

<b>DEDICACES.....</b>	<b>2</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>3</b>
<b>AVANT-PROPOS .....</b>	<b>4</b>
<b>Table des matières .....</b>	<b>5</b>
<b>Liste des figures .....</b>	<b>9</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>11</b>
<b>SIGLES ET ABREVIATIONS .....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>13</b>
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE .....</b>	<b>15</b>
I.1 Présentation de la Sonatel.....	15
I.1.1 Historique .....	15
I.1.2 Organisation .....	17
I.1.3 Mission .....	19
I.1.4 Organigramme .....	19
I.2 Présentation du sujet.....	20
I.2.1 Contexte .....	20
I.2.2 Problématique.....	20
I.2.3 Objectif .....	21
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DES TECHNOLOGIES UTILISEES DANS LES RESEAUX D’ACCES</b>	<b>23</b>
II.1 Introduction .....	23
II.2 Les liaisons haut-débit .....	23
<b>II.2.1 Accès sans fil .....</b>	<b>23</b>
II.2.1.1 Wi-Fi.....	23

II.2.1.2 WiMAX.....	24
II.2.1.3 Avantages et Inconvénients des réseaux sans fils.....	24
II.2.2.....	Réseaux cellulaires.....
	25
II.2.3.....	VSAT26
II.2.4.....	Les technologies xDSL.....
	29
II.2.4.1 L'ADSL.....	29
II.2.4.2 Le VDSL.....	31
II.2.4.3 Avantages et Inconvénients des réseaux xDSL.....	32
II.2.5 Fiber to the Home (FTTH).....	32
II.3 La hiérarchie des réseaux optiques.....	33
II.3.1.....	Réseaux Cœur.....
	34
II.3.2.....	Réseaux Métropolitain.....
	34
II.3.3.....	Réseaux d'Accès.....
	35
II.3.3.1 Les réseaux d'accès FTTx.....	35
II.4 Passive Optical Network (PON).....	37
II.4.1.....	Types de réseaux d'accès PON.....
	37
II.4.2.....	Architectures PON.....
	38
II.4.2.1 Architecture Point-à-Point.....	38
II.4.2.2 Architecture Point-à-Multipoint.....	39
II.4.3.....	Types de Multiplexage.....
	40
II.4.3.1 TDM/TDMA PON.....	40
II.4.3.2 FDM/FDMA PON.....	41
II.4.3.3 WDM/WDMA PON.....	42
II.4.4.....	Le GPON

II.4.4.1	Eléments terminaux du GPON .....	43
II.4.4.1.1	OLT (Optical Line Terminal) .....	44
II.4.4.1.2	ONT/ONU .....	44
II.4.4.1.3	Splitter (Coupleur).....	44
II.4.4.2	Couche MAC et Encapsulation.....	44
II.4.4.2.1	Couche MAC .....	44
II.4.4.2.2	GEM (Gpon Encapsulation Method).....	45
II.4.4.2.3	Allocation Dynamique de la Bande passante (DBA) .....	45
II.5	Conclusion .....	45

### **CHAPITRE III : ETUDE ET CONCEPTION L'ARCHITECTURE FTTH GPON .....** 46

III.1	INTRODUCTION AU GPON.....	46
III.1.1	GPON : Principe de fonctionnement .....	47
III.1.2	GPON : Caractéristiques .....	50
III.1.3	GPON: Architecture .....	51
III.1.3.1	Architecture PON .....	51
III.1.3.2	Principe du coupleur optique .....	52
III.1.3.5.3	Combinaisons possibles .....	53
III.2	DIMENSIONNEMENT ET DESIGN : CAS DE LA PLAQUE H33 DE LA ZONE DE HLM GRAND MEDINE 59	
III.2.1	Introduction.....	59
III.2.2	Les spécifications techniques de la SONATEL .....	59
III.2.2.1	Ingénierie de collecte.....	59
III.2.2.2	Règles de dimensionnement .....	60
III.2.3	Présentation de la zone des HLM GRAND MEDINE.....	62
III.2.4	Conception.....	37
III.2.4.1	Dimensionnement.....	37
III.2.4.1.1	Le réseau de branchement .....	38
III.2.4.1.1.1	Le Pointage .....	38

III.4.2.1.1.2 Le Zonage .....	39
III.4.2.1.2 Le réseau de distribution .....	41
III.4.2.1.2.1 Raccordement des PBO .....	41
III.4.2.1.2.2. Dimensionnement des nœuds.....	43
III.4.2.1.2.3 Dimensionnement des câbles de distribution .....	46
III.4.2.1.3 Le réseau de transport.....	49
III.4.2.1.3.1 Local technique du NRO.....	50
III.4.2.1.3.2 Dimensionnement des câbles de transport .....	50
III.4.2.1.3.3 Dimensionnement des ports .....	51
III.2.4.2 Conception du réseau FTTH .....	52
III.2.4.2.1 Plan d'itinéraire.....	52
III.2.4.2.2 Schéma des câbles .....	53
III.2.4.2.3 Plan synoptique .....	54
III.2.4.2.4 Conclusion .....	55
III.3 Choix des équipements et évaluation financière .....	56
III.3.1 Introduction.....	56
III.3.2 Choix des Composants.....	56
III.3.2.1 Choix de l'OLT .....	56
III.3.2.2 Choix de la Fibre .....	57
III.3.2.3 Choix des séparateurs optiques.....	58
III.3.2.4 Choix des points de branchement optique.....	59
III.3.2.5 Choix des connectiques optiques .....	60
III.3.3 Evaluation financière.....	61
III.3.3.1 Equipements des différentes normes.....	61
III.3.3.1.1 Câbles à fibres optiques.....	61
III.3.3.1.2 BPE, PBO et Accessoires .....	61
III.3.3.1.3 Tête Equipements .....	63
III.3.3.1.4 Accessoires .....	64
III.3.3.1.5 KITS.....	65
III.3.3.2 Choix des fournisseurs .....	66

III.3.4 Conclusion .....	67
<b>CHAPITRE IV : MISE EN PLACE</b> .....	<b>68</b>
IV.1 Recette FTTH .....	68
IV.1.1 Generalites .....	68
IV.1.2 Passif .....	69
IV.1.3 Raccordement de l'abonné .....	69
IV.3 Mesure optique en FTTH .....	73
IV.3.1 Particularité en FTTH .....	73
<b>CHAPITRE V : CONFIGURATION DES SERVICES INTERNET VOIP ET TV AVEC LE MODEM FIBERBOX</b> .....	<b>74</b>
V.1 Le modem ZTE F660 .....	74
V.2 Configuration TCP/IP .....	79
V.3 Se connecter sur le modem F660 .....	80
V.4 Configuration a l'accès internet.....	82
V.5 Vérifier le statut de la connexion internet .....	84
V.7 Vérifier le statut de la connexion internet .....	87
V.9 Configurer la voix sur IP .....	88
VI. Test de débit .....	91
VII CONCLUSION.....	92
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>93</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>95</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>97</b>

---

## Liste des figures

---

FIGURE 1 : STRUCTURE DE LA FIBRE OPTIQUE.....	14
FIGURE 2: LES ACTIONNAIRES DE L'ENTREPRISE .....	15
FIGURE 3: FORMATION DU LOGO DE LA SONATEL.....	16
FIGURE 4 : STRUCTURATION DES CAPITAUX.....	17
FIGURE 5 : ORGANIGRAMME .....	19
FIGURE 6: ARCHITECTURE D'UN RESEAU VSAT.....	28
FIGURE 7: ARCHITECTURE D'UN RESEAU ADSL.....	30
FIGURE 8: COMPARATIF DES DEBITS INTERNET .....	33
FIGURE 9: STRUCTURE D'UN RESEAU DE COMMUNICATION OPTIQUE .....	34
FIGURE 10: LES RESEAUX D'ACCES FTTX .....	36
FIGURE 11: ARCHITECTURE POINT-A-POINT .....	38
FIGURE 12: ARCHITECTURE POINT-A-MULTIPOINT .....	39
FIGURE 13: ARCHITECTURE TDM/TDMA.....	41
FIGURE 14: ARCHITECTURE FDM/FDMA .....	41
FIGURE 15: ARCHITECTURE WDM/WDMA.....	42
FIGURE 16: PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU GPON .....	43
FIGURE 17 : SCHEMA SIMPLIFIE DU GPON.....	43
FIGURE 18 : SCHEMA ILLUSTRATIF DE GPON.....	47
FIGURE 19: COUPLEUR DANS L'ARCHITECTURE DU PON.....	48
FIGURE 20: MULTIPLEXAGE TEMPOREL .....	49
FIGURE 21 : DIFFUSION (BROADCAST).....	49

FIGURE 22: ARCHITECTURE OLT/ONT .....	50
FIGURE 23: ARCHITECTURE GPON .....	51
FIGURE 24: ARCHITECTURE PON .....	52
FIGURE 25 : PRINCIPE DU COUPLEUR OPTIQUE.....	52
FIGURE 26: OLT(OPTICAL LINE TERMINATION)	54
FIGURE 27: CABLE NOIR .....	55
FIGURE 28 : JARRETIERE OPTIQUE .....	55
FIGURE 29 : PBO (FAÇADE).....	56
FIGURE 30: BPI (BOITIER PIED IMMEUBLE) .....	57
FIGURE 31 : PBO ETAGE (SE TROUVE DANS LES IMMEUBLES AUX NIVEAUX IMPAIRS) .....	58

FIGURE 32 : PTO (PRISE TERMINALE OPTIQUE) .....	58
FIGURE 33: SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE SUR GOOGLE EARTH.....	62
FIGURE 34: DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	62
FIGURE 35: REPRESENTATION DE L'ARCHITECTURE FTTH.....	37
FIGURE 36: MODELISATION DU POINTAGE DES HABITATIONS .....	39
FIGURE 37: MODELISATION DU ZONAGE DES PBO.....	40
FIGURE 38: MODELISATION DU RACCORDEMENT DE LA CHAMBRE L2T/E1.....	42
FIGURE 39: MODELISATION DE LA CHAMBRE L2T/E12 ET DU BPEO-POT .....	44
FIGURE 40: MODELISATION DE LA CHAMBRE L2T/E25 .....	46
FIGURE 41: SCHEMA DES CABLES DE DISTRIBUTION .....	49
FIGURE 42: <i>Liaison NRO et SRO</i> .....	50
FIGURE 43: MODELISATION DU RESEAU DE LA PLAQUE H33 DE LA ZONE DE D'HLM GRAND MEDINE .....	51
FIGURE 44: CAPTURE D'UNE PARTIE DE L'ITINERAIRE .....	53
FIGURE 45: CAPTURE D'UNE PARTIE DU SCHEMA DES CABLES.....	54
FIGURE 46: CAPTURE D'UNE PARTIE DU SYNOPTIQUE DE H33 .....	55
FIGURE 47: EXEMPLE DE LA CHAMBRE L2T/E13.....	55
FIGURE 48: OLT MA5800-X17/HUAWEI .....	57
FIGURE 49: COUPLEURS OPTIQUES SANS CONNECTEURS.....	59
FIGURE 50: POINTS DE BRANCHEMENT OPTIQUE AVEC CONNECTEURS .....	60
FIGURE 51 : AVANT DU MODEM ZTE .....	74
FIGURE 52 : CONNEXION REUSSIE.....	75
FIGURE 53 : ARRIERE DU MODEM ZTE.....	77
FIGURE 54 : VUE DE DESSOUS DU ZTE .....	79
FIGURE 55 : TEST DE DEBIT POUR UNE OFFRE DE 50 MBS .....	91

## Liste destableaux

TABLEAU 1: COMBINAISONS POSSIBLES.....	53
TABLEAU 2: <i>INGENIERIE DE COLLECTE</i> .....	60
TABLEAU 3: <i>RESULTAT DU POINTAGE DES HABITATIONS</i> .....	39
TABLEAU 4: <i>RESULTATS DU ZONAGE DES PBO</i> .....	40
TABLEAU 5: <i>DIMENSIONNEMENTS DES NŒUDS</i> .....	45
TABLEAU 6: <i>DIMENSIONNEMENT DES CABLES DE DISTRIBUTION</i> .....	48
TABLEAU 7: <i>DIMENSIONNEMENT DES CABLES TRANSPORT</i> .....	51
TABLEAU 8: <i>DIMENSIONNEMENT DES PORTS</i> .....	51
TABLEAU 9: <i>COMPARAISON ENTRE LES FIBRES G657A2 ET G652D</i> .....	58
TABLEAU 10: <i>CARACTERISTIQUES DES PLC COUPLEURS 1XNSANS CONNECTEURS</i> .....	58
TABLEAU 11: <i>CARACTERISTIQUES DES CONNECTEURS</i> .....	60
TABLEAU 12: <i>LES CABLES OPTIQUES</i> .....	61
TABLEAU 13: <i>BPE, BPO ET ACCESSOIRES</i> .....	62
TABLEAU 14: <i>TETE DES EQUIPEMENTS</i> .....	64
TABLEAU 15: <i>ACCESSOIRES</i> .....	64
TABLEAU 16 : <i>COMPARAISON DES KITS ENTRE TELENCO ET NEXANS</i> .....	65
TABLEAU 17: <i>EVALUATION FINANCIERE SYNTHETIQUE DES FOURNISSEURS ACOME, TELENCO ET NEXANS</i> .....	66
TABLEAU 18: <i>CHOIX DES FOURNISSEURS SUIVANT LE PRIX PROPOSE</i> .....	66
TABLEAU 19: <i>CALCUL DU RETOUR SUR INVESTISSEMENT</i> .....	67
TABLEAU 20: <i>ETAT DU MODEM ZTE</i> .....	75
TABLEAU 21: <i>DESCRIPTION DE L'ARRIERE DU MODEM ZTE</i> .....	78

<b>ADSL</b>	Ligne d'Abonné Numérique Asymétrique
<b>AON</b>	Réseau Optique Actif
<b>FTTH</b>	Fiber To The Home
<b>ATM</b>	Mode de Transfert Asynchrone
<b>BAS</b>	Serveur d'Accès à Large Bande
<b>BPEO</b>	Boite de Protection d'Epissure Optique
<b>BPON</b>	Large Bande PON
<b>CO</b>	Centre Office
<b>DICTR</b>	Société Nationale des télécommunications
<b>DOCSIS</b>	Données sur Spécification d'Interface de Service par Câble
<b>DSL</b>	Ligne d'Abonné Numérique
<b>DSLAM</b>	Multiplexeur d'Accès de Ligne d'Abonné Numérique
<b>EPON</b>	Ethernet PON
<b>EQL</b>	Equivalent Logement
<b>FDM</b>	Multiplexage par Répartition en Fréquence
<b>FR</b>	Fréquence radio
<b>FTTB</b>	Fibre jusqu'à l'Immeuble
<b>FTTH</b>	Fibre jusqu'à l'Abonnée
<b>FTTLA</b>	Fibre jusqu'à Dernier Amplificateur
<b>FTTN</b>	Fibre jusqu'au nœud
<b>FTTP</b>	Fibre jusqu'aux locaux
<b>IEEE</b>	Institut d'Ingénieurs en Electricité et Electronique
<b>IoT</b>	Internet des Objets
<b>IP</b>	Protocole Internet
<b>GEM</b>	Méthode d'Encapsulation Gpon
<b>GPON</b>	Gigabit PON
<b>HDSL</b>	Ligne d'Abonné Numérique à Haut Débit
<b>HSDPA</b>	Accès par Paquets de Liaison Descendante Haut Débit
<b>LTE</b>	Long-Term Evolution
<b>MAC</b>	Contrôle d'Accès au Média
<b>NRA</b>	Nœuds de Raccordement Abonnés
<b>NRO</b>	Nœuds de Raccordement Optique
<b>ODN</b>	Réseau de Distribution Optique
<b>OFDM</b>	Multiplexage par répartition Orthogonale de la Fréquence
<b>OLT</b>	Terminaison de Ligne Optique

<b>ONT</b>	Terminaison de Réseau Optique
<b>ONU</b>	Unité de Réseau Optique
<b>PON</b>	Réseau Optique Passive
<b>QoS</b>	Qualité de Service
<b>RaDSL</b>	Ligne d'Abonné Numérique à Adaptation de Débit
<b>RTC</b>	Réseau Téléphonique Commuté
<b>SDH</b>	Hiérarchie Numérique Synchrones
<b>SDSL</b>	Ligne d'Abonné Numérique Symétrique
<b>SDM</b>	Multiplexage par Division Spatiale

## INTRODUCTION GENERALE

Les services offerts grâce aux réseaux de télécommunications ont considérablement augmenté de nos jours. Ainsi, presque tous les services de données et de la voix sont transmis via le réseau IP (VoIP et IPTV). L'accès à Internet haut débit et aux services de télécommunications a pu jusqu'alors être déployé sur les réseaux à base de cuivre grâce à la technologie DSL (Digital Subscriber Line). L'enjeu de cette technologie en termes d'énergie et de bande passante est devenu un sujet problématique dès le début des années 2000 avec l'évolution des nouvelles technologies numériques comme les données massives et l'Internet. Dès lors, les opérateurs ont commencé à envisager un déploiement de la fibre optique pour les réseaux d'accès.

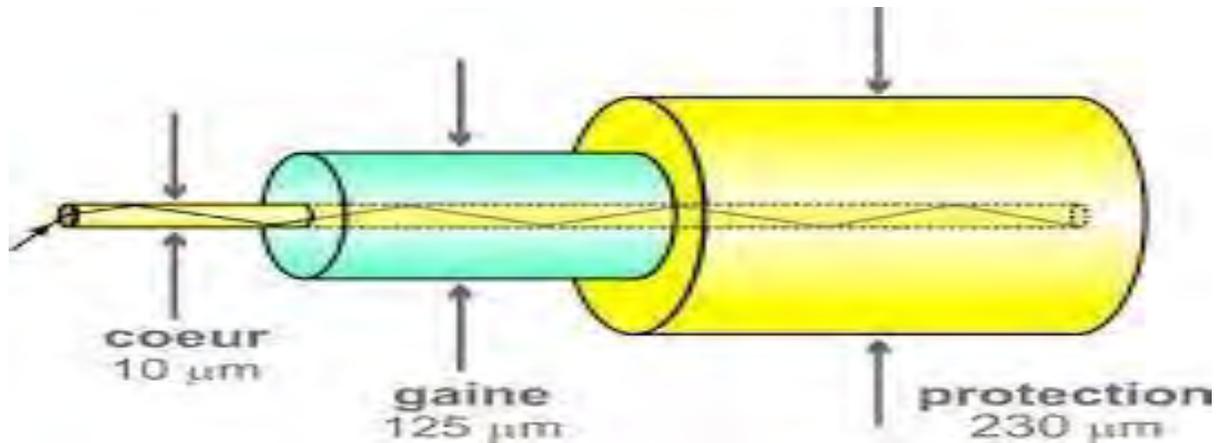
C'est ainsi que le Ministère de la Communication, des Télécommunications, des Postes et de l'Economie Numérique a lancé le Plan National Haut Débit du Sénégal en juin 2018. La stratégie **Sénégal numérique 2025** répond à la volonté du Sénégal de préparer sa croissance économique future, et s'inscrit dans la lignée du Plan Sénégal Emergent. Le Sénégal entend se servir de l'économie numérique comme levier pour l'essor des secteurs porteurs de son économie ; à savoir notamment, l'agriculture, l'habitat social, les industries minières, le tourisme et les télécommunications. La vision de cette stratégie est formulée ainsi : « **En 2025, le numérique pour tous et pour tous les usages au Sénégal avec un secteur privé dynamique et innovant dans un écosystème performant** ». [1].

À cet effet, l'opérateur historique du Sénégal ; c'est-à-dire la SONATEL, s'est lancée dans un projet de déploiement de la fibre optique sur l'étendue du territoire. La première phase du projet est d'abord de raccorder les abonnés qui sont dans la capitale. Ce raccordement, consiste à apporter la fibre jusqu'à la maison d'où le nom de FTTH (Fiber To The Home) et c'est dans ce contexte que s'inscrit le travail soumis à notre étude.

Les réseaux d'accès ADSL déployés atteignent leurs limites en termes de débit et de portée. Or, le développement de nouveaux services de télécommunications implique une forte croissance du besoin en bande passante offerte aux utilisateurs. De ce fait, l'optique a fait son entrée dans nos foyers mais aussi dans des entreprises depuis quelques années, à travers les liaisons très haut débit FTTH (Fiber To The Home) et FTTO (Fiber To The Office).

La fibre optique est un guide d'onde lumineux diélectrique classe en 2 types :

- \_ Monomode (cœur très petit impliquant qu'un seul canal de propagation)
- \_ Multi mode (cœur > longueur d'onde)



**FIGURE 1 : STRUCTURE DE LA FIBRE OPTIQUE ( SOURCE LE MONDE DES RESEAUX TELECOMS)**

Plusieurs techniques se distinguent pour amener la fibre jusqu'à l'abonné et nous allons nous attacher particulièrement à la solution GPON (Gigabit Passive Optical Network). Ce type de réseau décrit un architecture point-à-multipoint, basée sur un multiplexage temporel de la transmission des données de chaque utilisateur. Le GPON s'illustre alors sur une portée de 20km et permet de desservir jusqu'à 64 clients (ONT) à partir d'un seul point d'agrégation au central (OLT). Ce type de réseau transporte des flux de données descendants à un débit de 2.5Gbit/s et montants à 1.25Gbit/s, ce qui permet d'offrir une bande passante atteignant 100Mbit/s.chez l'abonné

# CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE

## I.1 Présentation de la Sonatel

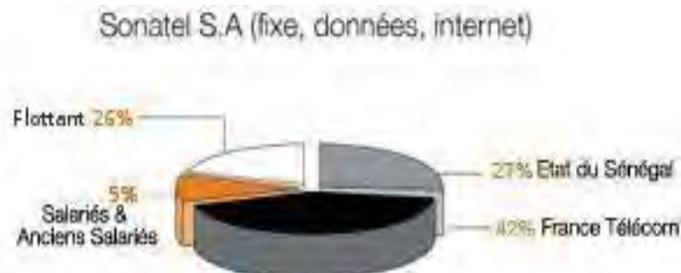
### I.1.1 Historique

La Société Nationale des Télécommunications a été créée le 23 Juillet 1985 par la fusion de l'Office des Postes et des Télécommunications et de Télé Sénégal. La Société Nationale des Télécommunications (SONATEL) est le premier opérateur de télécommunications au Sénégal. Devant la nécessité de s'adapter au nouvel environnement du monde des télécommunications, la SONATEL modifie ses statuts en procédant à une ouverture de son capital en 1995.

En septembre 1996, SONATEL innove en mettant à la disposition de ses clients un système de téléphonie mobile. Il est devenu en 1997 une société privée en s'alliant à France Télécom qui possède actuellement 42% de son capital.

Lors de cette privatisation, France Télécom a d'abord acquis 33,33% en concluant en même temps avec l'Etat une option d'achats de 9% du capital à exercer par la suite. France Télécom a exercé son option en Juillet 1999. Nous pouvons donc dire que la privatisation de Sonatel a été conclue sur la base d'une participation de France Télécom à hauteur de 42,33%. Ce niveau de participation ne devrait lui assurer en aucun cas le contrôle du destin de l'entreprise pour autant que les autres actionnaires en particulier l'Etat du Sénégal qui détient 27,67%.

Autres actionnaires en particulier l'Etat du Sénégal qui détient 27,67%.



**FIGURE 2: LES ACTIONNAIRES DE L'ENTREPRISE**

En 1999, une filiale Sonatel Mobiles a été créée avec la marque Alizé. Cette filiale gère toutes les offres mobiles du groupe.

La marque Sentoo est créée Sonatel commence à s'imposer comme un leader régional

rayonnant sur le Mali en 2002, la Guinée Bissau et la Guinée Conakry en 2007.

En 2004, la filiale Sonatel Business Entreprises spécialisée dans les réseaux privés d'entreprise est créée. En Novembre 2006, le groupe Sonatel adopte la marque commerciale Orange et adopte un nouveau logo formé par la ligature de deux mots dit « et commercial », symbole de sa fidélité avec tous ses partenaires.



**FIGURE 3:** FORMATION DU LOGO DE LA SONATEL

Au 31 Décembre 2007, Sonatel détient une part de marché d'environ 71% pour les services mobiles avec plus de 5 millions de clients. Son réseau couvre environ 84% du territoire sénégalais.

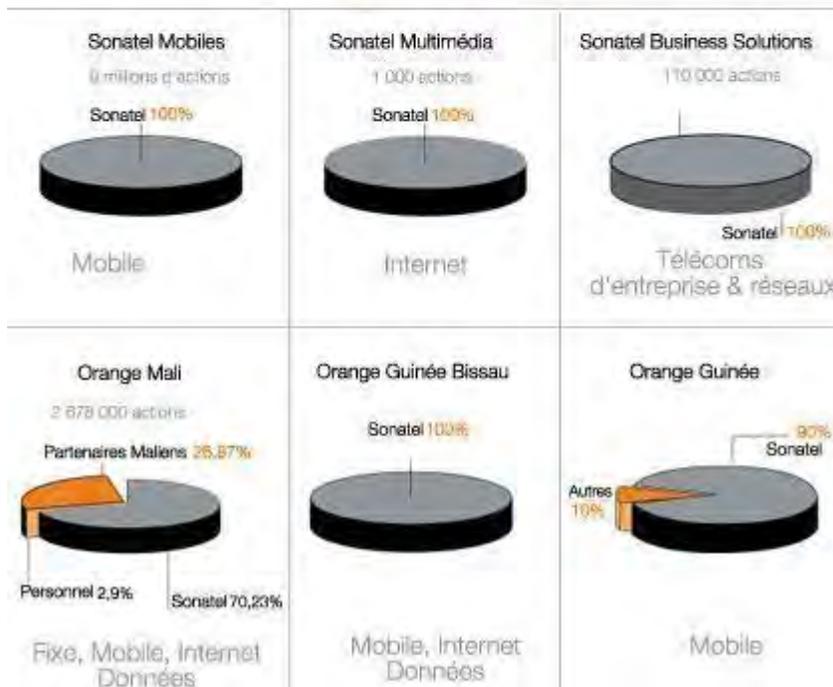
Le capital du groupe Sonatel estimé à cinquante (50) milliards FCFA est structuré comme suit

# le groupe Sonatel

Sonatel S.A (fixe, données, internet)



## les filiales



**FIGURE 4 : STRUCTURATION DES CAPITAUX**

### **I.1.2 Organisation**

Face à l'évolution rapide du secteur des Télécoms, Sonatel, doit constamment adapter sa stratégie et l'organisation qui la supporte pour tenir compte des nouveaux enjeux. La SONATEL a changé plusieurs fois son organisation générale pour s'adapter aux mutations en cours dans le domaine des Télécommunications. Ainsi l'organisation actuelle, la plus récente, celle qui date d'octobre 2005, est composée des structures suivantes :

#### **• La Direction Générale**

Elle comprend le Directeur Général (DG), à qui sont rattachés directement :

- le Département de la Sécurité
- le Département de l'Audit et Management des risques
- la Fondation SONATEL
- et la Direction Générale adjointe (DGA) à qui est rattaché le Département de la Communication.

