur fibres optiques, tome 1, 4^{ème} édition, 2014, 274 pages.

Sites internet

www.livrespourtous.com

www.wikipedia.org

www.fibreoptique.org

<https://tel.archives-ouvertes.fr/browse/domain>

<http://www.electronique-mixte.fr>

<http://www.technologuepro.com/projet-fin-etudes/>

www.doc_etudiant.com