La gestion quotidienne est faite grâce à un certain nombre de directions opérationnelles et fonctionnelles parmi lesquelles :

#### **• La Direction Financière et Comptable :**

Responsable de la mise en œuvre de la politique financière, de la trésorerie et de tous les actes à caractère financier, le Directeur Financier et Comptable s'acquitte de sa mission avec les structures suivantes : les départements de la comptabilité générale ; le département de la trésorerie et le département de la fiscalité et leurs différents services.

#### **• La Direction des Distributions et des Services**

#### **• La Direction des Entreprises**

La réorganisation de la Direction des entreprises répond aux préoccupations suivantes :

-Simplifier l'organisation commerciale face au client par une plus grande mutualisation de la première ligne

-Accentuer la présence Sonatel sur le marché Entreprises et assurer une meilleure prise en charge de l'Etat et des Grandes Collectivités Locales

- Renforcer le marketing des offres
- Développer l'activité dans les domaines de l'intégration et des services

- **La Direction des Réseaux :**

Elle est responsable de toute la partie technique des réseaux (études ; mise en œuvre exploitation technique) de SONATEL.

- **La Direction Système d'Information :**

Elle est responsable du système d'information de SONATEL.

- **La Direction des Opérations Internationales :**

Elle gère les relations internationales de SONATEL.

- **La Direction des Achats :**

Elle est responsable des achats et acquisitions de biens et d'équipements matériels et Logistiques.

- **La Direction de la Réglementation et des Affaires Juridiques :**

Elle gère les questions juridiques de SONATEL

- **La Direction des Ressources Humaines :**

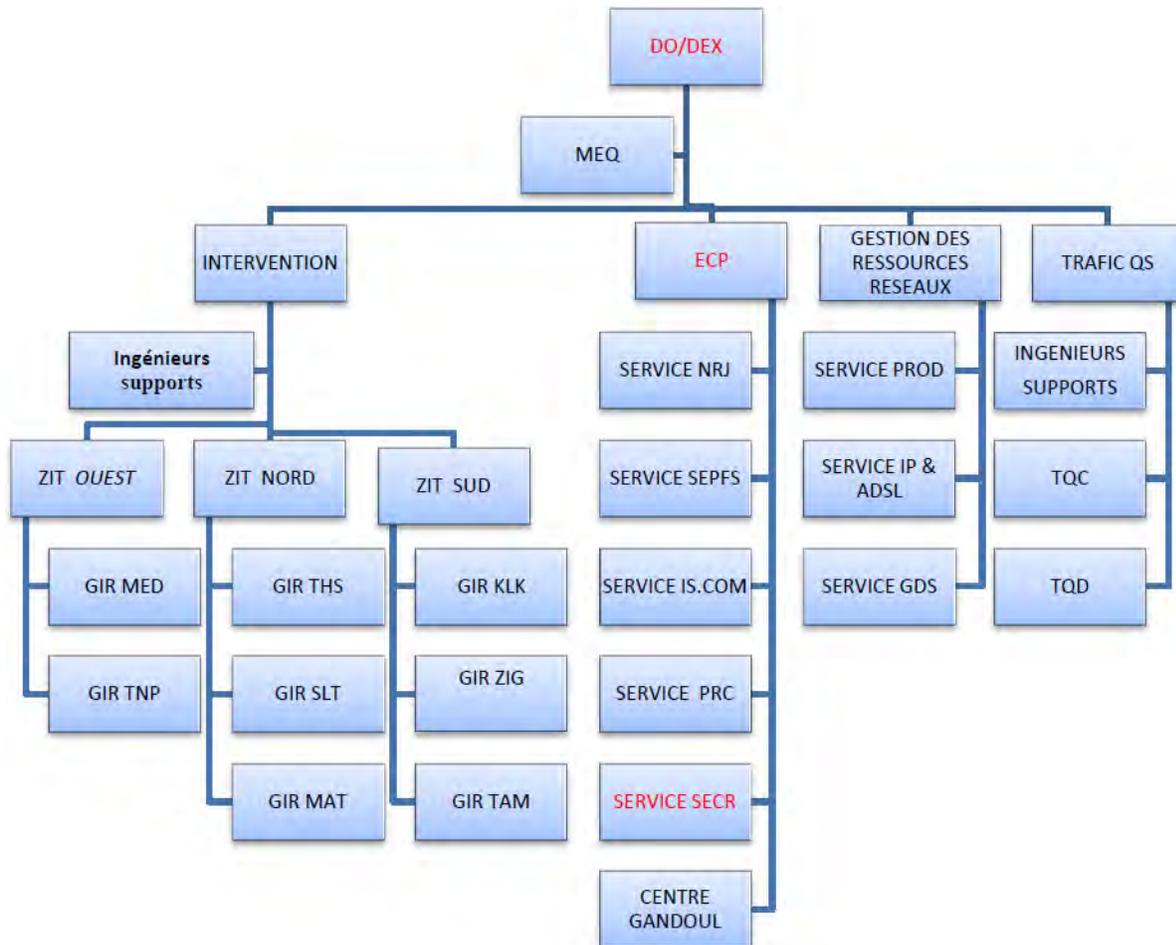
Elle est responsable de la mise en œuvre de la politique de SONATEL en matière de personnel.

### **I.1.3 Mission**

La Sonatel a pour mission : « d'offrir sur le marché local et sous régional la plus grande gamme possible de services de télécommunications, avec une qualité de service de standard international, à des tarifs les plus adaptés et contribuer ainsi à la croissance économique du pays ». Son ambition est de faire de la Sonatel la première entreprise sénégalaise, la Société de Télécommunications Africaine de Référence (STAR), leader des télécommunications en Afrique de l'Ouest.

### **I.1.4 Organigramme**

La direction de la Sonatel est composée d'une direction générale, d'une direction générale adjointe, des directeurs des filiales (Orange Mali, Orange Guinée, Orange Bissau) et de 15 directions opérationnelles composées chacune de plusieurs départements, services et centres techniques.



**FIGURE 5 : ORGANIGRAMME**

## **I.2 Présentation du sujet**

### **I.2.1 Contexte**

Aujourd'hui, près de 7 villes (Plateau, Almadies, Mermoz, Point E, Sacre cœur, Guédiawaye, Parcelles Assainies) sont éligibles à une connexion Internet en très haut débit et il ne se passe pas une semaine sans que nous n'annoncions de nouvelles demandes d'offres.

On parle de connexion très haut débit dès lors que le débit est supérieur à 30 Mb/s. Pour profiter d'une telle connexion, il n'est pas forcément nécessaire d'être raccordé par de la fibre optique.

Pour répondre à la demande des clients pour une qualité supérieure à l'accès à internet les fournisseurs ont besoin de solutions de pointes. Ainsi seule la fibre optique déployée près des utilisateurs, apportera de manière pérenne le très haut débit nécessaire aux nouveaux usages, à la multiplication des utilisations simultanées en un même lieu et à l'augmentation du nombre d'équipements connectés (objets multimédia et autres machines « intelligentes » : appareils ménagers, capteurs, télévisions connectées, etc.).

La fibre optique jusqu'aux abonnés (FTTH pour Fiber to the Home et FTTO pour fiber to the Office) participera ainsi à l'amélioration de la qualité des services et à leur évolution.

### **I.2.2 Problématique**

Les supports de transmission tels que le câble à cuivre, le faisceau hertzien, atteignent leurs limites en termes de débits, de distance et de disponibilité. Anticipant une évolution rapide des besoins des clients, nécessitant plus de simultanéité et de qualité, la fibre optique se présente comme étant la solution la mieux adéquate. Car cette dernière offre de très larges bandes passantes et une atténuation fiable du signal ainsi que de débits très élevés.



Une augmentation du besoin en bande due aux nouveaux usages du numérique :

- Internet haut débit
- TV et Vidéo (à la demande)
- Usages aussi bien professionnel que domestique



La limite des réseaux cuivre :

- La bande passante baisse très rapidement en s'éloignant du Central
- Limite du haut débit

o IPTV



- VoD
- Internet haut débit

### **Problématique Réseaux d'accès : Débit, Distance, Disponibilité**

D'où notre grande préoccupation est de savoir :

- Pourquoi transmettre les données par la fibre optique ?
- Pourquoi une fibre optique présente-t-elle un support approprié pour des liaisons des hauts débits ?
- Quelle sont les différents avantages que la fibre optique représente pour la transmission des données ?

#### **I.2.3 Objectif**

L'enjeu est de faire bénéficier à tous les clients, les avantages techniques (débits plus élevés) et une connexion très fiable.

La tâche que nous aurons à accomplir consistera justement à:

- Faire une étude de dimensionnement Faire une étude d'éligibilité
- Faire le test de signal
- Superviser le raccordement jusqu'au client
- Faire la configuration de la fiberbox (équipement de terminaison)
- Tester le débit

## **CHAPITRE II : PRESENTATION DES TECHNOLOGIES UTILISEES DANS LES RESEAUX D'ACCES**

### **II.1 Introduction**

Les technologies de raccordement des abonnés ont beaucoup évolué depuis les années 1970 avec des raccordements filaires (réseau téléphonique commuté, ADSL, VDSL2, fibre optique), sans fil (Wi-Fi, WiMAX), via un réseau de téléphonie mobile (GSM/EDGE, 3G/UMTS, 3G+ ou LTE, 4G, 4G+) ou par satellite. Cette évolution est généralement guidée par deux facteurs principaux : l'augmentation du trafic Internet et les progrès technologiques dans les systèmes de télécommunications.

La fibre optique est largement utilisée dans les réseaux très longues distances (sous-marins, réseau cœur et métropolitain) et apparaît depuis quelques années dans le réseau d'accès optique pour permettre aux abonnés "haut débit" de profiter de performances plus élevées que d'autres supports tels que le cuivre, le câble coaxial, le sans-fil ou encore la transmission satellite.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord faire une présentation des technologies d'accès utilisées pour le raccordement des abonnés dans les foyers ; ainsi que les avantages et inconvénients de chacune. Ensuite nous nous intéresserons spécifiquement aux réseaux de télécommunications optiques dans leur conception ; réseaux cœur, métropolitain et d'accès. Enfin nous finirons avec la présentation de la technologie PON et ses standards, particulièrement le GPON, ainsi que les différents types d'architectures et de multiplexages.

### **II.2 Les liaisons haut-débit**

#### **II.2.1 Accès sans fil**

##### **II.2.1.1 Wi-Fi**

Les réseaux locaux sans fil sont conçus pour fournir un accès sans fil dans des zones allant jusqu'à 100 mètres et sont principalement utilisés à la maison, à l'école, dans un laboratoire informatique ou au bureau. Cela donne aux utilisateurs la possibilité de se

déplacer dans une zone de couverture locale tout en restant connectés au réseau [3-4]. Les WLAN sont basés sur les normes IEEE 802.11, commercialisées sous la marque Wi-Fi.

Trois versions de la norme 802.11 sont couramment utilisées et intégrées dans la plupart des ordinateurs portables et des appareils mobiles :

- ✓ La norme 802.11a qui prend en charge des vitesses de bande passante allant jusqu'à 54Mbps.
- ✓ La norme 802.11b qui prend en charge des vitesses de bande passante allant jusqu'à 11 Mbps.
- ✓ La norme 802.11g qui prend en charge des vitesses de bande passante allant jusqu'à 54 Mbps.

### **II.2.1.2 WiMAX**

Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN) constituent le troisième groupe de réseaux sans fil. Les WMAN sont basés sur la norme IEEE 802.16, souvent appelée WiMAX (Interopérabilité mondiale pour un accès hyperfréquence). WiMAX est une technologie de communication qui prend en charge une architecture point à multipoint visant à fournir des données sans fil à haut débit sur des réseaux métropolitains [5-6]. Cela permet aux réseaux locaux sans fil plus petits d'être interconnectés par WiMAX, créant ainsi un grand WMAN. Ainsi, la mise en réseau entre les villes peut être réalisée sans avoir recours à un câblage coûteux.

WiMAX fonctionne sur deux bandes de fréquences, une combinaison de bandes sous licence et sans licence, de 2 GHz à 11 GHz et de 10 GHz à 66 GHz, et peut transférer environ 70 Mbps sur une distance de 50 km à des milliers d'utilisateurs à partir d'une seule station de base [7]. Dans la plage de fréquences comprise entre 2 et 11 GHz, il fonctionne sans visibilité directe, les obstructions physiques ne perturbent pas facilement les transmissions à courte fréquence. Les transmissions à haute fréquence sont utilisées pour le service en visibilité directe.

### **II.2.1.3 Avantages et Inconvénients des réseaux sans fils**

- Avantages

- Economie de coûts : moins de câble à déployer et donc une diminution de l'investissement en câbles ainsi que de la charge de travail lors de l'installation.
- Facilité et souplesse de déploiement : une machine supplémentaire peut se connecter sans pour autant réserver un espace tel qu'une prise RJ45. Qu'il y ait 1

Ou 15 machines utilisateurs, la différence n'est pas aussi critique qu'avec un réseau filaire, en termes d'espace de connexion.

- Mobilité : les utilisateurs peuvent se déplacer sans perdre la connexion au réseau.
- Inconvénients
  - Débit souvent plus faible qu'un réseau câblé.
  - Sécurité : la transmission sans fil est plus vulnérable aux attaques d'utilisateurs non autorisés.
  - Couverture : dans certains bâtiments, il peut être difficile d'obtenir une couverture uniforme, ce qui peut conduire à des points noirs où aucun signal n'est disponible.
  - Impossible d'éviter les interférences : les transmissions radios ne sont pas isolées et le nombre de canaux disponibles est limité ; ce qui force le partage. Les interférences peuvent être de natures diverses à savoir des émetteurs travaillant à des fréquences trop proches ; des bruits parasites dus à l'environnement ; des phénomènes d'atténuation, de réflexion et de chemins multiples dus à l'environnement...

## **II.2.2 Réseaux cellulaires**

Différentes générations de réseaux cellulaires ont été développées depuis le début des années 1980. La première génération, la 1G, était analogique et, conçue uniquement pour les appels vocaux sans presque aucune considération pour les services de données, avec une vitesse pouvant atteindre 2,4 kbps. La deuxième génération, 2G, reposait sur la technologie numérique et l'infrastructure de réseau (GSM), permettant la messagerie textuelle, avec une vitesse de transmission des données pouvant atteindre 64 Kbps. La génération 2.5G se situait entre la deuxième et la troisième. Parfois, il a été référencé comme 2G

+ GPRS, il s'agit d'une version améliorée de la 2G, avec une vitesse pouvant atteindre 144 Kbps. La

génération 3G a été introduite en 2000 avec une vitesse de transmission des données pouvant atteindre 2 Mbps. La 3.5G est une version améliorée de la 3G qui utilise HSDPA pour accélérer les transferts de données jusqu'à 14 Mbps. Enfin, la quatrième génération (4G) et la cinquième génération (5G), sont capable de fournir une vitesse allant jusqu'à 1 Gbit/s et 10 Gbit/s respectivement.

- Avantages
  - Mobilité des abonnés.
  - Fournit des services voix / données même en itinérance (roaming). C'est-à-dire qu'un abonné d'un réseau téléphonique mobile peut passer un appel, être appelé, ou même échanger des données via le réseau radio d'un opérateur de réseau mobile autre que le sien.
  - Robustesse : les systèmes cellulaires étant décentralisés, ils résistent mieux à la défaillance de composants individuels.
- Inconvénients
  - Maintenance coûteuse.
  - Disponibilité des fréquences limitées.
  - Transfert requis : la station mobile doit effectuer un transfert intercellulaire très fréquemment lors du passage d'une cellule à l'autre.
  - Planification des fréquences : pour éviter les interférences, le spectre de fréquences doit être correctement distribué avec une plage de spectre de fréquences très réduite.

### **II.2.3 VSAT**

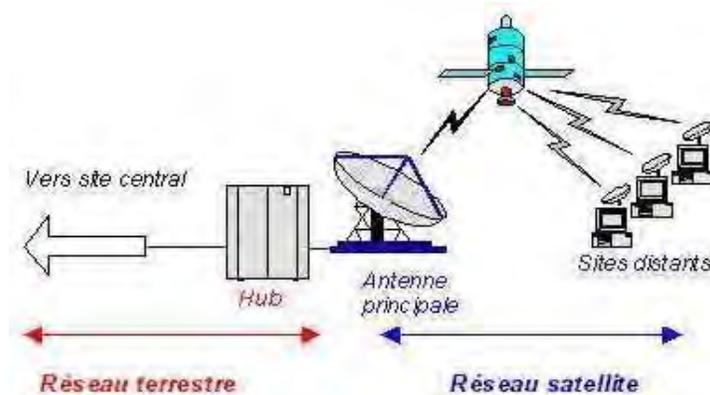
VSAT, *Very Small Aperture Terminal*, est une technique de transmission de données qui utilise des satellites en orbite géostationnaire autour de la terre. Elle utilise des antennes de réception et de transmission de petites tailles qui varient, en fonction des fréquences, de 0,9 à 1,8 mètres. Cette technologie utilise des bandes de fréquences de type Ku (bande 12,5-14,25 GHz), en Europe ou aux Etats- Unis avec l'utilisation de petites antennes, ou de type C (bande 3400-6650 MHz), en Asie, Afrique et en Amérique du sud avec l'utilisation des antennes de plus grandes tailles. [8].

Pour un flux en provenance d'un site distant, les données émises sont converties par l'équipement du site en signal haute fréquence. Le satellite reçoit le signal, l'amplifie, modifie sa fréquence et sa polarisation, puis l'émet vers le hub. Ce dernier réceptionne à son tour le signal l'amplifie puis le convertit en fréquence intermédiaire avant de le distribuer sur les modulateurs/démodulateurs de réception. Ces

derniers reconvertissent le signal et le transmettent aux routeurs-démultiplexeurs. Les données sont ensuite acheminées vers le site

Une direction précise des terminaux côté abonné et des antennes paraboliques est essentielle pour un bon fonctionnement de la communication centrale. Ce site est composé d'une ou plusieurs machines abritant les logiciels applicatifs de l'entreprise (comme des serveurs ou des mainframes).

Pour un flux en provenance du site central, le parcours des données subit les mêmes étapes que le flux inverse. L'unique particularité de ce flux réside dans l'adressage des données transmises au site adéquat. C'est le hub qui en a la charge.



**FIGURE 6: ARCHITECTURE D'UN RESEAU VSAT**

- Avantages
  - Le VSAT est un système qui permet de connecter 10 000 points simultanément au réseau. Cette technologie permet aux grands groupes de mettre en place un global intranet sur plusieurs continents totalement privés sans avoir à traiter avec les opérateurs de chacun des pays dans lequel le groupe est implanté.
  - L'évolutivité est aussi un des gros avantages de ce système. En effet, connecter un nouveau point, ne demande pas de gros moyens techniques et financiers.
  - Coûts peu sensibles à la distance.
- Inconvénients
  - Temps de latence plus long : les latences du VSAT (> 200 ms) sont toujours plus élevées que celles du système terrestre (<100 ms).
  - Coût initial élevé : en effet, le hub qui est l'élément central du réseau impose un investissement de base important d'environ 1 M€.
  - Rentable que si le nombre de sites est supérieur ou égal à 200.

## **II.2.4 Les technologies xDSL**

Pour pouvoir satisfaire les besoins en bande passante des utilisateurs (abonnés), plusieurs technologies d'accès ont donc été déployées. La plus courante d'entre elles est la technologie DSL (Digital Subscriber Line) qui comprend diverses techniques telles que :

- ADSL (ligne d'abonné numérique asymétrique)
- HDSL (ligne d'abonné numérique à débit élevé)
- RADSL (ligne d'abonné numérique à adaptation de débit)
- SDSL (ligne d'abonné symétrique)
- VDSL (ligne d'abonné numérique à très grande vitesse).

Les technologies xDSL sont divisées en deux familles ; celles utilisant une transmission symétrique et celles utilisant une connexion asymétrique.

L'éligibilité d'une offre xDSL dépend du rapport signal sur bruit. Ce dernier dépend en premier lieu de la distance, de la qualité de la paire cuivre, des perturbations électromagnétiques et autres.

### **II.2.4.1 L'ADSL**

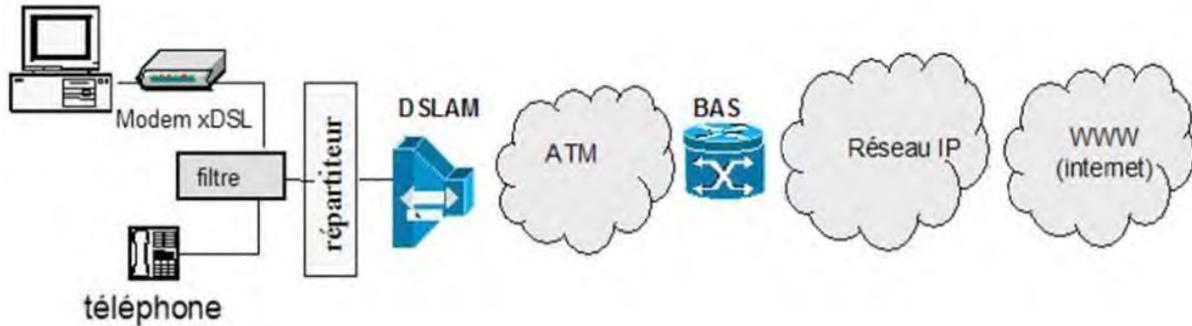
L'ADSL utilise la ligne téléphonique habituelle. Le principe de l'ADSL consiste à réserver une partie de la bande passante au transport de la voix, une autre au transport des données circulant en direction du cœur de réseau (données montantes) et une troisième, plus importante, au transport des données circulant vers l'abonné (données descendantes). L'ADSL offre un débit maximal descendant (d'Internet vers l'abonné) de 8 Mbit/s et un débit maximal montant (de l'abonné vers Internet) de 1 Mbit/s, sur une distance d'au moins 5Km. Elle fonctionne en full duplex grâce à un multiplexage fréquentiel, permettant de faire transiter simultanément les signaux montant et descendant accompagnés également des signaux portant la voix téléphonique.

La composition d'un réseau ADSL est la suivante :

- ▣ BAS (Broadband Access Server) : c'est le lien entre l'opérateur Télécom et le fournisseur d'accès (FAI). Il concentre les connexions ADSL venant de plusieurs DSLAM à travers le réseau ATM et les redirige vers un (ou plusieurs) fournisseur d'accès (FAI) dans une zone géographique.
- ▣ DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) : c'est l'équipement relié au client ADSL via la paire de cuivre ADSL. Il récupère les flux "voix téléphoniques" et "internet".

Les flux "voix téléphoniques" sont aiguillés vers le RTC et les flux "IP" vers le BAS en empruntant le réseau de collecte, le réseau ATM. Le DSLAM est capable de traiter simultanément 800 à 2500 clients.

- ▣ Filtre : du côté de l'abonné, le filtre fait la différence entre la voix et les données numériques. Il sépare la bande passante réservée au service téléphonique grâce à un filtre passe-bas (<4kHz) de la bande passante utilisée pour la transmission ADSL (>25kHz).
- ▣ Modem xDSL : le Modulateur-Démodulateur module un ensemble de signaux de fréquence appartenant à une plage 26-1100 kHz pour transporter les données "internet" (sans interférer avec la bande de fréquence utilisée par la voie 0,3-3,4 kHz).



**FIGURE 7: ARCHITECTURE D'UN RESEAU ADSL**

#### **II.2.4.2 Le VDSL**

Le DSL à très haut débit (VDSL) est actuellement la variante DSL la plus rapide, fournissant aux utilisateurs des dizaines de Mbit/s afin d'accroître les performances des applications existantes dans les domaines de l'accès Internet, de la vidéoconférence, de la vidéo numérique, et l'apprentissage à distance. En un sens, le VDSL est une extension de la technologie ADSL existante. Toutefois, la fourniture de débits binaires plus élevés ne peut être effectuée que sur de courtes distances. En fait, l'architecture de déploiement de VDSL combine un support de transport de données fait de fibres optiques puis de câbles coaxiaux ; c'est-à-dire que la transmission par fibre optique est utilisée pour connecter le central téléphonique à une unité de réseau optique distante (ONU), qui peut être située par exemple au bout d'une rue. La distance (courte) restante entre l'unité ONU et les locaux du client est couverte par la transmission VDSL sur la paire de cuivre torsadée habituelle.

Cependant, les signaux VDSL sont transportés sur la ligne simultanément et sans interférences et le débit atteint est supérieur à celui de l'ADSL. L'évolution de la technologie VDSL est le VDSL 2 qui permet d'atteindre un débit théorique (donc maximal)

de connexion de 100 Mbit/s, soit la même vitesse que la fibre optique actuelle. Néanmoins cette vitesse n'est que très rarement atteinte car, encore une fois, le logement de l'utilisateur doit se situer à moins de 150-200m du NRA pour atteindre cette vitesse.

### **II.2.4.3 Avantages et Inconvénients des réseaux xDSL**

- Avantages
  - La conservation de l'infrastructure existante (la paire de cuivre)
  - Un accès à Internet haut débit permanent
  - Possibilité de téléphoner tout en surfant sur le Web.
- Inconvénients
  - L'abonné ne doit pas être éloigné de plus de 5,4 Km de son central téléphonique de rattachement (il faut préciser que cette distance s'entend comme la distance réelle et non la distance à vol d'oiseau). Cette technologie est donc réservée de fait à des zones d'habitat dense.
  - Le débit est directement dépendant du trafic de la ligne. Les débits sont très variables, ce qui en fait, en l'état actuel du savoir-faire, une technologie destinée aux particuliers plutôt qu'aux entreprises.
  - Les débits sont, pour les versions actuellement proposées sur le marché, asymétriques, c'est-à-dire qu'elles sont bien adaptées à la consultation/réception de données mais beaucoup moins à l'émission.

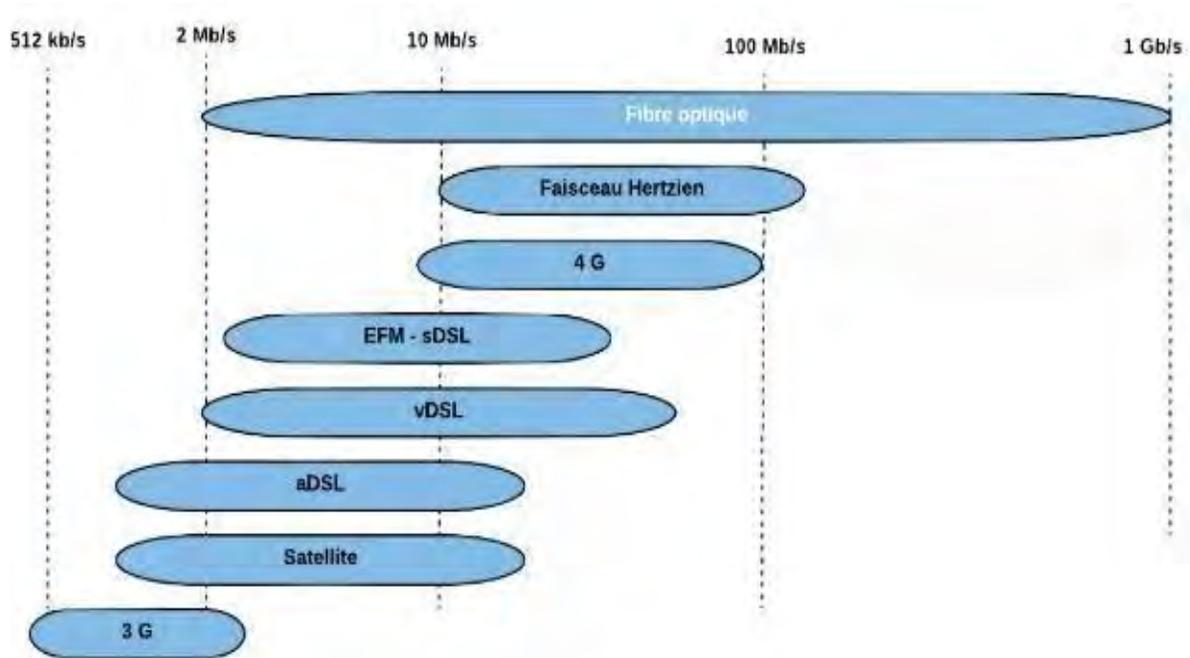
### **II.2.5 Fiber to the Home (FTTH)**

Fibre to the Home (FTTH) (ou FTTP = *fibre vers les locaux*) signifie la fourniture de données à large bande (par exemple pour l'accès à Internet, la téléphonie et la vidéo à la demande, parfois associées à des services triple play) aux ménages et aux petits bureaux directement par fibre optique. Il s'agit d'une technique alternative au modèle FTTN (Fibre to the node) actuellement dominant, dans lequel une fibre transporte des données uniquement vers un nœud situé dans un central ou dans une armoire côté rue, à partir de laquelle la distribution fine entre différents bâtiments est faite avec des câbles de cuivre [9].

- Avantages
  - Des débits de meilleure qualité (Un accès ultra-rapide à Internet, des usages simultanés)
  - Moins de pertes d'informations
  - Aucune interférence dans le câble FTTH (la fibre optique)
  - Perte de signal sur une longue distance très faible

- Inconvénients
  - Le coût de mise en œuvre élevé
  - Son installation est très difficile surtout dans les zones denses.

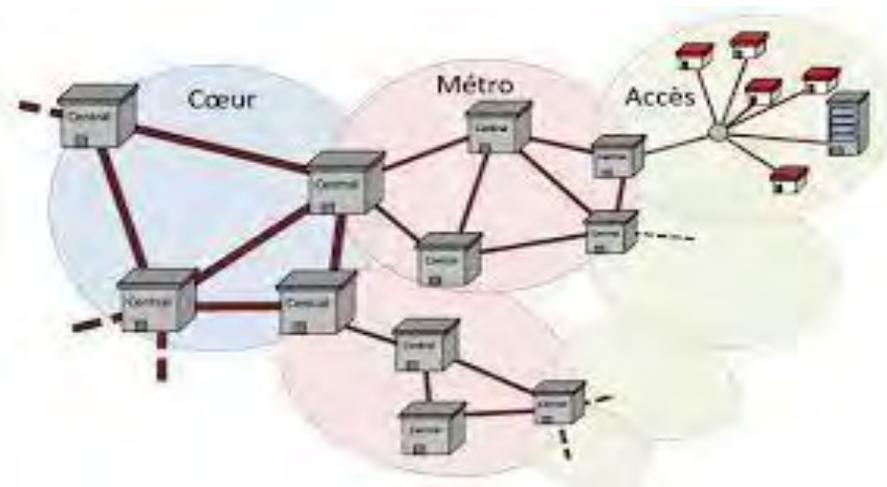
Voilà un tableau comparatif entre les différentes technologies développées en haut :



**FIGURE 8: COMPARATIF DES DEBITS INTERNET**

### **II.3 La hiérarchie des réseaux optiques**

D'une manière générale, les réseaux optiques sont hiérarchisés suivant leur débit et leur distance de couverture. Ils peuvent être décomposés en trois catégories (réseau cœur, réseau métropolitain et réseau d'accès), comme présenté sur la figure 2.4 :



**FIGURE 9: STRUCTURE D'UN RESEAU DE COMMUNICATION OPTIQUE**

### **II.3.1 Réseaux Cœur**

On les appelle également **les réseaux WAN (Wide Area Network)**. Ils représentent le nœud central du réseau télécom et fournissent les nombreux services aux abonnés connectés via les réseaux d'accès. Les réseaux cœur transportent d'importantes données d'un nœud à un autre en interconnectant différents pays et s'étendent sur des centaines voire des milliers de kilomètres entre nœuds, couvrant ainsi des zones géographiques à l'échelle des continents. Ils transportent des informations au débit de 100, voire 400 Gbit/s. Ce sont généralement des réseaux dotés d'une structure maillée ou en anneaux, fonctionnant en technique WDM (Wavelength Division Multiplexing). D'autres techniques de multiplexage ont été utilisées pour le réseau cœur : le multiplexage à répartition spatiale SDM et l'OFDM optique. Le multiplexage de mode spatial utilise les modes spatiaux de la fibre optique pour augmenter le débit dans la fibre optique. L'OFDM transmet les données en utilisant un grand nombre de porteuses pour une bande étroite.

### **II.3.2 Réseaux Métropolitain**

Encore appelés « **Réseaux de distribution** », les réseaux métropolitains représentent la partie du réseau déployé dans les grandes villes ou régions, à des débits de 10, voire 100 Gbit/s. Fondamentalement, on peut distinguer les réseaux métropolitains structurants et les réseaux métropolitains d'accès. Les réseaux métropolitains sont généralement constitués d'anneaux de 80 à 150 km de circonférence avec six à huit nœuds. En revanche, les réseaux métropolitains d'accès sont des anneaux de 10 à 40 km de circonférence dotés de trois ou quatre nœuds avec des embranchements vers des sites distants.

Durant les années 90, ils fonctionnaient en anneau suivant le standard SONET (Synchronous Optical Network), proche du SDH (Synchronous Digital Hierarchy), conçu pour le transport de la voix. Ensuite il y'a eu la structure étoilée pour résoudre les questions d'accès et de priorité dans le transport des données. Par suite, des structures hybrides Anneau-étoile ont été proposées pour améliorer la rapidité et l'efficacité du réseau métropolitain en vue de bénéficier des capacités du réseau cœur et de ses technologies.

Dans ce contexte, pour faire profiter les usagers et différents particuliers de ces services hauts débits, des réseaux d'accès hauts débits se doivent d'être envisagés.

### **II.3.3 Réseaux d'Accès**

Les réseaux d'accès représentent la partie du réseau qui relie le fournisseur de service (CO: Centre Office) à l'abonné. Sa longueur est souvent de l'ordre de quelques kilomètres jusqu'à 20km. Afin de permettre une bonne compréhension du réseau d'accès, nous étudierons dans cette section l'architecture FTTx.

#### **II.3.3.1 Les réseaux d'accès FTTx**

Même si l'ADSL 2+ peut délivrer 15Mbit/s, l'ADSL quad 30Mbit/s, le VDSL 50Mbit/s et le VDSL2+ prochainement 100Mbit/s, les distances de transmission à ces débits demeurent très faibles. Pour avoir 100Mbit/s par les paires de cuivre, il faudra être très proche du DSLAM (150 ou 200 mètres) ce qui est problématique pour raccorder tous les clients à ce débit. C'est pour cette raison que la technologie de la fibre optique a été adoptée pour obtenir une bande passante supérieure avec la technologie FTTx (Fiber to the x), terme générique utilisé pour plusieurs réseaux de fibres optiques architecturaux destinés aux télécommunications qui remplacent les réseaux de câbles en cuivre. Selon la localisation de la terminaison du réseau optique, différentes configurations sont envisageables :

- **FTTH** (Fiber to the Home)

Le **FTTH** « Fibre jusqu'à l'abonné » correspond au déploiement de la fibre optique depuis le nœud de raccordement optique (lieu d'implantation des équipements de transmission de l'opérateur) jusqu'aux locaux à usage professionnel ou les logements. Les réseaux FTTH permettent de bénéficier d'un débit de l'ordre de 100Mbit/s symétriques, c'est ce qui est notamment proposé aux particuliers.

- **FTTB** (Fiber to the Building)

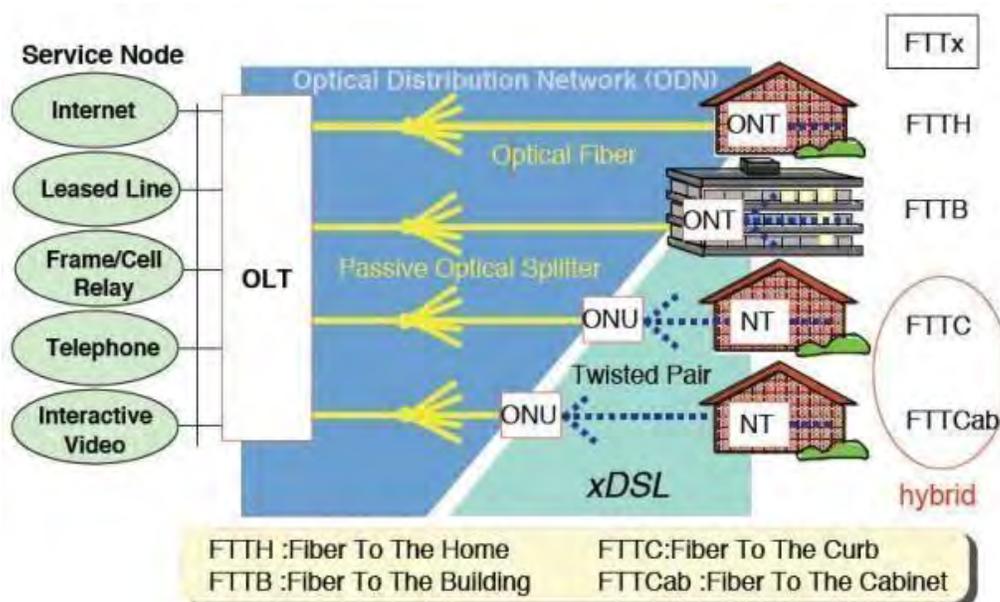
Dans le cas du **FTTB** « fibre jusqu'à l'immeuble », la connexion en fibre optique va du répartiteur jusqu'à l'entrée du bâtiment ou au bas des immeubles. Un équipement supplémentaire est nécessaire pour acheminer les données à l'intérieur du bâtiment.

- **FTTLA** (Fiber to the Last Amplifier)

En ce qui concerne le FTTLA « fibre jusqu'au dernier amplificateur », la fibre optique relie le réseau de l'opérateur à un « hub » qui irrigue ensuite les nœuds optiques installés au pied des immeubles. Grâce à cette architecture, seule la partie terminale du réseau est constituée de câbles coaxiaux sur les derniers mètres jusqu'à l'abonné.

- **FTTN** (Fiber to the Node)

FTTN « la fibre jusqu'au nœud » : la fibre optique est raccordée à une armoire de rue, éventuellement située à des kilomètres des locaux du client, les connexions finales étant en cuivre. Le réseau FTTN est souvent une étape intermédiaire vers la technologie FTTH (fibre vers domicile) et est généralement utilisé pour fournir des services de télécommunication « évolués » triple play.



**FIGURE 10: LES RESEAUX D'ACCES FTTX**

Deux types importants de systèmes permettent des connexions FTTH ; ce sont les réseaux optiques actifs et les réseaux optiques passifs. Dans la suite, nous allons présenter beaucoup plus en détail le réseau optique passif.

## **II.4 Passive Optical Network (PON)**

Contrairement au réseau optique actif (AON) qui utilise des périphériques actifs (consommant de l'énergie) et des éléments de réseaux (routeur, commutateur, ...) pour connecter un opérateur à un utilisateur final, un réseau optique passif est un réseau qui fournit une variété de services à large bande aux utilisateurs via un accès en fibre optique. Un réseau PON permet de supprimer tous les composants actifs entre le central et le client en introduisant des composants optiques passifs (répartiteurs et coupleurs optiques) en place pour guider le trafic sur le réseau. Son élément principal est le séparateur optique. L'architecture (passive) est principalement utilisée dans les réseaux FTTH. Dans ce qui suit, nous présenterons les différents types de réseaux PON, les architectures PON existantes avec les techniques de multiplexage que l'on pourrait rencontrer dans ces types de réseau et terminer avec la technologie GPON.

### **II.4.1 Types de réseaux d'accès PON**

Il faut noter que derrière l'appellation PON se cache toute une série de variantes basées sur des protocoles différents :

- Le BPON (Broadband PON) défini dans la recommandation ITU G.983 qui s'appuie sur l'ATM. Le BPON peut monter jusqu'à des débits de 1Gb/s dans le sens descendant et 622Mb/s dans le sens montant mais son utilisation est usuellement vue pour des débits de 622Mb/s descendant et 155Mb/s montant.
- L'EPON (Ethernet PON) défini dans la recommandation IEEE 802.3ah qui s'appuie sur Ethernet. L'EPON présente un débit symétrique de 1 Gb/s.
- Le GPON (Gigabit PON), présenté comme le successeur du BPON et défini dans la recommandation ITU G.984 s'appuie sur la GEM (GPON Encapsulation Method) pour transporter différents protocoles. Le GPON permet d'atteindre des débits de 2,5Gb/s dans le sens descendant (longueur d'onde 1490 nm) et de 1,25Gb/s dans le sens montant (longueur d'onde 1310 nm). Une seule fibre suffit pour desservir un client.

SONATEL utilise la technologie GPON (Réseau Optique Passif en Gigabit) pour le déploiement de son réseau FTTH.

### **II.4.2 Architectures PON**

Les réseaux d'accès optiques actuellement déployés se présentent sous les architectures suivantes :

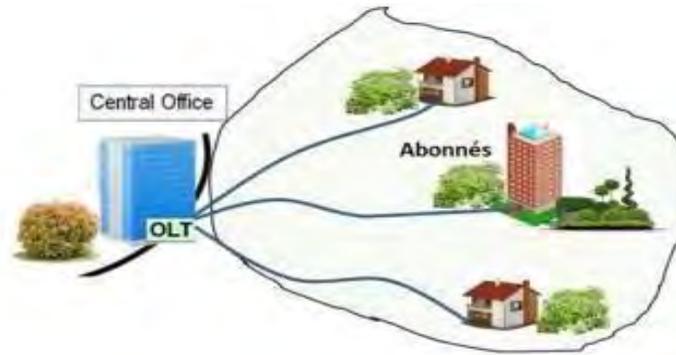
- Le point-à-point ou architecture active,
- Le point-à-multipoint ou architecture passive

Le choix de l'architecture dépend du type de service devant être fourni, du coût de l'infrastructure, de l'infrastructure actuelle et des plans futurs de migration vers les

nouvelles technologies.

### **II.4.2.1 Architecture Point-à-Point**

L'architecture point-à-point est la plus simple à mettre en œuvre parmi les topologies physiques du réseau d'accès optique. Elle consiste à avoir un lien physique en fibre optique directement entre le central et le client (généralement bi-fibre).



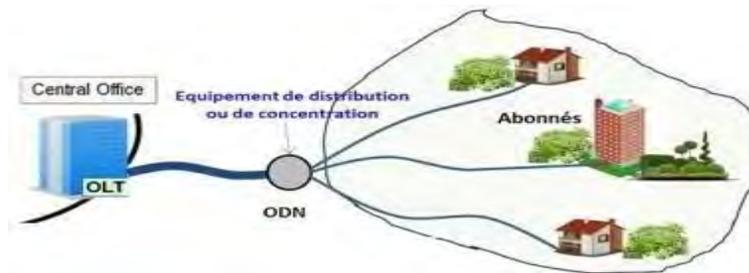
**FIGURE 11: ARCHITECTURE POINT-A-POINT**

- Avantages
  - o Chaque abonné bénéficie indépendamment de la totalité de la bande passante de son canal et le débit est facilement adapté selon l'utilisateur (client résidentiel ou entreprise).
  - o La sécurité des données est garantie puisqu'une ou deux fibres sont dédiées à chaque client
  - o Pas de composants optiques entre l'OLT/l'ONT et aucune forme de multiplexage n'est requise : réduction du coût.
  - o Budget optique traduit par la distance de transmission pouvant atteindre 100km sans amplification pour des débits jusqu'à 10Gbit/s
  - o La gestion du réseau est très simplifiée.
- Inconvénients
  - o Absence de mutualisation de la fibre et une multiplication du nombre des interfaces optoélectroniques : augmentation du coût.
  - o Coût de déploiement et de réalisation très élevée du fait qu'il y a autant de fibres déployées que d'abonnés, induisant de forts besoins en génie civil à chaque nouveau raccordement.
  - o Pas de gestion simplifiée des signaux en broadcast.

Une des alternatives pour réduire le coût de déploiement est d'utiliser une seule fibre pour alimenter plusieurs abonnés (architecture point-à-multipoint).

### **II.4.2.2 Architecture Point-à-Multipoint**

Cette architecture permet de mutualiser l'infrastructure entre plusieurs clients. L'élément clé de l'architecture est un coupleur optique passif 1 vers N qui divise la puissance optique vers autant de ports de sortie.



**FIGURE 12: ARCHITECTURE POINT-A-MULTIPOINT**

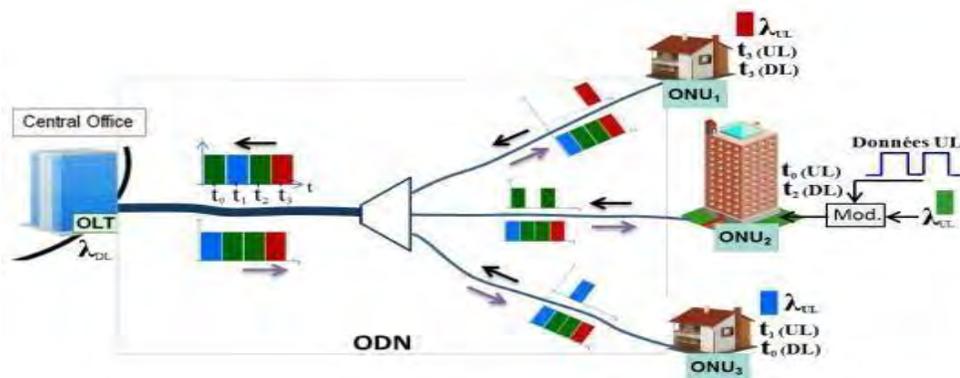
- Avantages
  - Structure passive à base de coupleur optique
  - Mutualisation de la fibre optique (économie sur la fibre)
  - Coût de déploiement abordable
  - OLT partagé entre 32 à 64 clients ; architecture favorable à la diffusion
- Inconvénients
  - Débit partagé et limité : allant jusqu'à 100 Mbit/s.
  - Budget optique limité par le coupleur dont les pertes sont proportionnelles au nombre de ports
    - Synchronisation des données complexes dans le sens montant
  - Problème de sécurité des données en réception car chaque utilisateur reçoit toutes les informations envoyées par l'équipement central (OLT). Cependant la confidentialité est assurée par un processus de cryptage (G983/G984).

### **II.4.3 Types de Multiplexage**

#### **II.4.3.1 TDM/TDMA PON**

Basé sur une architecture point à multipoint où chaque ONU reçoit la totalité du signal provenant de l'OLT, le GPON nécessite un partage de l'information. Ce partage de l'information se fait dans le domaine temporel de la manière suivante :

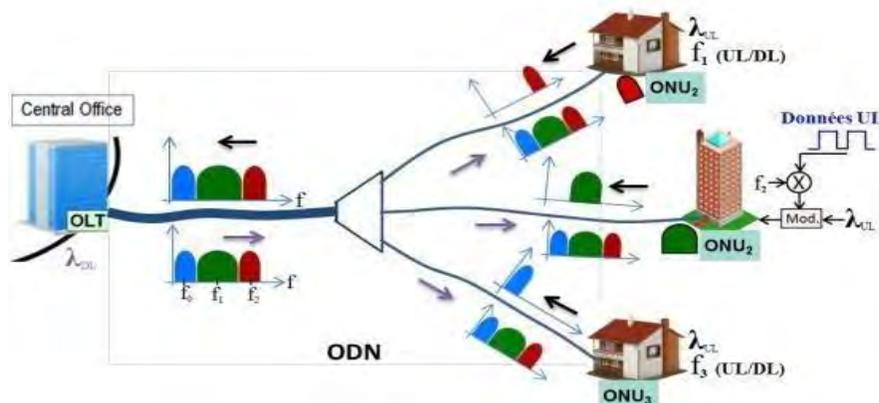
- Dans le sens descendant du lien, l'émetteur optique situé à l'OLT transmet continuellement des données dont chaque plage temporelle (de longueur variable) est à l'intention des différents ONU. On parle alors de multiplexage temporel, ou de Time Division Multiplexing (TDM) en anglais. C'est le protocole du GPON qui, après réception à l'ONU de la totalité du signal émis par l'OLT, détermine quelle partie du signal reçu correspond à l'ONU.
- Le partage des ressources dans le sens montant s'effectue par le TDMA (Time Division Multiple Access). Chaque client a un intervalle de temps bien précis pour émettre afin de ne pas interférer avec un autre client. Un récepteur en mode burst est nécessaire à l'OLT. Ce récepteur permet de récupérer et de synchroniser rapidement l'horloge avec les données venant d'utilisateurs situés à des distances différentes, donc avec des phases différentes.



**FIGURE 13: ARCHITECTURE TDM/TDMA**

### **II.4.3.2 FDM/FDMA PON**

En FDM(A) (Frequency Division Multiplexing (Access)), la bande passante disponible pour la transmission est divisée en plusieurs bandes de fréquence. Dans le sens montant, les données issues des différents ONU sont multiplexées en fréquence. Chaque ONU transmet des données suivant une fréquence porteuse bien définie. L'allocation en terme de bande passante peut être faite soit en variant le débit par sous-porteuse, soit en allouant plusieurs sous-porteuses à un même abonné.

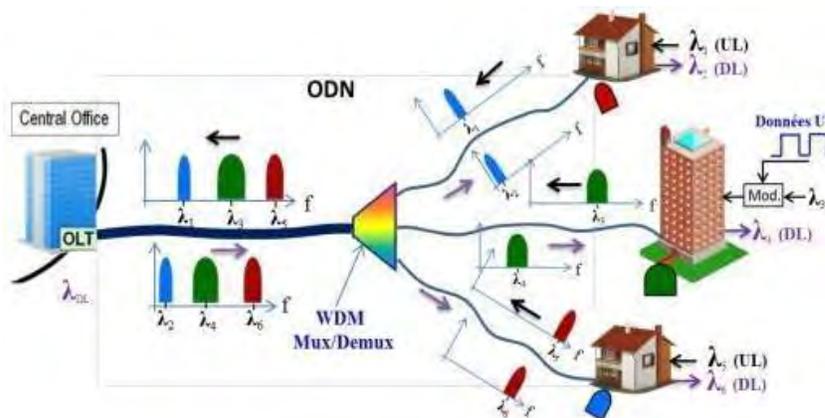


**FIGURE 14: ARCHITECTURE FDM/FDMA**

L'avantage par rapport au TDM/TDMA est que les composants à l'ONU peuvent fonctionner au débit réel utilisateur. De plus, c'est une technique robuste face à la dispersion chromatique dans la fibre du fait que chaque sous-porteuse dispose d'une bande passante plus étroite que celle du signal complet.

### **II.4.3.3 WDM/WDMA PON**

L'introduction du multiplexage en longueur d'onde "WDM" est d'abord la réponse à une augmentation des débits et du taux de partage dans le réseau d'accès. Il permet de transmettre l'information sur plusieurs longueurs d'onde. En effet, la limite en débit imposée par le TDM peut être évitée en introduisant le WDM et en affectant, par exemple, une longueur d'onde par utilisateur avec un accès statique ou dynamique, ce qui revient à faire du point-à-point en longueur d'onde. En liaison descendante, toutes les longueurs d'ondes sont acheminées vers chacun des abonnés. L'implémentation de l'ODN est donc simplifiée, excepté le fait qu'un filtre en longueur d'onde soit indispensable au niveau de chaque ONU complexifiant ainsi le récepteur. Lorsque le nombre d'abonnés  $N$  croît dans le réseau de distribution (ODN), les pertes optiques en dB s'expriment en  $10\log_{10}(N)$ . L'alternative pour éviter ces fortes pertes d'insertion dues au point d'éclatement passif de l'ODN consiste à utiliser plutôt un multiplexeur/démultiplexeur WDM en lieu et place du point d'éclatement dans l'ODN. De cette manière, le filtrage en longueur d'onde soit réalisé directement au niveau de l'ODN conduisant à une réception de longueur d'onde unique au niveau de chaque abonné.



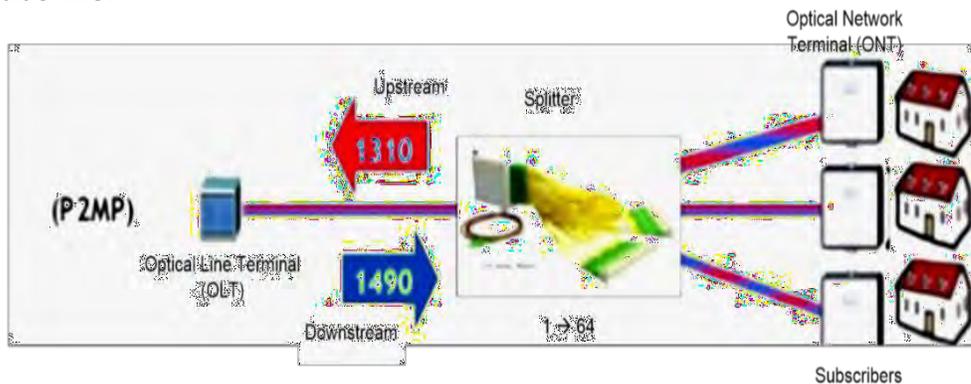
**FIGURE 15: ARCHITECTURE WDM/WDMA**

Généralement, les pertes typiques d'un réseau WDM Mux/Demux sont indépendantes du nombre d'utilisateurs et sont estimées à environ 3~4 dB [14]. L'avantage majeur avec le WDM est que les composants émetteurs/récepteurs de l'ONU fonctionnent aussi au débit réel utilisateur. Par contre, ils sont complexes à mettre en

œuvre pour cause de la gestion des longueurs d'onde à allouer, soit à un ou plusieurs utilisateurs à la fois, ou de son déploiement qui n'est pas aisé quand un grand nombre de longueurs d'onde est nécessaire.

#### II.4.4 Le GPON

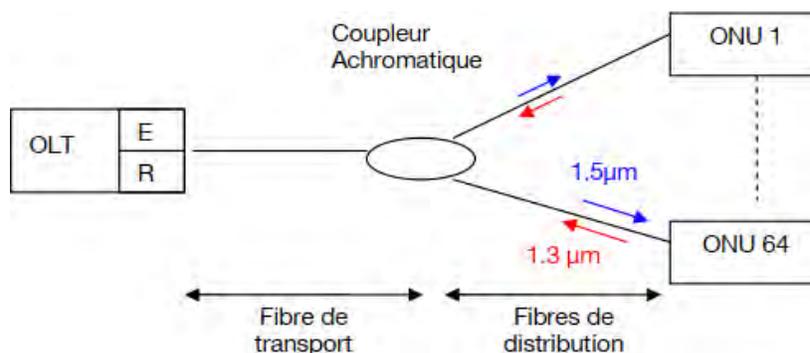
Plusieurs techniques se distinguent pour amener la fibre jusqu'à l'abonné et nous allons nous attacher particulièrement à la solution GPON (Gigabit Passive Optical Network). Ses avantages sont ceux d'une architecture PON (coûts de déploiement par rapport au point-à-point...) ainsi qu'une efficacité supérieure et le support de différents services (par rapport à l'EPON). Le GPON s'illustre sur une portée de 20km et permet de desservir jusqu'à 64 clients (ONT) à partir d'un seul point d'agrégation au central (OLT). Ce type de réseau transporte des flux de données descendants à un débit de 2.5Gbit/s et montants à 1.25Gbit/s, ce qui permet d'offrir une bande passante atteignant 100Mbit/s chez l'abonné.



**FIGURE 16: PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU GPON**

##### II.4.4.1 Eléments terminaux du GPON

Le GPON est basé sur une architecture point-à-multipoint à base de multiplexage temporel. Il présente une architecture passive optique à base d'un coupleur de type de celle qui est schématisée ci-dessous. Le coupleur est achromatique pour permettre une transmission des longueurs d'ondes 1.3, 1.49 et 1.55  $\mu\text{m}$ .



**FIGURE 17 : SCHEMA SIMPLIFIE DU GPON**

#### **II.4.4.1.1 OLT (Optical Line Terminal)**

Dans les réseaux d'accès optique le central contient l'OLT (Optical Line Termination) qui est l'équipement d'émission ou de réception. Il peut être considéré comme un DSLAM optique. Sa fonction de base est de contrôler les informations circulant dans le réseau de distribution optique (ODN). De plus, il coordonne le multiplexage entre les différents terminaux de réseau optique (ONT).

#### **II.4.4.1.2 ONT/ONU**

Le terminal de réseau optique (ONT) est un modem optique qui se connecte au point de terminaison avec un câble optique. Les données reçues du client sont envoyées par la terminaison ONT vers la terminaison OLT en amont. L'ONT est également appelé unité de réseau optique (ONU). ONT est un terme ITU-T, tandis que ONU est un terme IEEE. Ils font, tous les deux, référence à l'équipement du côté utilisateur dans le réseau GPON.

#### **II.4.4.1.3 Splitter (Coupleur)**

On appelle coupleur le composant qui est intégré dans la ligne et qui assure la fonction de diviseur ou de concentrateur de la transmission. C'est un équipement passif qui ne nécessite aucune alimentation électrique. Son fonctionnement est basé sur la seule propagation de la lumière à l'intérieur de la fibre. Dans le sens montant, le coupleur permet de combiner par addition les signaux optiques. Dans le sens inverse (sens descendant), il divise le signal optique qui vient de L'OLT. Le coupleur n'est pas capable d'aiguiller, de modifier, de retarder ou de bloquer les signaux qui le traversent.

#### **II.4.4.2 Couche MAC et Encapsulation**

##### **II.4.4.2.1 Couche MAC**

Les mécanismes d'allocation dynamique de bande passante du GPON sont situés dans la couche MAC (Contrôle d'Accès au Medium), c'est-à-dire au niveau 2 du modèle OSI.

Au niveau protocolaire, le GPON fonctionne de manière synchrone et centralisée. En sens descendant, l'OLT diffuse les trames vers tous les ONU et ceux-ci déchiffrent celles qui leur sont destinées. En sens montant, un calcul (échange de trames) est effectué par l'OLT pour déterminer sa distance par rapport aux ONU dans le réseau. Le but est de recalculer les émissions de tous les ONU sur celles de l'ONU le plus éloigné pour éviter les

chevauchements dues aux différences de délai de propagation. Cette phase est indispensable au fonctionnement du GPON.

#### **II.4.4.2.2 GEM (Gpon Encapsulation Method)**

La méthode d'encapsulation utilisée au niveau de la technologie GPON est la méthode GEM (GPON Encapsulation Method) qui permet de prendre en charge les services (Ethernet, TDM, ATM, etc.) dans un protocole de transport synchrone basé sur des trames périodiques de 125  $\mu$ s.

GPON offre ainsi non seulement une bande passante supérieure à celle de ses prédécesseurs, mais il est également beaucoup plus efficace et permet aux opérateurs de continuer à offrir leurs services traditionnels (voix basée sur le TDM, lignes louées, etc.) sans avoir à changer d'équipements installés chez les clients.

#### **II.4.4.2.3 Allocation Dynamique de la Bande passante (DBA)**

GPON utilise des connexions point-à-multipoint entre la terminaison de ligne optique (OLT), les ressources du réseau de coordination et les unités de réseau optique (ONU). En raison de la bande passante élevée disponible dans la technologie GPON, l'allocation de bande passante est basée sur les accords de niveau de service (SLA), dans lesquels la qualité de service (QoS) peut être accordée en fonction de la demande. La bande passante est allouée par conteneur de transmission (T-CONT).

Un T-CONT permet de définir un flux ou un agrégat de flux en sens montant, le tout étant associé à un contrat de trafic (SLA). Un T-CONT peut donc transporter plusieurs flux GEM ou ATM en sens montant. Il est identifié par son ALLOC\_ID (compris entre 0 et 4095) et attribué par l'OLT.

### **II.5 Conclusion**

Nous avons dressé un panorama des technologies d'accès utilisées pour le raccordement des abonnés ainsi que les avantages et inconvénients de chacune, son évolution en s'intéressant particulièrement aux réseaux d'accès optiques avec les architectures FTTH et la technologie PON. Une attention particulière a été portée sur le GPON pour avoir une idée de la technologie utilisée dans le déploiement du réseau FTTH de la SONATEL.

Cependant, concevoir un réseau, sous-entend maîtriser les outils technologiques à utiliser ainsi que les réglementations. Le chapitre suivant fera donc l'objet d'une présentation des spécifications techniques et de l'ingénierie à adopter, ainsi que de la zone d'étude, et du dimensionnement du réseau à mettre en place.

## CHAPITRE III : ETUDE ET CONCEPTION

### L'ARCHITECTURE FTTH GPON

#### **III.1 INTRODUCTION AU GPON**

**GPON** est l'acronyme de ***Gigabit Passive Optical Network***. Cette technique est utilisée dans le domaine des réseaux de transmission de données et des réseaux d'accès à Internet à très haut débit.

GPON désigne une architecture passif sur fibre optique et la pile de protocoles de bas niveau associés (OSI 1 et 2), normalisée par l'ITU-T sous les références G.984.x. Le GPON trouve son intérêt lorsqu'il y a des flux importants et indépendants destinés à plusieurs abonnés, tels que la diffusion TV à la demande (IPTV), la vidéo (VoD) sur IP ou les accès à Internet à très haut débit.

Le standard GPON succède en 2003 / 2004 au BPON (*Broadband PON*, normes ITU G.983.x) ; il permet d'atteindre des débits utiles crêtes proches de 1 Gbit/s dans chaque sens de transmission. Pour des raisons de performances, le comité chargé de l'élaboration du standard a décidé de ne pas assurer la compatibilité complète avec l'ancienne norme BPON.

Un réseau GPON transporte habituellement des trames Ethernet. Mais, il est aussi théoriquement capable de transporter des charges ATM.

Une trame GPON dispose intrinsèquement de mécanismes fonctionnellement importants, tels que :

- la gestion de la qualité de service (QoS) dès les couches de bas niveaux ;
- le chiffrement des données utilisant l'algorithme AES (en mode compteur), permettant une confidentialité point-à-point dans le sens descendant (central vers maison) sans devoir recourir à des protocoles des couches supérieures. Dans le sens montant cette confidentialité est intrinsèque à l'architecture d'un réseau PON.

Le **PON** (Passive Optical Network) (réseau d'accès optique passif) est le Concept de base. On ne note pas d'équipements actifs/alimentés en électricités d'où le terme « Passif »

Plusieurs variantes PON sont mises au point dont la différence se trouve au niveau des

équipements d'extrémités: APON, BPON, GPON, EPON, XGPON, XGEPON, WPON...

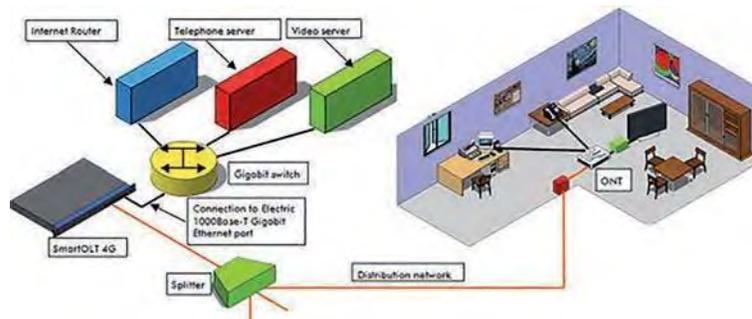
La partie Active définit le type de réseau



Aucun équipement actif entre la tête du central et la prise optique de l'abonné

**FIGURE 18 : SCHEMA ILLUSTRATIF DE GPON**

### **III.1.1 GPON : Principe de fonctionnement**



L'OLT est un équipement conçu pour les opérateurs qui souhaitent mettre en oeuvre la technologie **GPON** tout en maîtrisant les coûts de déploiement. En effet, dans tout déploiement FTTH, l'investissement initial requis pour servir les premiers abonnés est critique. L'opérateur est obligé de faire des dépenses

importantes en équipements alors que le volume des clients est encore faible.

Avec un budget de démarrage minimal, l'OLT permet à l'opérateur de servir ses clients, étape par étape et d'étendre progressivement les capacités de l'équipement pour de nouveaux abonnés. Ceci est possible grâce à **trois caractéristiques** uniques :

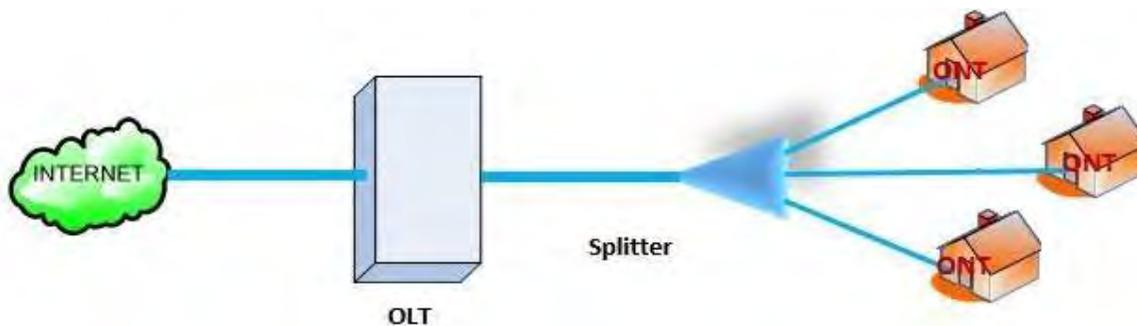
Sa capacité d'agrégation du trafic Ethernet  
La modularité des ports Uplink GbE et 10G

L'architecture de gestion centralisée prévue par le système de gestion de plateforme **GPON** **TELNET** basée sur une architecture partagée.

la technologie **FTTH PON** va « diviser » une fibre optique vers de multiples bras, **topologie en arbre**. Ce diviseur, appelé coupleur, est un élément passif. Il ne nécessite donc pas d'énergie pour fonctionner.

Il est essentiellement constitué :

- Actif : OLT et ONT (jusqu'à 64 ONT par port OLT)
- Passif : d'un réseau de distribution passif composé de fibre, de coupleurs, de boîtiers de raccordement et connecteurs



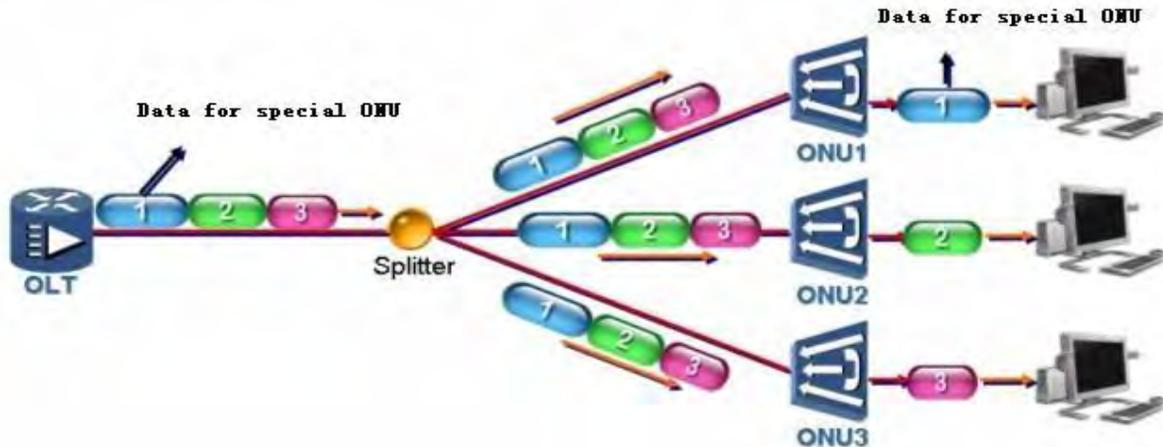
**FIGURE 19: COUPLEUR DANS L'ARCHITECTURE DU PON**

- Le coupleur, élément clé d'une architecture PON est un dispositif fibré reliant une ou plusieurs entrées à une ou plusieurs sorties. Il permet par exemple de mélanger deux signaux, de séparer un signal en deux ou bien faire les deux à la fois. La répartition de

la puissance entre les différentes sorties dépend en général de la longueur d'onde et de la polarisation du signal d'entrée.

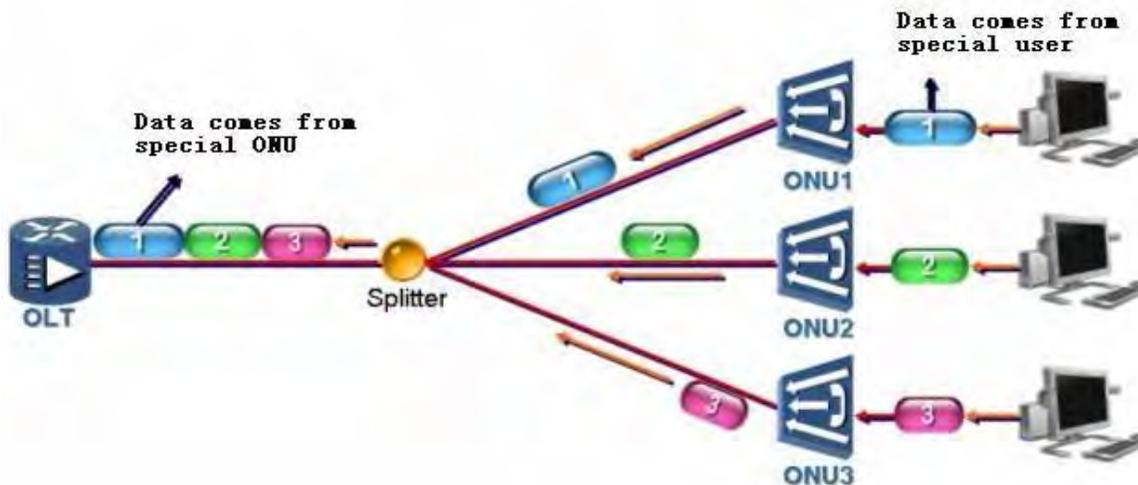
Pour séparer les signaux des utilisateurs, GPON adopte deux mécanismes:

- Dans le sens montant, un multiplexage temporel (TDMA-Time Division Multiple Access)



**FIGURE 20: MULTIPLEXAGE TEMPOREL**

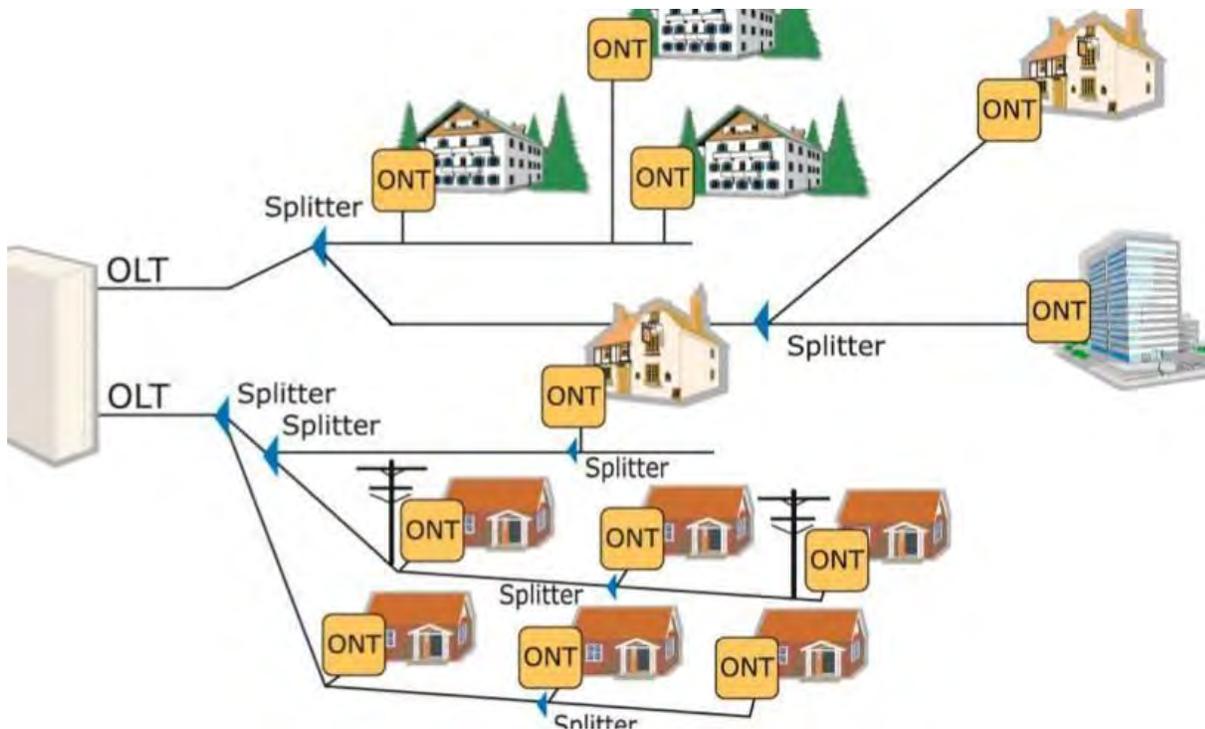
- Dans le sens descendant, la diffusion (broadcast)



**FIGURE 21 : DIFFUSION (BROADCAST)**

### III.1.2 GPON : Caractéristiques

- Le standard actuel le plus utilisé concernant les réseaux PON est le GPON (Gigabit Passive Optical Network);
- Technologie offrant des services convergents «triple play» avec des débits allant jusqu'à 2.5 Gbit/s par port OLT.
- Portée : 20 Km
- Support physique : fibre monomode
  - En sens montant à 1310nm
  - En sens descendant à 1490nm et 1550nm
- Protocole : GEM, TDM, Ethernet
- Taux de division : 64 (1 port OLT est connecté à 64 ONT)



**FIGURE 22: ARCHITECTURE OLT/ONT**

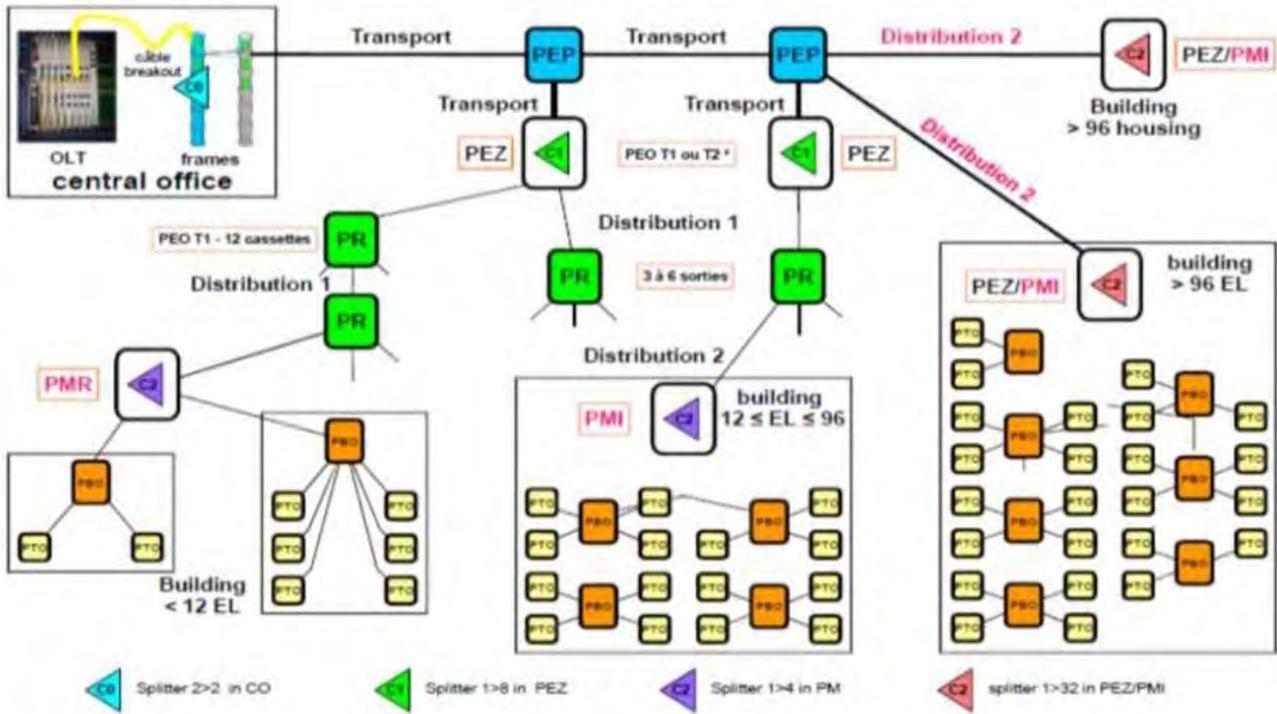


FIGURE 23: ARCHITECTURE GPON

### III.1.3 GPON: Architecture

#### III.1.3.1 Architecture PON

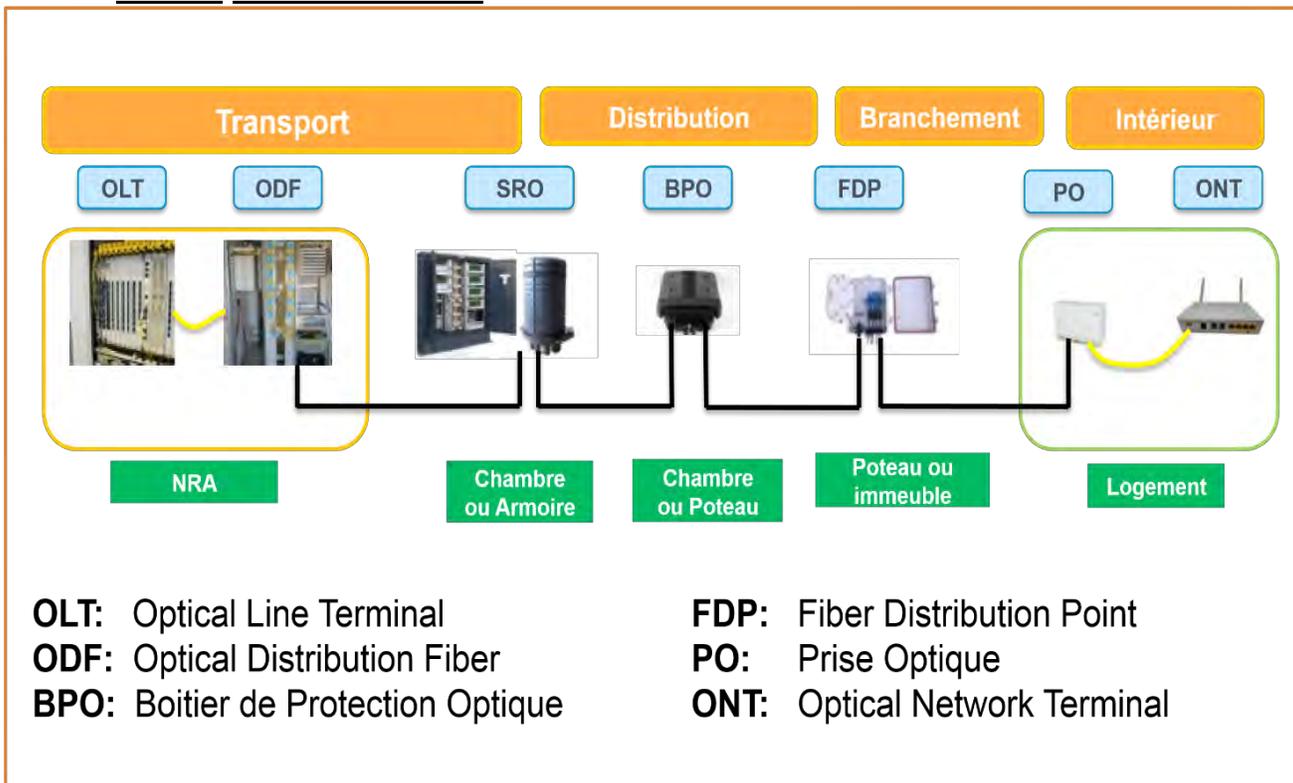
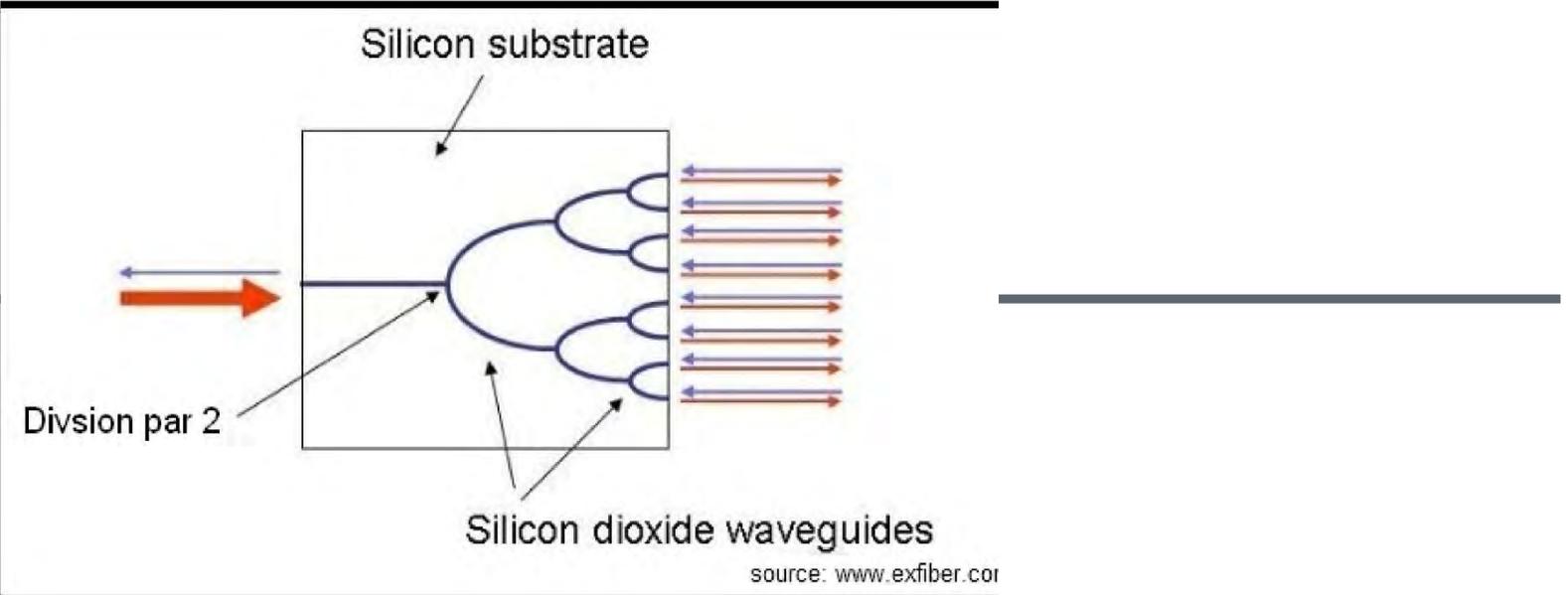


FIGURE 24: ARCHITECTURE PON

### III.1.3.2 Principe du coupleur optique



**FIGURE 25 : PRINCIPE DU COUPLEUR OPTIQUE**

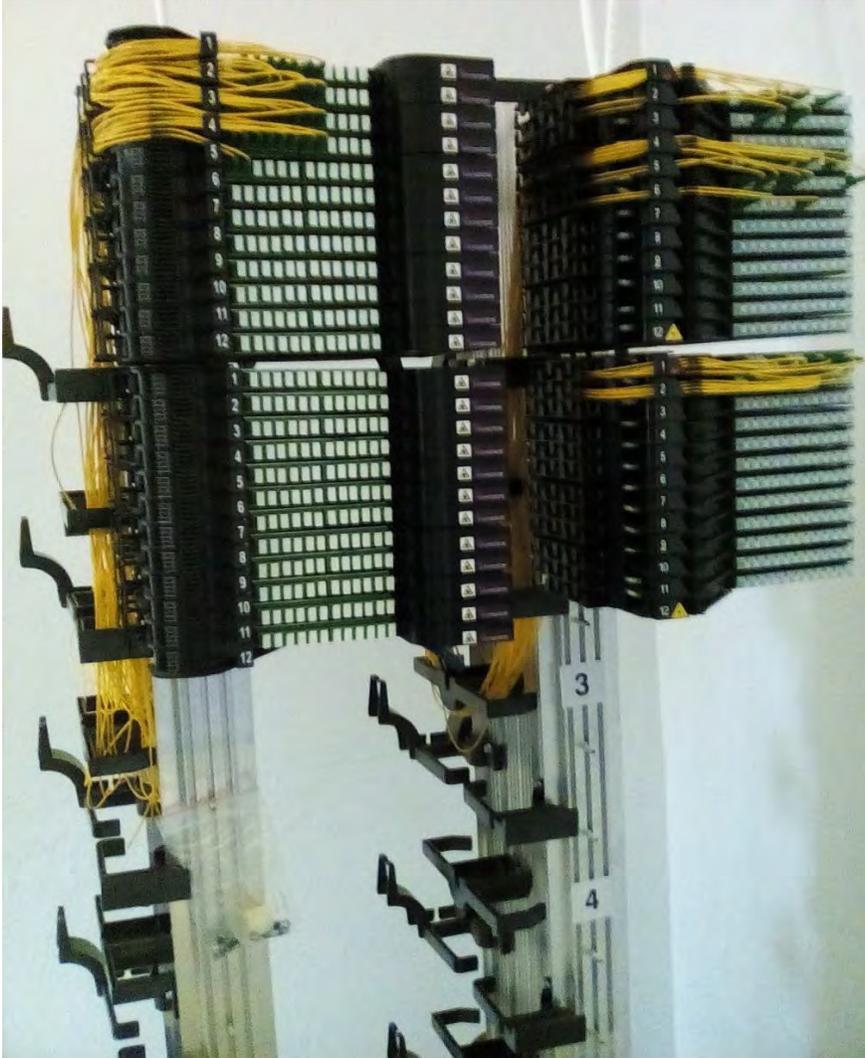
### III.3.5.3 Combinaisons possibles

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	
1:2	1:32		64 Abonnés
1:8	1:8		64 Abonnés
1:2	1:8	1:4	64 Abonnés
1:2	1:4	1:8	64 Abonnés
1:64			64 Abonnés
autres combinaisons possibles			64 Abonnés

## TABLEAU 1: COMBINAISONS POSSIBLES

### III.1.4 Les différents composants

#### • OLT (Optical Line Termination)



**FIGURE 26: OLT (OPTICAL LINE TERMINATION)**

#### • câble noir



**FIGURE 27: CABLE NOIR**

• Jarretière (Connectique SC)



**FIGURE 28 : JARRETIERE OPTIQUE**

- 
- 
- 
- PBO Façade/Poteau (installation extérieur)



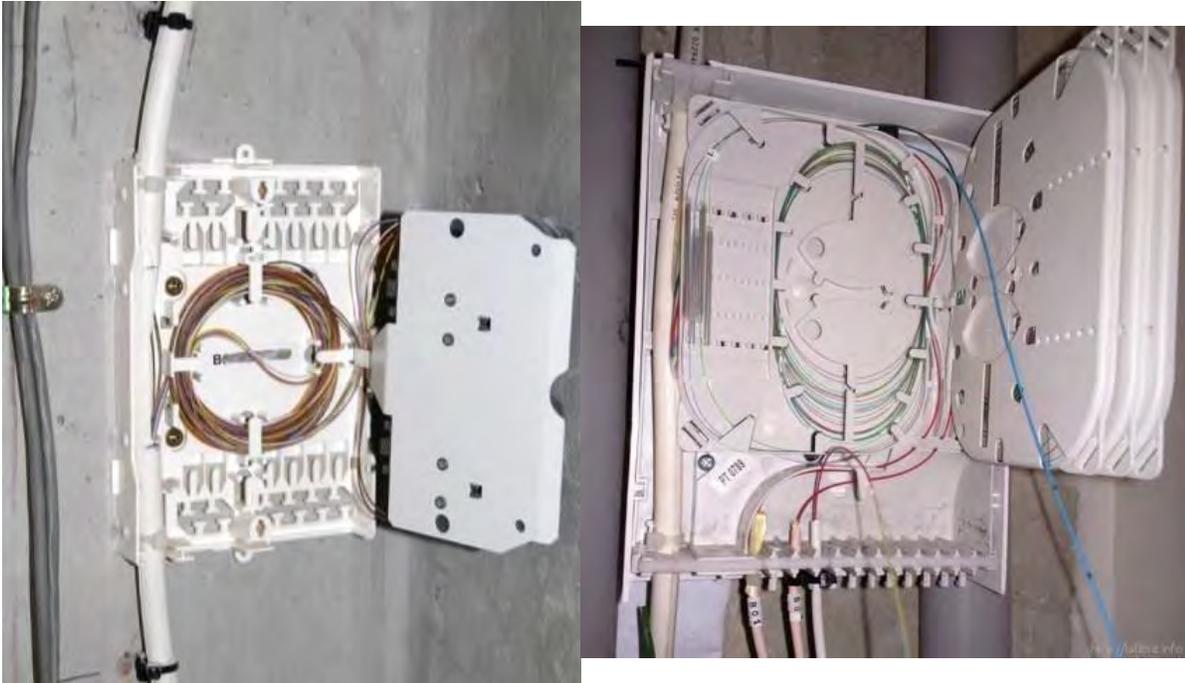
**FIGURE 29 : PBO (FAÇADE)**

- **BPI (Boitier Pied Immeuble)**



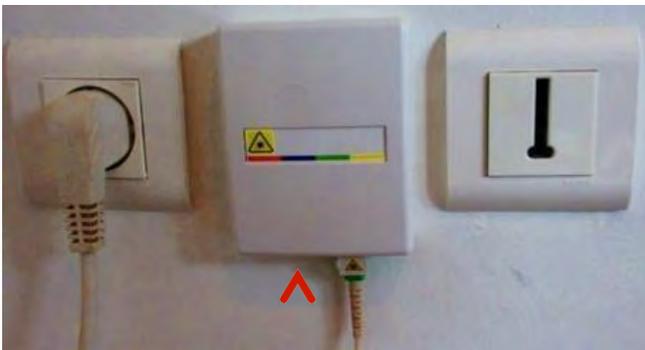
**FIGURE 30: BPI (BOITIER PIED IMMEUBLE)**

- PBO étage (Boitier de Protection Optique)



**FIGURE 31 : PBO ETAGE (SE TROUVE DANS LES IMMEUBLES AUX NIVEAUX IMPAIRS)**

- PTO (Prise terminale Optique)



Prise Terminale

Les prises terminales murales optiques assurent la dernière liaison entre l'abonné et l'arrivée de la fibre optique.

**FIGURE 32 : PTO (PRISE TERMINALE OPTIQUE)**

## **III.2 DIMENSIONNEMENT ET DESIGN : CAS DE LA PLAQUE H33 DE LA ZONE DE HLM GRAND MEDINE**

### **II.2.1 Introduction**

La technologie d'accès optique GPON (Gigabit Passive Optical Network) déployée aujourd'hui par la SONATEL sur le territoire sénégalais est basée sur une architecture où un OLT (central optique) permet d'offrir un accès fibre à 64 ONU (Modem optique chez le client).

L'architecture FTTH retenue par la SONATEL est une architecture point-à-multipoint de type GPON, permettant, grâce à des équipements passifs appelés coupleurs optiques, d'émettre ou de recevoir sur une même fibre optique des flux à destination ou en provenance de plusieurs équipements terminaux d'abonnés.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord faire une étude des spécifications techniques de la SONATEL pour le déploiement du FTTH ; ensuite nous ferons une étude de la zone et enfin nous finirons avec la conception du nouveau réseau que nous proposons.

### **II.2.2 Les spécifications techniques de la SONATEL**

Un cahier des clauses techniques générales et particulières a été élaboré par la SONATEL et donne des informations parmi lesquelles nous avons l'ingénierie de collecte, les règles de dimensionnement, etc.. Ce cahier définit les normes du réseau FTTH de la SONATEL.

#### **II.2.2.1 Ingénierie de collecte**

L'ingénierie de collecte donne la manière dont certains abonnés doivent être raccordés. La desserte des abonnés est définie en fonction du type de la maison caractérisée par : le nombre EQL (équivalent logement) et la gaine technique.

- L'équivalent logement donne le nombre d'abonnés potentiels abritant une maison.
- La gaine technique regroupe en un seul emplacement, à l'entrée du logement, tous les réseaux de puissance (distribution d'énergie électrique) et de communication (TV, satellite, domotique, téléphonie, informatique, internet, etc.).

Le tableau ci-dessous regroupe certaines règles.

**TABEAU 2: INGENIERIE DE COLLECTE**

Equivalent Logement (EQL)	Gain technique	Règles
< 12	Oui	PBOim + C2 déportés dans le BPEO de la chambre la plus proche + Riser entre PBOim et BPE
	Non	PBO façade avec C2 déportés dans BPEO la plus proche
>12 && <96	Oui	BPE + C2 dans BPI + PBOim avec Riser
	Non	PBO façade avec C2 déportés dans BPEO la plus proche
> 96	Oui	BPI + coupleur 1:32 + PBOim

En nous basant sur ces règles nous voyons que si dans un bâtiment nous avons moins de douze (12) EQL et qu'il y a une gaine technique, on y installera un PBO immeuble. Par contre s'il n'y a pas de gaine technique, les clients prendront leur fibre soit au niveau du PBO en façade de l'immeuble ou bien sur le poteau le plus proche ayant un PBO.

Si nous avons entre douze (12) et quatre-vingt-seize (96) EQL et qu'il y a une gaine technique, on installe un BPI au sous-sol ou au rez-de-chaussée avec des PBO étages à chaque étage impair. Cependant s'il n'y a pas de gaine technique on installe des PBO façades pour l'extension future du réseau.

Si nous avons plus de quatre-vingt-seize (96) EQL et donc forcément une gaine technique on y installe un BPI.

### **III.2.2.2 Règles de dimensionnement**

Les règles de dimensionnement donnent l'architecture choisie par la SONATEL pour le déploiement de son réseau FTTH en fonction de l'emplacement des coupleurs dans le réseau.

L'ingénierie à trois (3) niveaux de couplage a été adoptée suivant le cahier des clauses techniques élaboré par la SONATEL.

- Le premier niveau de couplage C0 (1 :2) est effectué au NRO.
- Le niveau 1 de couplage (C1) est situé dans la chambre faisant office de SRO. Les C1 ont une (1) entrée de fibre de transport et huit (8) sorties de fibre de la première (1<sup>ère</sup>) partie de distribution.
- Les coupleurs de niveau deux (C2) sont placés dans les chambres (au niveau des BPEO). Les C2 ont une (1) entrée de fibre, issue d'un C1, et quatre (4) sorties. Ces sorties

C2 sont la seconde (2<sup>nd</sup>) partie de distribution alimentant les PBO en fibre.

Nous allons ensuite présenter la zone d'étude HLM Grand Médine.

### **III.2.3 Présentation de la zone des HLM GRAND MEDINE**

La figure ci-dessus donne la représentation graphique de la zone d'étude sous Google EARTH. C'est un logiciel libre, propriété de Google, permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires.



**FIGURE 33: SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE SUR GOOGLE EARTH**

La zone d'étude est limitée par les Parcelles Assainies unité 19 à l'EST et au sud par l'unité

26. A l'ouest, nous avons Diamalaye 1 et tout à fait au nord, nous avons les Parcelles Assainies unité 15.

La zone d'étude est située dans la commune d'arrondissement des Parcelles Assainies, plus précisément dans le quartier de HLM Grand Médine. Sa superficie est de 1,2 km<sup>2</sup>.



**FIGURE 34: DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE**

Parmi les repères de cette zone, il y a Ndeffa Style Internationale, toutelabeach, le restaurant awara délices, le restaurant chez pepe, la pharmacie Rahman, le restaurant Petit Fadiouth, l'école primaire de HML Grand Médine, le Dakarois, l'hôtel la villa Ocean, l'école Chez Mame Ndack Sy, etc.

### III.2.4 Conception

Avant la conception d'un réseau, sa planification est chose importante. C'est pourquoi nous allons d'abord faire le dimensionnement du réseau d'une part et d'autre part, nous ferons la conception de l'architecture du réseau proposé.

#### III.2.4.1 Dimensionnement

Le réseau d'accès FTTH (NRO-PBO) est constitué de quatre sous réseaux :

- Le réseau de branchement (PBO-PTO)
- Le réseau de distribution (SRO-PBO)
- Le réseau de transport (NRO-SRO)
- Le réseau de collecte (NRO-POP ou NRO-NRO)



**FIGURE 35: REPRESENTATION DE L'ARCHITECTURE FTTH**

Le réseau de collecte représente le backbone du réseau de l'opérateur communément appelé <<Cœur>> de réseau. Il permet l'interconnexion des différents sites (centrales) de l'opérateur. Il ne fera pas partie de notre étude.

Pour le dimensionnement du réseau, le logiciel Google EARTH a été utilisé. Le dimensionnement se fera dans le sens montant du réseau, c'est-à-dire en partant des équivalents logements (abonnés) vers le sous répartiteur optique.

### **III.2.4.1.1 Le réseau de branchement**

Il constitue la partie terminale du réseau reliant les PBO jusqu'aux abonnés, Point de Terminaison Optique (PTO), situés dans les locaux (logements, entreprises, sites publics). Une première étape qui est le pointage a permis de déterminer et de localiser les équivalents logements. Ensuite vient l'étape qui consiste à faire le zonage afin de positionner les PBO.

#### **III.2.4.1.1.1 Le Pointage**

Cette étape est primordiale dans le processus de planification du réseau d'accès THD à base de fibres optiques. Elle consiste à identifier sur un fond de plan le nombre « d'équivalents logement

» Dans chaque immeuble et à en déduire le potentiel de clients PON pour chaque adresse. Cela permet de définir les besoins de la zone à desservir et d'identifier les contraintes pour la mise en œuvre du projet de desserte en FTTH.



**FIGURE 36: MODELISATION DU POINTAGE DES HABITATIONS**

Le pointage des habitations de cette zone a consisté à déterminer, le type et le

nombre d'équivalents logements. Cette étape permet de déduire le nombre de clients à raccorder.

Après pointage, les résultats obtenus sont les suivants :

**TABLEAU 3: RESULTAT DU POINTAGE DES HABITATIONS**

Zone	Nombre d'équivalent logement
HLM Grand Médine	98

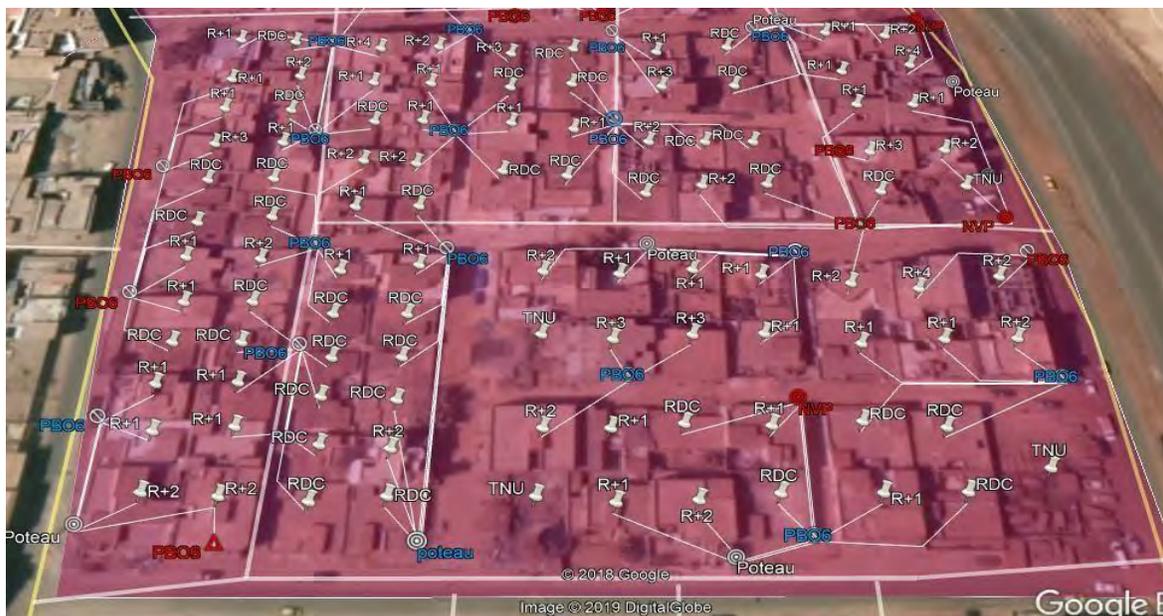
Le nombre d'équivalents logements (898) a été obtenu en faisant la somme des équivalents logements de chaque maison. Un logement, de type résidentiel ou professionnel, a un (1) seul équivalent logement (EQL). Pour une habitation de type collectif, le nombre d'équivalents logements est obtenu approximativement suivant le nombre de niveaux, le nombre d'appartements par niveau, le nombre de sonneries à la porte d'entrée et le nombre de compteurs électriques.

#### **III.4.2.1.1.2 Le Zonage**

Avec une fibre optique dédiée à chaque équivalent logement, le nombre de prises à raccorder est de huit cent quatre-vingt-dix-huit (898) au total. Dans cette étape, les règles suivantes sont prises en compte :

- ✓ Dans chaque PBO6, une fibre est réservée pour des besoins de maintenance.
- ✓ Les logements sont regroupés suivant leur proximité l'un à l'autre pour être raccordés sur un PBO6.
- ✓ Un ratio de 0.5 est appliqué, c'est-à-dire que chaque PBO6 (5 fibre utilisable) raccorde 10 abonnés.

Ce concept de ratio a été appliqué par la SONATEL pour optimiser le financement sachant que 100% des abonnés ne vont pas en prendre. Seul les cinq (5) premiers abonnés ayant demandés la connexion par fibre optique seront raccordés par fibres. Pour les cinq (5) autres, une extension du réseau se fera à condition que tous les cinq restants veuillent la connexion



**FIGURE 37: MODELISATION DU ZONAGE DES PBO**

Etant donné que nous avons déjà représenté les zones d’influences (avec des traits blancs) de chaque PBO6, lors du déploiement, il sera donc facile de savoir sur quel PBO chaque abonné prendra sa source. Après zonage, les résultats obtenus sont les suivants.

**TABLEAU 4: RESULTATS DU ZONAGE DES PBO**

Zone	Nombre de prises	PBO6
HLM Grand Médine	898	102

Le raccordement des huit cent quatre-vingt-dix-huit (898) prises (PTO) nécessite cent deux (102) PBO6. Ce nombre a été obtenu en faisant un compte des PBO présents après zonage.

### III.4.2.1.2 Le réseau de distribution



Le réseau de desserte (distribution) est le réseau capillaire qui dessert, depuis les sous répartiteurs optiques, les points de branchement optiques, positionnés au plus proche des habitations et à partir desquels sont réalisés les raccordements d’abonnés. Il est constitué de deux

(2) sous parties :

- Le réseau de distribution 1 (niveau SRO-BPEO)

- Le réseau de distribution 2 (niveau BPEO-PBO)

Les câbles de distribution alimentant les PBO sont généralement des câbles de capacité 12,24, 36, 48, 72 Fo. Cependant ils présentent des modularités différentes dans les tubes.

- Pour un câble de 12, la modularité est de 6. Il est plus utilisé dans le réseau de distribution 2. Si la capacité nécessaire n'est pas assurée par un seul câble, rien n'interdit de tirer plusieurs câbles en parallèle.
- Pour les autres câbles (24,36, 48 et 72 Fo), la modularité de 12. Ils sont utilisés dans le réseau de distribution 1 niveau.

Nous rappelons que la modularité représente le nombre de fibre optique un tube de câble optique.

#### **III.4.2.1.2.1 Raccordement des PBO**

Après avoir fait le zonage, le raccordement des PBO6 se fait suivant la proximité ou non de la boîte de protection d'épissure optique (BPEO). Le PBO6 se trouvant près d'un BPEO est alimenté en sous-terrain grâce aux sorties d'antenne. Cependant, le raccordement des PBO qui éloignés se fera en aérien en piquant sur un PBO6, le plus proche, alimenté en sous-terrain. Le piquage peut concerner au minimum un (1) PBO et au maximum deux (2).

Prenons par exemple le raccordement des adductions de la chambre L2T/E13. On y raccorde quatre (4) PBOs sur poteau d'un câble de capacité 12Fo et comme ce sont des PBO6, ça sera des câbles de capacité douze bon pour six (12(6)) à l'exception de là où nous avons fait un piquage. On part d'un câble de 12(12), on laisse 6Fo pour le premier PBO6 et ensuite on va vers le dernier PBO6 en aérien avec le même câble avec les 6Fo restantes. Le câble qui continue sera de capacité 12(6) comme le montre la capture ci-dessous.



**FIGURE 38: MODELISATION DU RACCORDEMENT DE LA CHAMBRE L27/E1**

Pour les cascades ou piquages de fibre, on ne peut le faire qu'en quittant un poteau vers un autre poteau ou bien un poteau vers une façade. Mais on ne peut pas quitter une façade pour repartir sur un poteau car les façades sont des PBO dédiés à un local.

Rappelons que sur Google EARTH lorsque la fibre passe en souterrain elle est représentée en vert et lorsqu'elle est raccordée en aérien on la représente en jaune. Les poteaux ayant des PBOs sont représentés en petit rond et les façades en triangle.

#### **III.4.2.1.2.2. Dimensionnement des nœuds**

Après raccordement des PBO dans les chambres, il faut calculer le nombre de C2 qui est utilisé et placé au niveau des BPEO. La formule générale est la suivante :

$$\text{Nombre de C2} = \frac{\text{Nombre de PBO6 rattaché à la chambre} \times 6}{4} \quad (\text{Eq3.})$$

Le type de BPEO est obtenu grâce au nombre de C2 à abriter dans la chambre. Ainsi, un T1 (BPEO de taille 1) peut contenir jusqu'à onze (11) C2 ; un T2 (BPEO de taille 2) jusqu'à vingt-trois (23) C2 et un T3 (BPEO de taille 3) jusqu'à quarante-sept (47) C1.

1) peut contenir jusqu'à onze (11) C2 ; un T2 (BPEO de taille 2) jusqu'à vingt-trois (23) C2 et un T3 (BPEO de taille 3) jusqu'à quarante-sept (47) C1.

Prenons l'exemple du raccordement des adductions de la chambre L2T/E12 et du BPE- POT qui lui est raccordé.



**FIGURE 39: MODELISATION DE LA CHAMBRE L2T/E12 ET DU BPEO-POT**

Le nombre de PBO6 raccordé au BPEO-POT (symbole en violet sur la figure) est de 4.

Alors si on applique la formule générale, le nombre de C2 sur ce BPE-POT est de :

$$\text{Nombre de C2} = \frac{4 \times 6}{4} = 6 \text{ C2}$$

Le nombre de C2 dans ce BPEO-POT est alors de 6 et donc on aura besoin d'une boîte de type T1 sur ce poteau.

De même, le nombre de PBO6 dans la chambre L2T/E12 est de 7 ; donc on aura 11C2 dans cette chambre, d'où une boîte de type T2 qui sera utilisée dans cette chambre. A partir de ces exemples, nous présentons le tableau ci-dessous qui donne le nombre de PBO6 raccordé à chaque chambre, le nombre de C2 ou C1 utilisés dans le BPEO de cette chambre et le type de boîte utilisé.

**TABLEAU 5: DIMENSIONNEMENTS DES NŒUDS**

		Dimensionnement des nœuds					
Type de nœud	Désignation	PBO6	C2	C1	T1	T2	T3
L E S C H A M B R E S (BPEO)	BPEO-POT 1	4	6	-	1	-	-
	H33 L2T E12	7	11	-	-	1	-
	H33 L3T E11	6	9	-	1	-	-
	BPEO-POT 2	4	6	-	1	-	-
	H33 L3T E10	7	11	-	-	1	-
	H33 L4T E7	9	15	-	-	1	-
	H33 L3T E5	4	6	-	1	-	-
	H33 L2T E13	4	6	-	1	-	-
	H33 L4T E3	4	6	-	1	-	-
	H33 L3T E2	3	5	-	1	-	-
	H33 L2T E21	6	9	-	1	-	-
	H33 L2T E22	5	8	-	1	-	-
	BPEO-POT 3	5	8	-	1	-	-
	H33 L3T E15	4	6	-	1	-	-
	H33 L3T E16	5	9	-	1	-	-

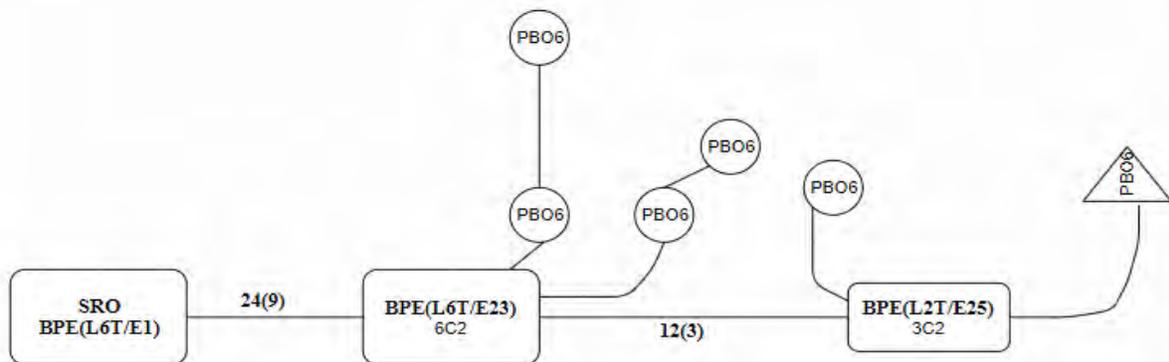
	H33 L2T E17	4	6	-	1	-	-
--	-------------	---	---	---	---	---	---

	H33 L2T E18	6	9	-	1	-	-
	H33 L2T E25	2	3	-	1	-	-
	H33 L5T E19	7	11	-	-	1	-
	H33 L6T E23	4	6	-	1	-	-
SRO	H33 L6T E1	2	3	20	1	-	1
Tota l		102	158	20	17	4	1

Après dimensionnement, le réseau de distribution a besoin de cent deux (102) PBO de six (6) sorties, Cent cinquante-huit (158) coupleurs C2, vingt (20) coupleurs C1, dix-sept (17) BPEO de taille T1, quatre (4) BPEO de taille T2 et un (1) BPEO de taille T3.

### III.4.2.1.2.3 Dimensionnement des câbles de distribution

Le dimensionnement des câbles se fait en remontant la hiérarchie des autres chambres jusqu'à la chambre du SRO. Comme exemple, nous ferons le dimensionnement du câble de distribution entre la chambre du SRO (L6T/E1) et la chambre (L2T/E25).



**FIGURE 40: MODELISATION DE LA CHAMBRE L2T/E25**

Comme la montre la figure ci-dessus, deux (2) PBO6 sont rattachés à la chambre L2T/E25 ;

donc 3C2 seront utilisés dans cette chambre. Alors nous utiliserons un câble de capacité

deux fois supérieure au moins aux C2 pour venir dans cette chambre. Nous allons prendre un câble de 12Fo et comme il sera pour les 3C2 de la chambre, on le notera 12(3).

Cela se fait au fur et à mesure et lorsqu'on passe de chambre à chambre, on ajoute les C2 de la chambre précédente ; ce qui changera évidemment la capacité du câble arrivant aux

différentes chambres. On fera ce processus pour toute la plaque H33 en remontant vers la chambre du SRO. La longueur des câbles est obtenue par mesure sur Google EARTH.

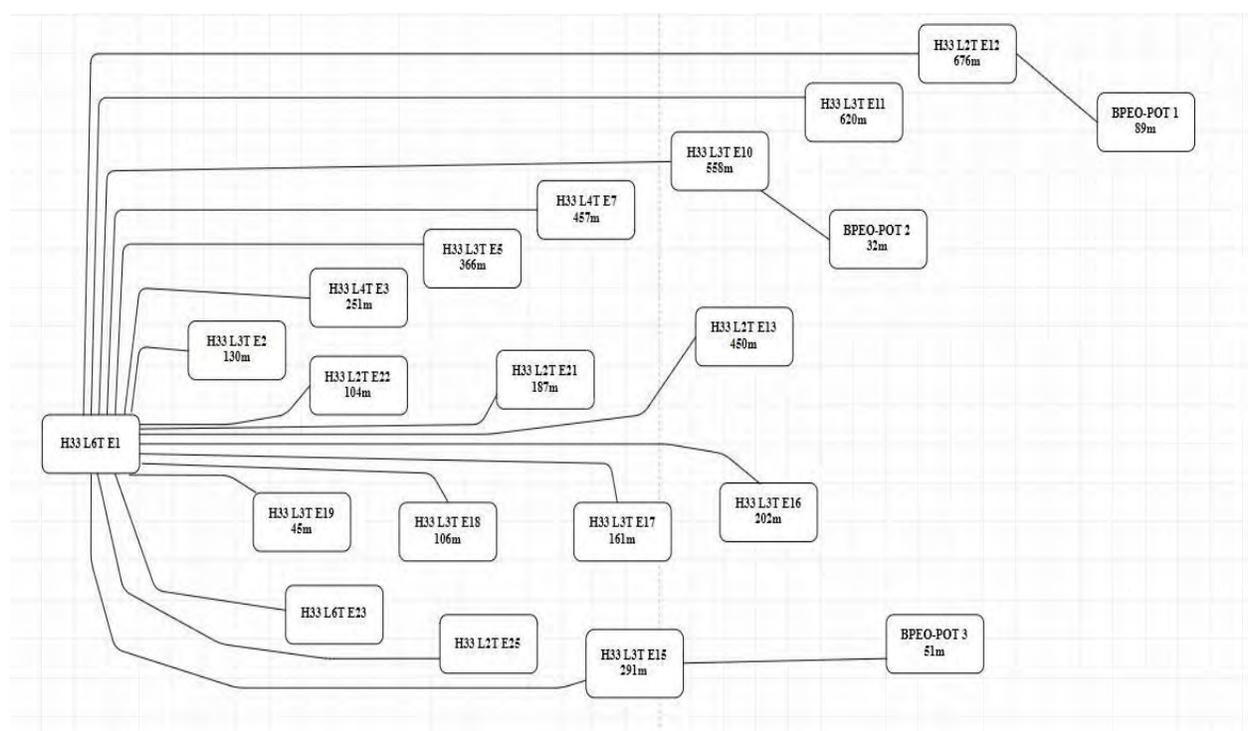
**TABLEAU 6: DIMENSIONNEMENT DES CABLES DE DISTRIBUTION**

Dimensionnement des câbles de distribution				
Origine	Destination	Longueur des câbles (m)	Nombre de C2 à la destination	Câbles tirés
H33 L2T E23	H33 L2T E25	108	3	12(3)
H33 L6T E1	H33 L6T E23	140	6	24(9)
H33 L2T E22	H33 L2T E21	82,8	9	12(9)
H33 L6T E1	H33 L2T E22	103	8	36(17)
H33 L3T E15	BPE-POT	50,4	8	12(8)
H33 L3T E16	H33 L3T E15	89,3	6	24(14)
H33 L3T E17	H33 L3T E16	41,4	9	36(22)
H33 L3T E18	H33 L3T E17	55,7	6	36(28)
H33 L3T E19	H33 L3T E18	61,1	9	72(37)
H33 L6T E1	H33 L5T E19	44,4	11	72(48)
H33 L2T E12	BPE-POT	86,6	6	12(6)
H33 L3T E11	H33 L2T E12	55,8	9	36(17)
H33 L3T E10	BPE-POT	31,2	6	12(6)
H33 L3T E10	H33 L3T E11	61,6	9	36(26)
H33 L4T E7	H33 L3T E10	101	11	72(43)
H33 L3T E5	H33 L4T E7	90,5	15	144(58)
H33 L3T E5	H33 L2T E13	85,4	6	12(6)
H33 L4T E3	H33 L3T E5	121	6	144(70)

H33 L3T E2	H33 L4T E3	120	6	144(76)
H33 L6T E1	H33 L3T E2	130	5	144(81)

Après dimensionnement des câbles de distribution, on remarque que quatre (4) câbles de capacités 24, 36, 72 et 144 seront tirés à partir du SRO pour desservir les autres chambres. La fibre optique sous la norme G657A2 est utilisée dans la partie transport et distribution en raison de sa robustesse face à la coupure et de sa faible atténuation.

Quand la distance entre la chambre et l'abonné est très importante (>150m), des BPEO- POT sont utilisés. Ce sont des BPEO de type T1 placés sur des poteaux.



**FIGURE 41: SCHEMA DES CABLES DE DISTRIBUTION**

Ce schéma des câbles de distribution apporte plus de compréhension sur les liaisons entre la chambre principale E1 et les autres chambres. Les câbles de distribution quittent la chambre E01 pour rejoindre les autres chambres. Cependant du point de vue physique, toutes les chambres ne sont pas directement liées à la chambre principale.

Si on prend l'exemple de la chambre H33 L2T E21, elle est liée au SRO (H33 L6T E1) en passant par une chambre intermédiaire H33 L2T E22. Un câble de trente-six bons pour dix-sept (36 (17)) a été tiré à partir du SRO pour raccorder les deux (2) chambres.

### **III.4.2.1.3 Le réseau de transport**

Il permet de desservir les sous répartiteurs optiques (SRO) à partir des nœuds de raccordement du réseau (NRO). La capacité des câbles est le plus souvent de 144, 288, 432 voire 576 ou 720Fo. Ces câbles pourront être divisés sur leur parcours en câbles de capacités inférieures, dans des BPEO judicieusement positionnés sur le réseau (SRO) de l'opérateur et de dimension adéquat de manière à alimenter au mieux les SRO situés en aval.

#### **III.4.2.1.3.1 Local technique du NRO**

La zone d'étude est la plaque H33, rattaché au nœud de raccordement d'abonné (NRA) de Cambérène. Une infrastructure, liant la zone étudiée et le NRO de Cambérène, existe déjà dans le réseau cuivre. Pour implémenter les NRO, SONATEL utilise les Nœuds de Raccordement d'Abonné (NRA) ou centrales téléphoniques historiques.



**FIGURE 42:** *Liaison NRO et SRO*

#### **III.4.2.1.3.2 Dimensionnement des câbles de transport**

Après design du réseau, il faudra calculer le nombre de coupleurs C1 qui seront au niveau de la chambre du SRO. Pour cela, on prend le nombre total de C2 que l'on divise par huit (8) sachant que les C1 sont des coupleurs 1 :8.



Nombre de prises à raccorder	Nombre de ports nécessaires
898	29

Le Design étant fini sur Google EARTH, il faudra dans la suite entrer dans les détails de ce design en faisant la conception du réseau.

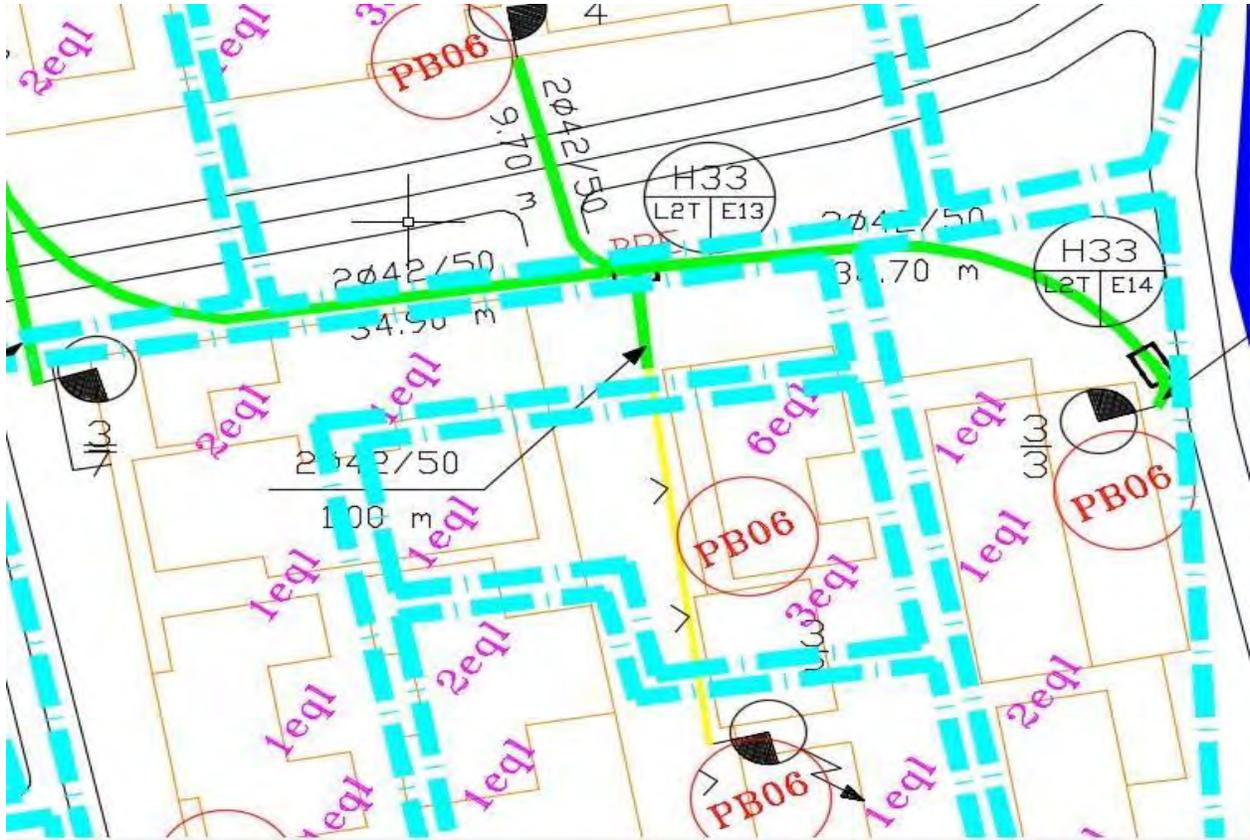
### **III.2.4.2 Conception du réseau FTTH**

Après le design, vient ensuite la phase d'intégration qui est assez importante car elle donne les plans de recollement (le plan d'itinéraire, le schéma des câbles et la synoptique des câbles). Ces plans sont réalisés à partir du logiciel AutoCAD avec une échelle de 1/1.

#### **III.2.4.2.1 Plan d'itinéraire**

Le plan d'itinéraire est la représentation graphique du parcours de la fibre optique du sous-répartiteur optique (SRO) à la boîte de protection d'épissure optique (BPEO), localisée au niveau des chambres. Il est le chemin à suivre ou suivi pour aller d'une chambre à une autre (étant donné que sur Google EARTH on ne représente que les chambres où il y aura les BPEO et en plus avec l'itinéraire on représente toutes les chambres même si elles sont intermédiaires) ou d'une chambre à un poteau.

Nous allons nous baser sur l'itinéraire existant cuivre de la SONATEL pour le modifier et l'adapter à celui de la fibre optique. Seule la position des chambres et le chemin d'interconnexion des chambres sont gardés dans l'architecture cuivre.



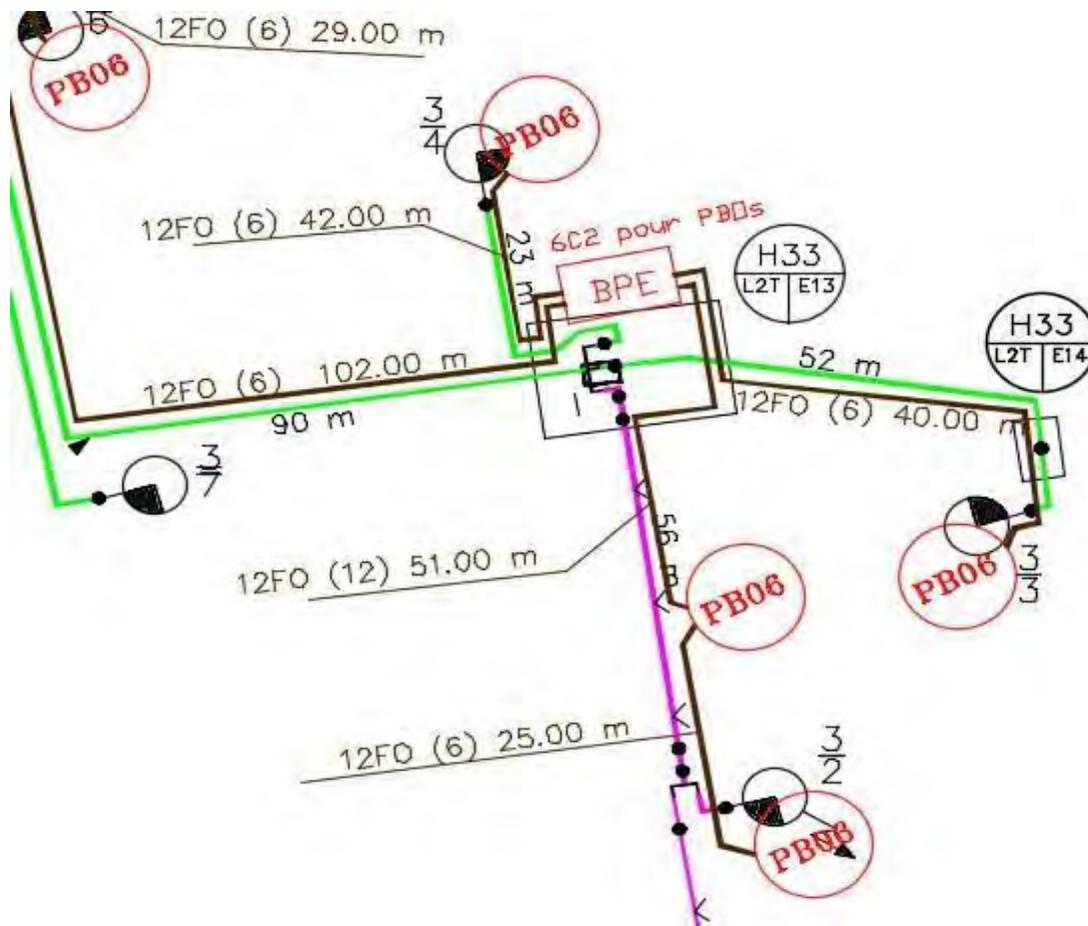
**FIGURE 44: CAPTURE D'UNE PARTIE DE L'ITINERAIRE**

Cette procédure se fait ainsi de suite jusqu'à avoir un itinéraire complet. Après la réalisation de l'itinéraire il faut ensuite réaliser le schéma des câbles.

### **III.2.4.2.2 Schéma des câbles**

Le plan des câbles est plus spécifique que le plan d'itinéraire. En plus du parcours, ce plan donne les informations sur la capacité et la longueur de chaque tronçon de fibre, le nombre de fibres utilisé pour alimenter les coupleurs, etc.

Prenons l'exemple au niveau de la chambre L2T/E13 que nous avons précédemment pris sur Google EATH.



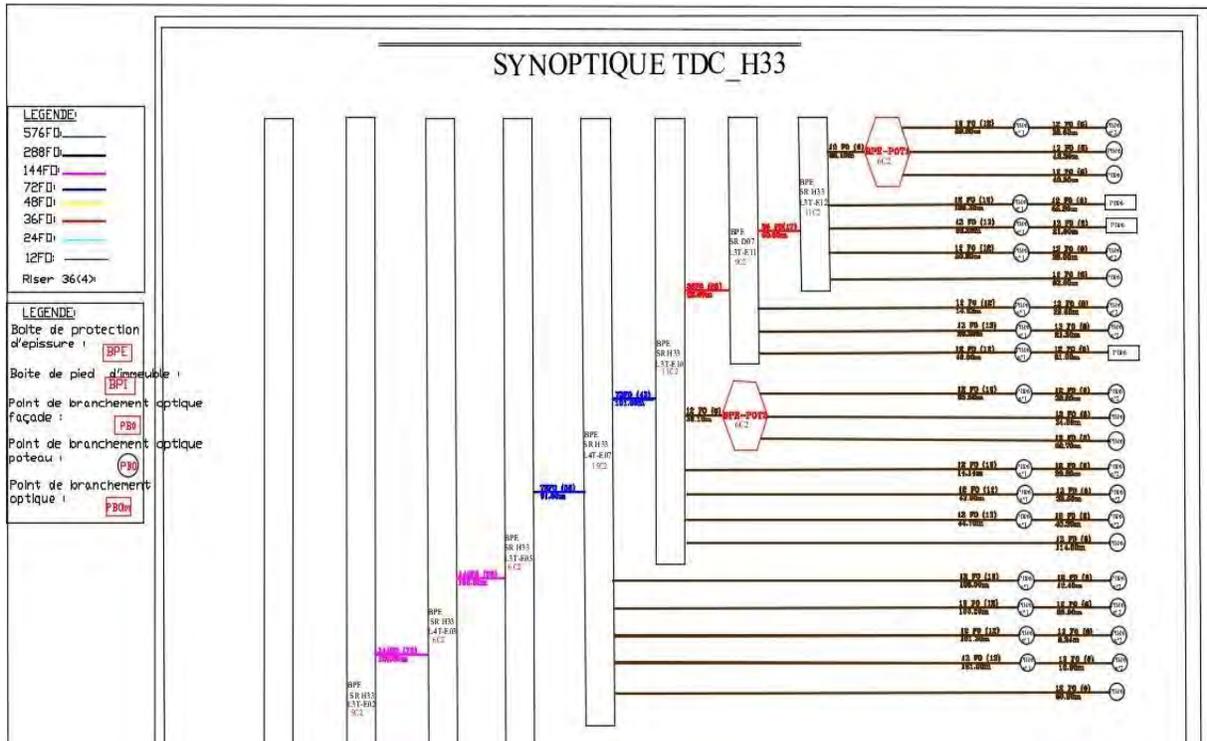
**FIGURE 45: CAPTURE D'UNE PARTIE DU SCHEMA DES CABLES**

Ce qu'il faudrait ajouter sur la capture ci-dessus, c'est que tous les câbles de 12Fo sont de couleur marron. Par ailleurs, tout ce qui est en rouge montre la nouveauté d'un élément Télécom dans le réseau. La dernière étape sur AutoCAD consiste à créer la synoptique du réseau.

### **III.2.4.2.3 Plan synoptique**

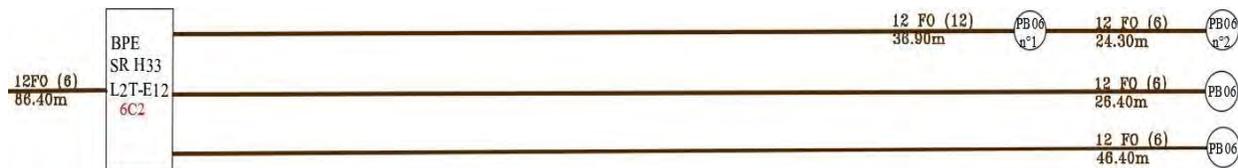
Le plan synoptique offre une vue détaillée de chaque tronçon de fibre. Il donne le type de composant, la longueur et la capacité des tronçons de fibre, le numéro de coupleur C2 et C1 de chaque PBO, le numéro du BPEO et sa taille.

Voilà à quoi ressemble un plan synoptique.



**FIGURE 46: CAPTURE D'UNE PARTIE DU SYNOPTIQUE DE H33**

Si nous faisons un zoom au niveau de la chambre L2T/E13, nous y trouverons quatre (4) PBO6 rattachés à cette chambre, le type de câble et aussi la longueur de câble.



**FIGURE 47: EXEMPLE DE LA CHAMBRE L2T/E13**

En ayant le synoptique complet, on fait la somme des longueurs de fibres optiques pour avoir le total de fibres optiques utilisés. Après calcul on a un total prévisionnel de 10475.21m.

### III.2.4.2.4 Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter les règles d'ingénierie et de dimensionnement pour le déploiement du réseau FTTH de la SONATEL ainsi que la zone d'étude. Ensuite nous avons proposé une planification du nouveau réseau et sa conception.

Ainsi dans le chapitre suivant, nous allons essayer de faire le bilan des équipements choisi avant de terminer par l'évaluation financière.

### **III.3 Choix des équipements et évaluation financière**

#### **III.3.1 Introduction**

Un système de transmission par fibre optique FTTH implique la présence de bout en bout d'équipements spécialisés, à savoir au minimum un émetteur (OLT) et un récepteur (ONT) et selon la distance à couvrir, des coupleurs optiques.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord faire le choix des composants à utiliser. Ensuite, nous ferons le bilan de puissance de la liaison en fonction des composants choisis ainsi qu'une simulation de la liaison optique avant de finir par l'évaluation financière de la liaison retenue en fonction du bilan de puissance.

#### **III.3.2 Choix des Composants**

Le réseau optique passif Gigabit (GPON) est un mécanisme d'accès point-à-multipoint offrant aux utilisateurs finaux la possibilité de consolider plusieurs services sur un seul réseau de transport à fibres optiques. Pour réaliser cette technologie, de nombreux périphériques sont utilisés pour prendre en charge le réseau. Parmi ceux-ci, nous pouvons citer les séparateurs optiques, l'ONT, l'OLT, etc.

##### **III.3.2.1 Choix de l'OLT**

Le terminal de ligne optique (OLT) est l'élément principal du réseau et il est généralement placé dans le bureau central du réseau de l'opérateur. C'est l'interface entre le réseau passif et les équipements actifs de l'opérateur. La planification du trafic, le contrôle de la mémoire tampon et l'allocation de la bande passante sont les fonctions les plus importantes du terminal de ligne optique. Typiquement, l'OLT utilise une alimentation DC redondante et comporte au moins une Carte de Ligne pour l'entrée sur l'internet, une Carte de Système pour la configuration intégrée et une à plusieurs cartes GPON. Chaque carte GPON comprend un certain nombre de ports GPON.



**FIGURE 48: OLT MA5800-X17/HUAWEI**

La tête équipement la plus utilisée aujourd'hui par les FAI est le SmartAX MA5800-x17. En plus de présenter les mêmes avantages que l'Alcatel-Lucent Nokia 736 ISAM FX : livraison de tous les services, y compris la voix, les données, la vidéo, la liaison Wi-Fi, la

sécurité, etc. Elle offre les avantages suivants :

- Chaque créneau de service offre une capacité de débit de 200 Gbit/s, garantissant un accès non bloquant pour les technologies PON de nouvelles générations (XG-PON, 40G- PON).
- Chaque sous-rack (carte) prend en charge jusqu'à 32000 utilisateurs avec une passante non bloquante de 100Mbit/s, permettant une visualisation vidéo.
- Un accès PON/P2P à service complet pour le backhaul domestique, d'entreprise et mobile crée un réseau optique unique avec les services FMC.

Le SmartAX MA5800-x17 est la tête équipement utilisée par la SONATEL au niveau du central de cambérène pour raccorder la plaque H33.

### **III.3.2.2 Choix de la Fibre**

La fibre la plus couramment employée dans le domaine des télécommunications demeure la fibre monomode G652D (standard UIT-T repris par la CEI 60793). Cependant pour rapprocher la fibre au plus près de l'utilisateur, de nouvelles fibres moins sensibles aux contraintes de courbures ont vu le jour ; leurs caractéristiques sont conformes à la recommandation G657 de l'UIT-T et répondent aux standards IEC 60793-2-50 [17].

Le tableau 4.1 fait une comparaison entre les normes G.657A2 et G.652D de la fibre optique monomode.

**TABLEAU 9: COMPARAISON ENTRE LES FIBRES G657A2 ET G652D**

	G652D	G657A2
Longueur d'onde de coupure	1310	1260-1625
Affaiblissement à 1310 nm	< 0.4	< 0.35
Affaiblissement à 1550 nm	< 0.25	< 0.21
Dispersion chromatique 1285-1330 en ps/nm.km	< 3.5	< 3.5
Dispersion chromatique 1550 en ps/nm.km	< 19	< 18

Pour rappelle le FTTH de la SONATEL utilise une seule fibre pour faire passer le flux montant, le flux descendant et le service vidéo en utilisant trois longueurs d'onde différents(1310 nm, 1490 nm et 1550 nm respectivement). En plus de présenter des spécifications d'atténuations très faibles par rapport aux fibres G652D, la fibre G657A2 présente une meilleure aptitude de courbure, une compatibilité de soudure avec le

G652D, etc. Les valeurs réelles sont aussi très inférieures aux valeurs spécifiées. Cela justifie le choix de la fibre G657A2 par les opérateurs.

### **III.3.2.3 Choix des séparateurs optiques**

Ils peuvent être implantés au niveau du Nœud de Raccordement Optique (NRO) et au niveau des Sous Répartiteur Optique / Boite de protection d'épissure (SRO/BPE). Le choix et la qualité du coupleur sont essentiels car leur fiabilité à long terme et les pertes d'insertion engendrées ont des répercussions importantes sur le réseau. C'est un élément passif qui permet de répartir la lumière transmise par une ou deux fibres (1xN ou 2xN) vers 2 à 64 fibres.

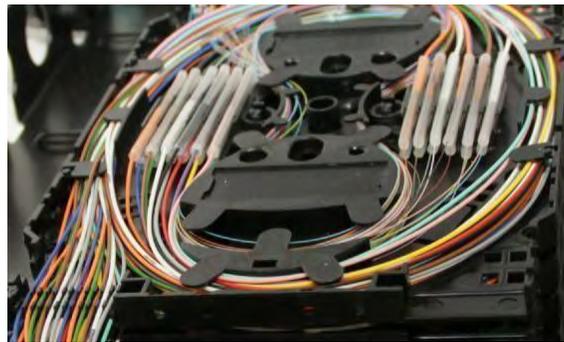
**TABLEAU 10: CARACTERISTIQUES DES PLC COUPLEURS 1XN SANS CONNECTEURS**

Type	1Xn					
	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Longueur d'onde	1310 ( $\pm 50$ ) nm			1550 ( $\pm 10$ ) nm		
Perte d'insertion (Min / Max) (dB)	$\geq 3$ $\leq 3.5$	$\geq 5.4$ $\leq 7.6$	$\geq 8.1$ $\leq 10.9$	$\geq 10.8$ $\leq 14.5$	$\geq 13.1$ $\leq 18.1$	$\leq 20.4$

Uniformité Max (dB)	$\leq 0.6$	$\leq 0.6$	$\leq 0.8$	$\leq 1.2$	$\leq 1.7$	$\leq 2.5$
Réflectance Min (dB)	- 55					
Directivité Min (dB)	- 55					
Dimensions (L x W x H) (mm)	4x4x38	5x4x40	7x4x60		12x4x58	

Il existe différentes technologies de coupleurs optiques sur le marché, mais c'est le type « Planaire

» (PLC) qui est la plus adaptée aux réseaux PON. Elles constituent une solution peu coûteuse pour la distribution du signal optique, avec un facteur de forme réduit et une fiabilité. Ces coupleurs offrent des performances de haute qualité, telles que faible perte d'insertion, une forte perte de retour et une excellente uniformité sur une large plage de longueurs d'onde de 1280 nm à 1650 nm.



**FIGURE 49: COUPLEURS OPTIQUES SANS CONNECTEURS**

Même si la maintenance du réseau est plus facile avec les coupleurs avec connecteurs. Elles présentent des pertes plus grandes que les coupleurs sans connecteurs. C'est pourquoi les coupleurs utilisés par Sagemcom dans le réseau de la SONATEL sont des coupleurs sans connecteurs.

#### **III.3.2.4 Choix des points de branchement optique**

Les points de branchement optique (PBO) sont matérialisés par des boîtiers de protection d'épissures comportant suffisamment d'entrées de câbles pour pouvoir raccorder à terme tous les locaux desservis par ce PBO. Les PBO servent à abriter les connexions entre les fibres de distribution et les fibres de branchement. Ces connexions sont réalisées unitairement à l'occasion du raccordement d'un abonné.

Il existe deux grandes catégories de PBO selon que les connexions sont réalisées au moyen d'une épissure par fusion (soudure) ou au moyen d'un connecteur.

La SONATEL utilisait autrefois des PBO par épissure de fusion. Mais aujourd'hui pour faciliter le raccordement des clients (rapidité, limitations des interactions entre fibre) et améliorer l'exploitation du réseau (mutations, test, mesures, ...) ainsi que sa maintenance, elle utilise des PBO avec connecteurs.



**FIGURE 50: POINTS DE BRANCHEMENT OPTIQUE AVEC CONNECTEURS**

### **III.3.2.5 Choix des connectiques optiques**

Le choix d'une bonne connexion optique (connecteur ou épissure) est crucial pour la bonne mise en œuvre d'un réseau d'accès FTTH, et particulièrement de la partie raccordement depuis le point de branchement (PBO) jusqu'à la prise d'abonné (PTO). Quatre technologies de connectique sont aujourd'hui couramment utilisées sur le territoire :

- Connectiques standard SC
- Connectiques LC
- L'épissure fusion
- L'épissure mécanique

L'utilisation de différents types de connectiques (SC, LC, etc.) dans un même réseau est possible par contre les performances en taux de réflexion (UPC, APC) doivent être identiques.

**TABLEAU 11: CARACTERISTIQUES DES CONNECTEURS**

Caractéristiques principales	Connecteurs SC	Connecteurs LC	Connecteurs SC
Diamètre des câbles et fibres connectorisés	2,8mm, 2 mm, 1,6 mm, 900 µm	2 mm, 1.6mm, 900 µm	250 µm, 900 µm
Pertes d'insertion	< 0,25 dB max	< 0,25 dB max	< 0,1dB max

Réflexion	< -60 dB (APC) < -50 dB (UPC)	< -60 dB (APC) < -50 dB (UPC)	
-----------	----------------------------------	----------------------------------	--

### **III.3.3 Evaluation financière**

Dans cette partie, nous allons présenter les équipements des fournisseurs de la SONATEL et leur prix. Ensuite nous faisons un choix des composants suivant le prix des équipements proposés et des performances du composant, ainsi qu'une estimation financière du coût global du projet.

#### **III.3.3.1 Equipements des différentes normes**

Pour les équipements de la liaison optique, SONATEL est approvisionnée par les trois (3) fournisseurs suivants ACOME, NEXANS et TELENCO.

##### **III.3.3.1.1 Câbles à fibres optiques**

SONATEL est fourni en fibre par la société ACOME. Le tableau ci-dessous donne les différentes normes de câble utilisés dans le réseau FTTH de la SONATEL.

**TABLEAU 12: LES CABLES OPTIQUES**

Equipements	Quantité (Km)	Prix Unitaire (€)	Prix Total (€)	Fournisseur
Total (€) = 6657.122 (ACOME)				
72xG657A2 M12	0.3	2153 €/km	640.5	ACOME
36xG657A2 M12	4.604	733 €/km	241.89	ACOME
24xG657A2 M12	0.32	733 €/km	3374.732	ACOME
12xG657A2 M6	5	480 €/km	2400	ACOME

##### **III.3.3.1.2 BPE, PBO et Accessoires**

Pour les BPE, PBO et accessoires, on a les fournisseurs NEXANS et TELENCO.

**TABLEAU 13: BPE, BPO ET ACCESSOIRES**

Equipements	Quantité	Prix Unitaire (€)	Prix Total (€)	Fournisseur	Prix Unitaire (€)	Prix Total (€)	Fournisseur
Total (€) = 5898 (NEXANS) ; 9218.718 (TELENCO)							

PBO-façade	5	39	195	NEXANS	30.88	154.4	TELENCO
PBO-poteau	97	39	3783	NEXANS	30.88	2995.36	TELENCO
Connecteurs SC/APC (Sachet de 100)	6(564)	320	1920	NEXANS	225	1350	TELENCO

Cassettes pour PBO (lot de 12)	9(102)	-	-	-	18.82	169.38	
Cassettes pour BPEO (lot de 12)	14(158)	-	-	-	18.82	263.48	TELENCO
BPEO Taille 1	17	-	-	-	66.8	1135.6	TELENCO
BPEO Taille 2	4	-	-	-	147.06	588.24	TELENCO
BPEO Taille 3	1	-	-	-	226	226	TELENCO
ECAM simple 3-7 mm	10	-	-	-	3.22	32.2	TELENCO
ECAM simple 3,5-9,5 mm	15	-	-	-	4.72	70.8	TELENCO
ECAM simple 4-12 mm	25	-	-	-	6.27	156.75	TELENCO
ECAM simple 5-18 mm	24	-	-	-	8.412	201.888	TELENCO

ECAM double 6-18 mm	8	-	-	-	11.1	88.88	TELENCO
ECAM double 5-27 mm	30	-	-	-	28.24	847.2	TELENCO
Support plastique de fixation BPEO T1	17	-	-	-	5.9	100.3	TELENCO
Support plastique de fixation BPEO T2/T3	5	-	-	-	6.7	33.5	TELENCO
Support mécanique de fixation BPEO T1	17	-	-	-	27.23	462.91	TELENCO
Support mécanique							

de fixation BPEO T2/T3	5	-	-	-	42.94	214.7	TELENCO
Protection s d'Epissures Optique Thermo. 45mm, lot de 100	19 (1896)	-	-	-	6.69	127.11	TELENCO

### III.3.3.1.3 Tête Equipements

La tête optique permet d'installer 6 châssis, chaque châssis pouvant recevoir 12 modules préconnectés et chaque module a douze (12) port.

**TABEAU 14: TETE DES EQUIPEMENTS**

Equipements	Quantité	Prix Unitaire (€)	Prix Total (€)	Fournisseur
Total (€) = 2542.07 (TELENCO)				
Tête 144 FO avec Châssis 12 plateaux 144FO avec 8 x1 modules 4 coupleurs 2x2 préconnectés SC/APC	1	1343.3	1343.3	TELENCO
Tête 144 FO pré câblée (long câble 50 m)	1	1198.75	1198.75	TELENCO

### III.3.3.1.4 Accessoires

Ils sont seulement fournis par l'entreprise TELENCO. Le tableau ci-dessous donne la liste des accessoires utilisés dans le réseau FTTH de la SONATEL.

**TABEAU 15: ACCESSOIRES**

Equipements	Quantité	Prix Unitaire (€)	Prix Total (€)	Fournisseur
Total (€) = 168546.08 (TELENCO)				
Cordon simple SC APC / SC-APC monomode G657 A2 lg 4,5m	30	3.03	909	TELENCO
Etiquette plastique - paquet de 100	20	2.5	50	TELENCO
Collier Colson 319 / 13	100	0.044	4.4	TELENCO
Tuyau annelé fendu (verte) de protection diamètre 18mm /Rouleau 30m	2000	0.48€/30m	32	TELENCO
Traverse (5/07) 5 trous	75	0.48	20.64	TELENCO

Semelle appuis commun bois (CPB)	150	1.18	177	TELENCO
Semelle appuis béton (5/39) équerre commun	30	0.88	26.4	TELENCO
Semelle appuis béton renforcée (5/39 R) équerre commun	30	1.0	30.3	TELENCO

Etrier	150	0.21	31.5	TELENCO
Bride 2/12 pour boitier	102	0.59	60.18	TELENCO
Boulon d'assemblage 1/13	150	0.22	33	TELENCO
Tire-fond	150	0.23	34.5	TELENCO
Ecarteur pour câble suspendu sur façade (BIC - E50)	100	0.37	37	TELENCO
Console traverse universelle (CT8)	150	1.75	262.5	TELENCO
Rehausse tube carré (REF 02)	150	3.93	578.5	TELENCO
Dispositif de lovage (LOV 300)	50	18.42	921	TELENCO
feuillard 20 x 0,7 mm	10	13.9	139	TELENCO
Boucle 20mm / Sachet de 100	10	10.3	103	TELENCO
Ferrure d'étoilement (FE)	20	0.38	7.6	TELENCO
Arrêt de câble sur traverse ou console (ACADSS)	250	2.95	737.5	TELENCO
DS6 : 6 - 8 mm	200	1.65	330	TELENCO
Console UPB	100	2.1	21	TELENCO
Grillage avertisseur vert (larg. 0,10)	2000	10.06€/m	20000.06	TELENCO
Filin d'aiguillage	2000	72€/m	36000	TELENCO

### **III.3.3.1.5 KITS**

Pour les Kits, SONATEL se réfère aux entreprises suivants : TELENCO et NEXANS

**TABLEAU 16 : COMPARAISON DES KITS ENTRE TELENCO ET NEXANS**

Equipements	Quantité	Prix Unitaire (€)	Prix Total (€)	Fournisseur	Prix Unitaire (€)	Prix Total (€)	Fournisseur
Total (€) = 26865 (TELENCO) ; 26650.5 (NEXANS)							

KIT PTO: prise + câble 1 FO 1083 - 100m	319	46.4	14801.6	TELENCO	54.5	17385.5	NEXANS
KIT PTO: prise + câble 1 FO 1083 - 50m	170	28.02	4763.4	TELENCO	54.5	9265	NEXANS
KIT PTO : PRISE MIXTE (RJ45/ TV/Coaxial)	400	18.25	7300	TELENCO	-	-	-

### **III.3.3.2 Choix des fournisseurs**

Le tableau suivant donne le prix de chaque fournisseur en fonction des équipements proposés.

**TABLEAU 17: EVALUATION FINANCIERE SYNTHETIQUE DES FOURNISSEURS ACOME, TELENCO ET NEXANS**

Type	Prix Total (€)	Fournisseur	Prix Total (€)	Fournisseur
Câble à fibre optique	6657.122	ACOME	-	-
BPE, PBO et Accessoires	5898	NEXANS	9218.718	TELENCO
Têtes Optiques	2542.07	TELENCO	-	-
Accessoires	168546.08	TELENCO	-	-
KITS PTO	26865	TELENCO	26650.5	NEXANS

Pour les PBO et ses accessoires, TELENCO propose plus de composants avec des prix plus abordables. Il est donc choisi comme fournisseur des PBO, BPEO, têtes optiques, accessoires. Les câbles d'ACOME sont aussi de bon marché. NEXANS est choisi pour être fournisseur des Kits PTO.

**TABLEAU 18: CHOIX DES FOURNISSEURS SUIVANT LE PRIX PROPOSE**

Type	Prix Total (€)	Fournisseur
Câble à fibre optique	6657.122	ACOME

BPE, PBO et Accessoires	9218.718	TELENCO
Têtes Optiques	2542.07	TELENCO
Accessoires	168546.08	TELENCO
KITS PTO	26650.5	NEXANS
TOTAL en EUR	213614.49	
TOTAL en FCFA (1Euro = 655.86 Franc CFA)	140 101 988.52	

Après avoir choisi les fournisseurs, le montant total du déploiement de la fibre optique est estimé à cent quarante millions cent un mille neuf cent quatre-vingt-huit virgule cinquante- deux (140101988.52) Franc CFA.

**TABLE 19: CALCUL DU RETOUR SUR INVESTISSEMENT**

Prix Total	Nombre de prises	Prix de revient par prise FCFA	abonnement mensuel	Retour sur investissement
140101988.52 FCFA	898	156015.58 FCFA	17900 FCFA	9 mois
			34900 FCFA	5 mois

Avec huit cent quatre-vingt-dix-huit (898) prises, le prix de revient de chacune des prises après déploiement est de cent quarante millions cent un mille neuf cent quatre-vingt-huit virgule cinquante-deux (140 101 988.52) FCFA. Avec un abonnement mensuel de dix-sept mille neufcent (19900) FCFA et trente-quatre mille neuf cent (34900) FCFA, le retour sur investissement est respectivement de neuf (9) mois et cinq (5) mois.

### **III.3.4 Conclusion**

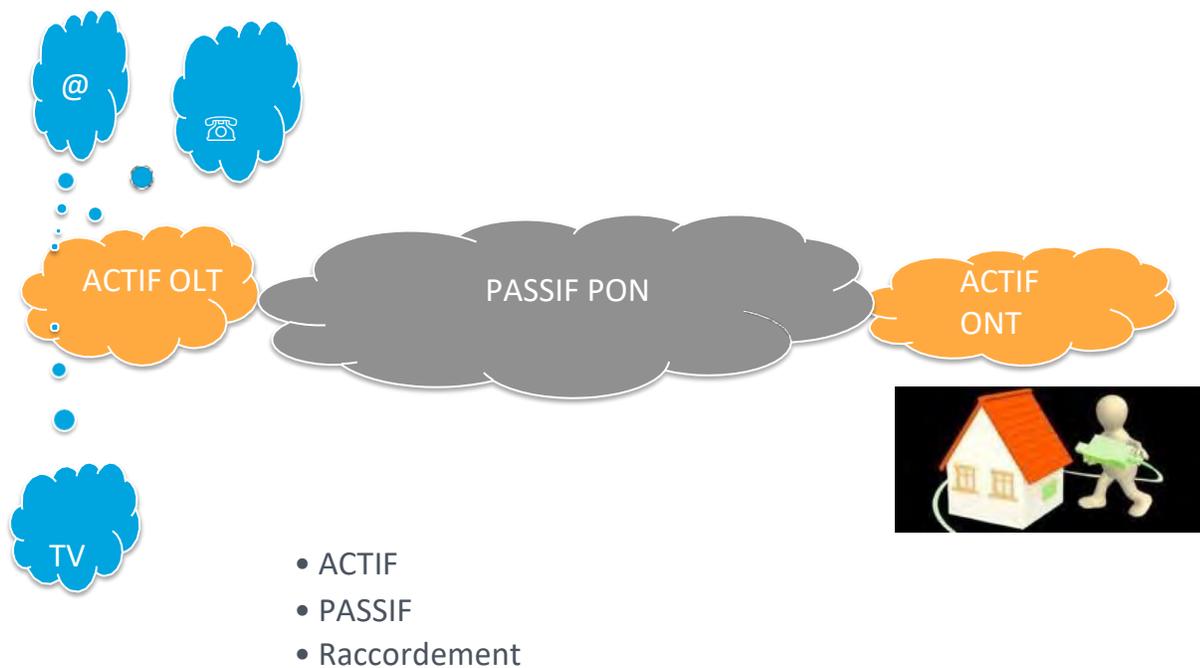
Ce chapitre a permis de faire le choix des équipements, suivi du bilan de puissance, des fournisseurs en fonction des prix proposés et des normes proposées ainsi que l'évaluation financière du nouveau réseau. Après l'estimation financière du nouveau réseau, SONATEL doit investir cent quarante millions cent un mille neuf cent quatre-vingt-huit virgule cinquante-deux (140101988.52) Francs CFA. Un retour sur investissement de chaque ligne d'abonné est de cinq (5) à neuf (9) mois.

## CHAPITRE IV : MISE EN PLACE

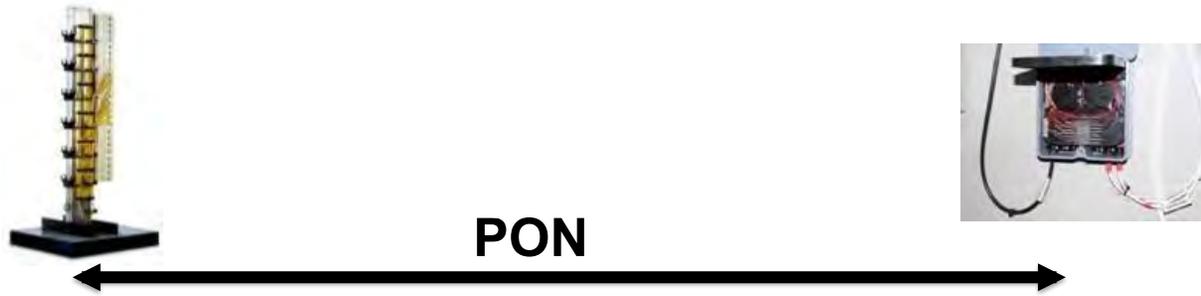
### IV.1 Recette FTTH

#### IV.1.1 Generalites

La phase de recette a pour but de vérifier que l'installation est conforme aux spécifications techniques. Une spécification de recette doit préalablement définir les différents contrôles à effectuer, les appareils de mesure nécessaires, les résultats à obtenir, ainsi que leur présentation à l'intérieur du cahier de recette.



### IV.1.2 Passif

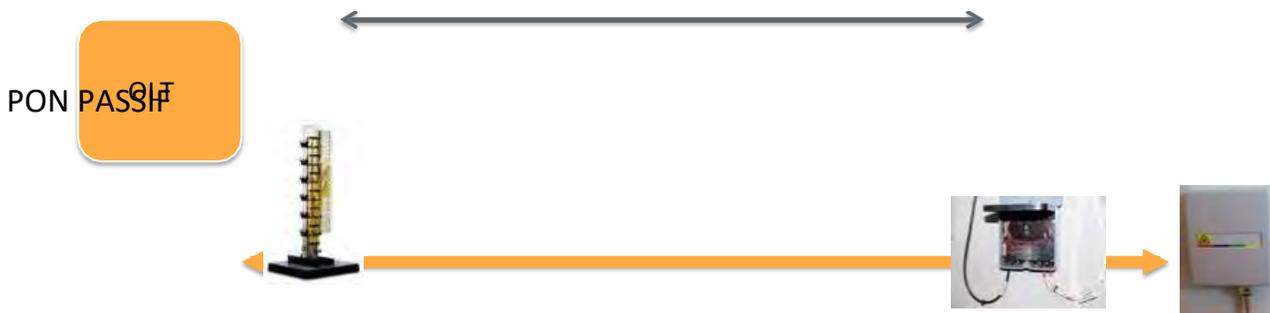


Aucun équipement actif entre la tête du central et le boîtier optique (BPI, BP) La partie passive du réseau FTTH :

- Vérification visuel des organes constitutifs (N°, état, qualité)
- Mesure de réflectométrie depuis chaque point de livraison (BPI, BP) vers le central
- Budget optique de chaque point de livraison (BPI, BP)

Le passif est recetté entièrement avant tout raccordement client.

### IV.1.3 Raccordement de l'abonné



- Raccordement optique d'une prise chez l'abonné :

- Mesure de puissance reçue à la prise (< 28dBm)

- Comparaison avec le budget optique du point de livraison (BPI, BP) (environ 1 dB max prenant en compte le câble abonné soudé, la prise et le connecteur)

Le raccordement client ne se réalise qu'une fois le PON recetté.

## IV.2    réalisation d'une soudure

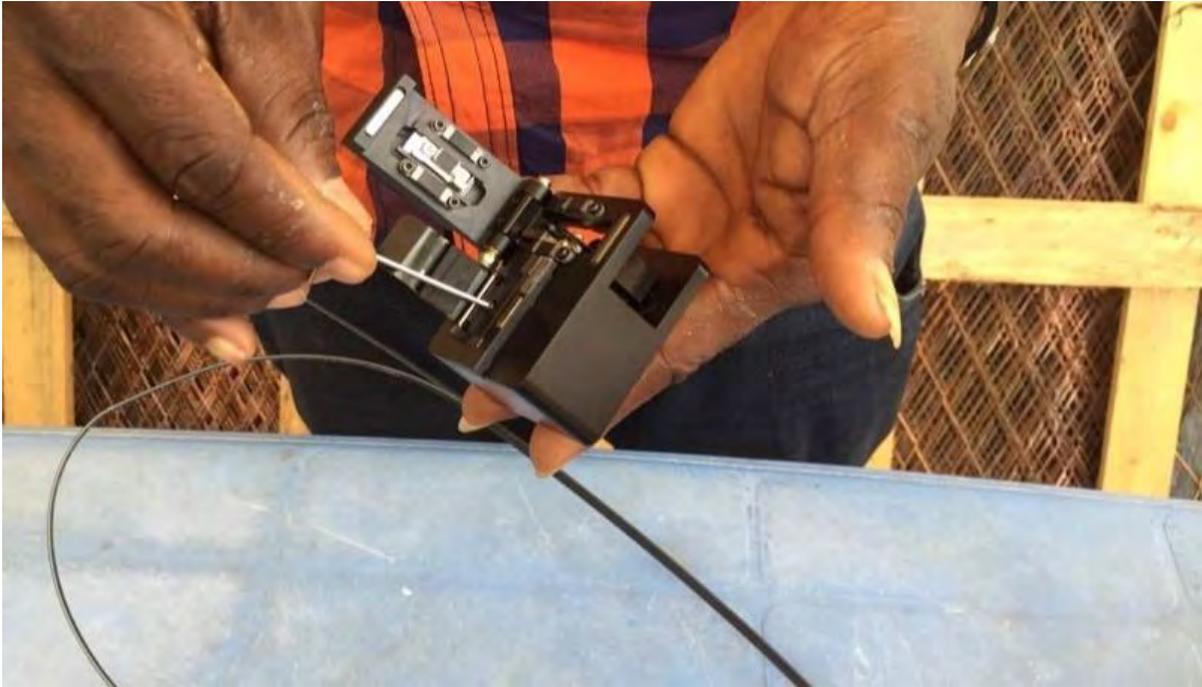
- **Etape 1** : Dénuder la fibre



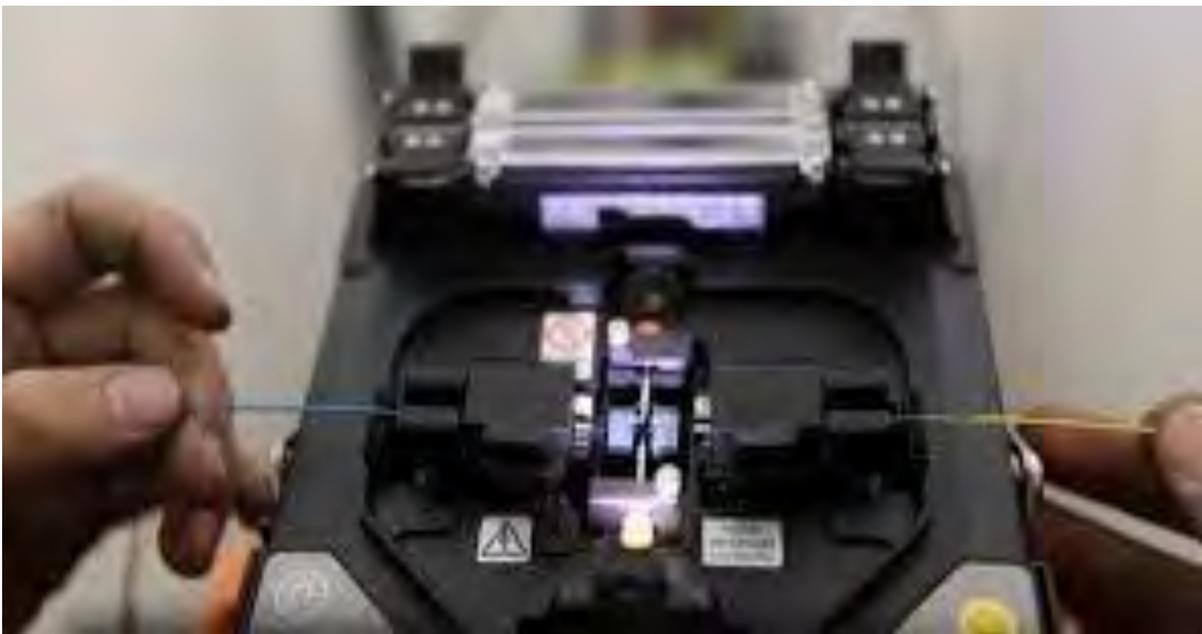
- **Etape 2** : Nettoyer la fibre avec un alcool



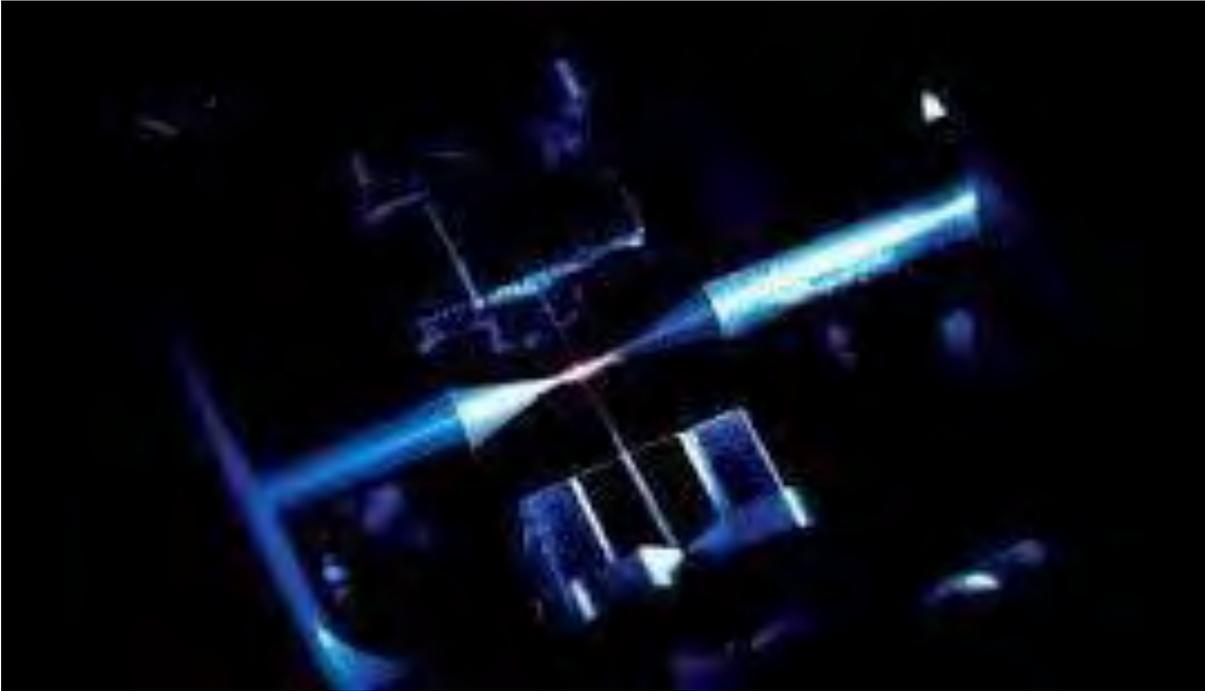
- **Etape 3** : Couper la fibre avec la cliveuse



- **Etape 4** : Placer les fibres a souder dans la soudeuse



- **Etape 5** : La soudure par fusion



- **Etape 6** : Mise en place du smooove (Protection d'épissure dans le four)



- **Etape 7** : Mise en place du smooove dans le k7



### **IV.3 Mesure optique en FTTH**

- Les mesures sont réalisées en 2 temps :

- Le réseau Passif GPON (du BP vers le Central), pour tous les BP de la plaque (ou SR). Réalisé avec un réflectomètre.

- La puissance reçue au PTO client. Réalisé avec un photomètre (dans 99% des cas le PTO est raccordé jusqu'à l'OLT). Dans le cas d'un d'une recherche de défaut on utilise un réflectomètre IN SERVICE (1625nm)

#### **IV.3.1 Particularité en FTTH**

- Les mesures sont toujours réalisées du client vers le central du fait des coupleurs optiques.
- 1 connecteur au central correspond à 32 ou 64 points de mesures distincts coté client.
- Une mesure peut être réalisée si et seulement si toutes les boites de raccordement en amont sont terminées.

# CHAPITRE V : CONFIGURATION DES SERVICES INTERNET VOIP ET TV AVEC LE MODEM FIBERBOX

## V.1 Le modem ZTE F660

Avant du Modem:



FIGURE 51 : AVANT DU MODEM ZTE

PON = Etat de synchro du port

LOS =

Etape de reception du signal optique

Internet = Etat de la connexion WAN

Illustration d'une connexion réussie :

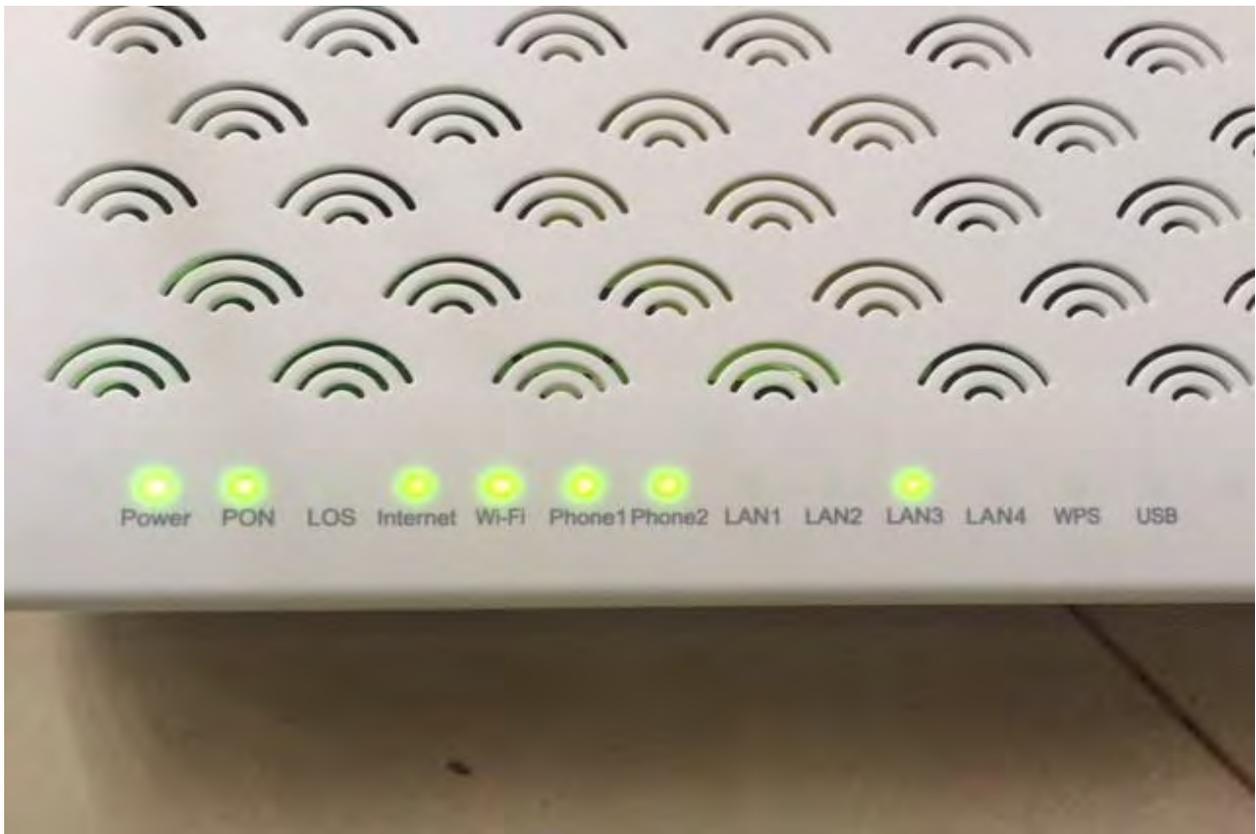


FIGURE 52 : CONNEXION REUSSIE

TABLEAU 20: ETAT DU MODEM ZTE

Indicateurs	couleur	Description
PON	Vert	Éteint : synchro Nok Allumé: synchro ok. Clignotant: Synchro en cours

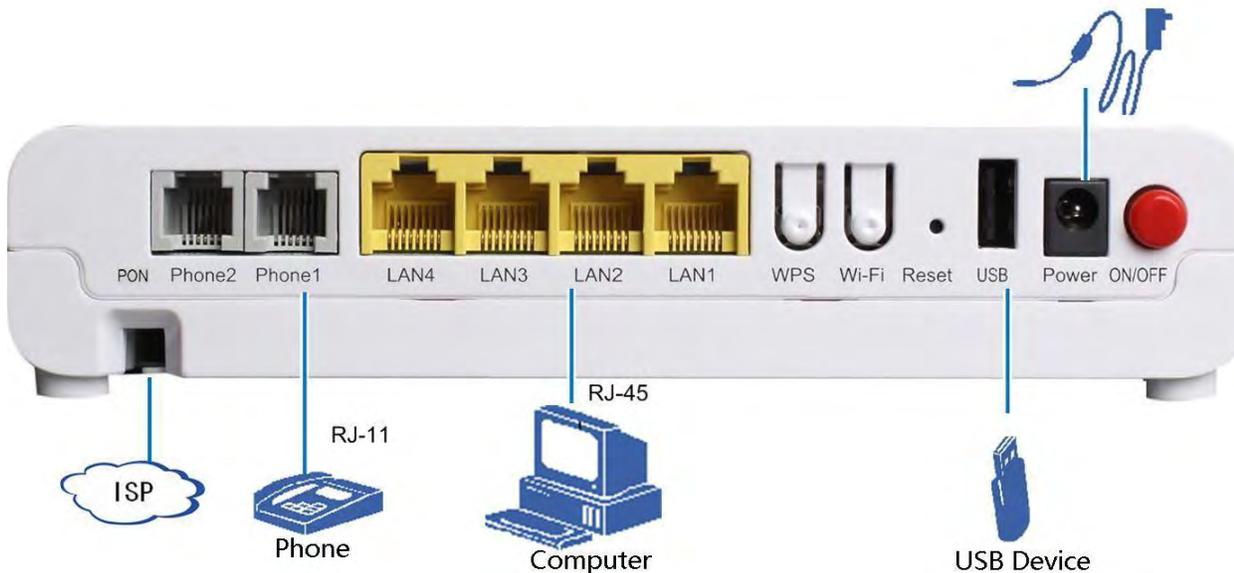
LOS	Rouge	<p>Éteint: reçoit l'alimentation optique correctement. Allumé: Le module optique est éteint.</p> <p>Clignotant: La puissance optique reçue est inférieure à la</p> <p>Sensibilité du récepteur optique, ou le téléchargement d'un package en cours.</p>
Internet	Vert	<p>Éteint: l'appareil n'est pas allumé, ou pas WAN</p> <p>Connexion avec les propriétés Internet configurées, ou</p> <p>La configuration WAN n'est pas correcte.</p>

		<p>Allumé: Il y a une connexion WAN avec des propriétés Internet configuré et la configuration WAN est effective.</p> <p>Clignotant: les données sont en cours de transmission.</p>
Wi-Fi	Vert	<p>Éteint: l'appareil n'est pas allumé ou wifi désactivée. Allumé: L'interface sans fil est activée.</p> <p>Clignotant: les données sont en cours de transmission.</p>
Phone1/Phone2	Vert	<p>Éteint: L'appareil n'est pas allumé ou le service voix ne peut pas être enregistré sur le soft switch.</p> <p>Allumé: Le service voix est enregistré avec succès sur le soft switch, mais il n'y a pas de trafic de service.</p> <p>Clignotant: Il y a du trafic voix.</p>



LAN1/LAN2/LAN3/LAN4	Vert	<p>Éteint: L'appareil n'est pas allumé ou l'interface n'est pas connectée à un périphérique réseau.</p> <p>Allumé: L'interface est connectée à un périphérique réseau, mais aucune donnée n'est en cours de transmission.</p> <p>Clignotant: Les données sont transmises sur l'interface.</p>
WPS	Rouge/jaune/vert	<p>Jaune: La négociation est en cours. Vert: la négociation est réussie.</p> <p>Rouge: la détection d'interférence de session est en cours de mise en œuvre ou la négociation a échoué.</p>

Arrière du Modem : 2 Ports POTS (VoIP) , 4portsEthernet , 1 port USB , 1 port pour l'alimentation , 1 bouton d'alimentation , bouton reset



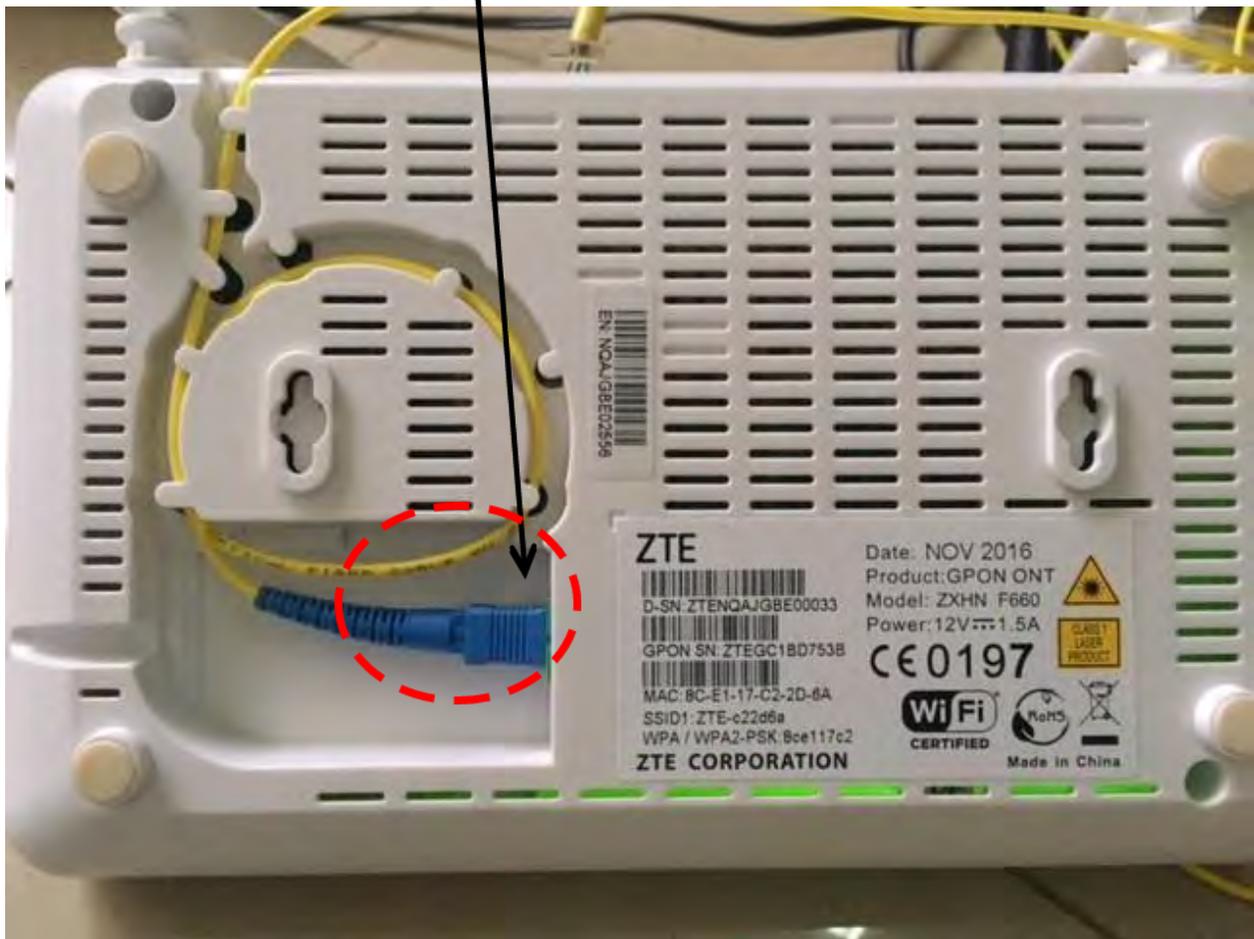
**FIGURE 53 : ARRIERE DU MODEM ZTE**

**TABLEAU 21: DESCRIPTION DE L'ARRIERE DU MODEM ZTE**

Interface/Buttons	Description
ON/OFF	Bouton d'alimentation pour allumer ou éteindre l'appareil
Power	Adaptateur d'alimentation.
USB	USB2.0standard, pour connecter à un périphérique de stockage
Reset	Pour réinitialiser l'appareil lorsqu'il est sous tension, appuyez sur bouton pendant plus de cinq secondes.
Wi-Fi	Pour activer ou désactiver la fonction WLAN
WPS	Pour activer la fonction de protection Wi-Fi, appuyez sur le bouton, de sorte que les utilisateurs peuvent accéder au réseau sans entrer leurs mots de passe.
LAN1/LAN2/LAN3/LAN4	Pour Connecter à un PC, à un téléviseur ou à un décodeur IPTV via unRJ-45
Phone1/Phone2	Pour Connecter à un téléphone via un câble RJ-11
PON	Interface réseau GPON, connectée au réseau via une fibre optique monomode.

Vue de dessous du Modem : Port PON





**FIGURE 54 : VUE DE DESSOUS DU ZTE**

### **V.2 Configuration TCP/IP**

Pour se connecter sur le modem ZTE F660 à partir d'un PC, il faut configurer l'adresse IP du PC pour s'assurer que l'adresse IP du PC et l'adresse de management du modem sont dans le même sous-réseau.

L'adresse de management du modem ZTE

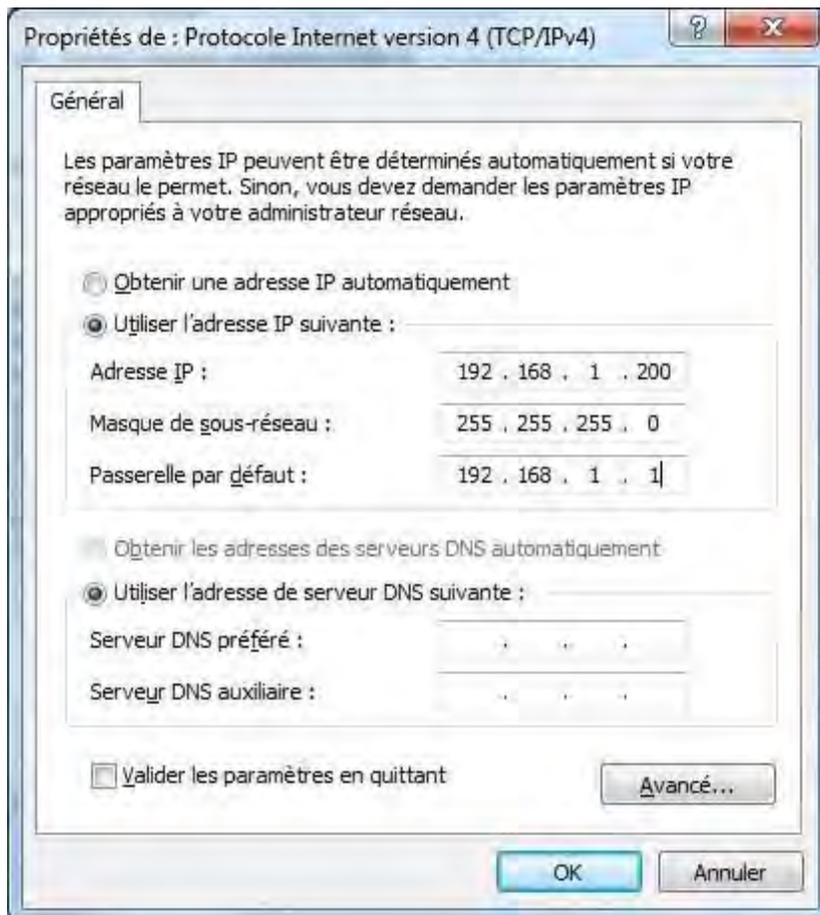
F660 est : Adresse IP 192.168.1.1

Subnet mask 255.255.255.0

Default gateway 192.168.1.1

## Etapes

1. Utiliser un câble Ethernet pour connecter un PC local à une interface LAN du modem ZTE F660
2. Sur le PC local, ouvrez le Centre Réseau et Partage. Cliquer sur Connexion au réseau local et cliquer sur Propriétés.
3. Double-cliquer sur Protocole Internet version 4 (TCP/IPv4). Configurer l'adresse IP à 192.168.1.200, le masque à 255.255.255.0, et la passerelle par défaut à 192.168.1.1



4. Cliquer sur OK

### **V.3 Se connecter sur le modem F660**

Le modem ZTE F660 offre une interface WEB pour la configuration et le management du système.

## Etapes

1. Ouvrir Internet Explorer, et entrer <http://192.168.1.1>. La page d'authentification s'affiche.

Please login to continue... [Français](#)

Username

Password

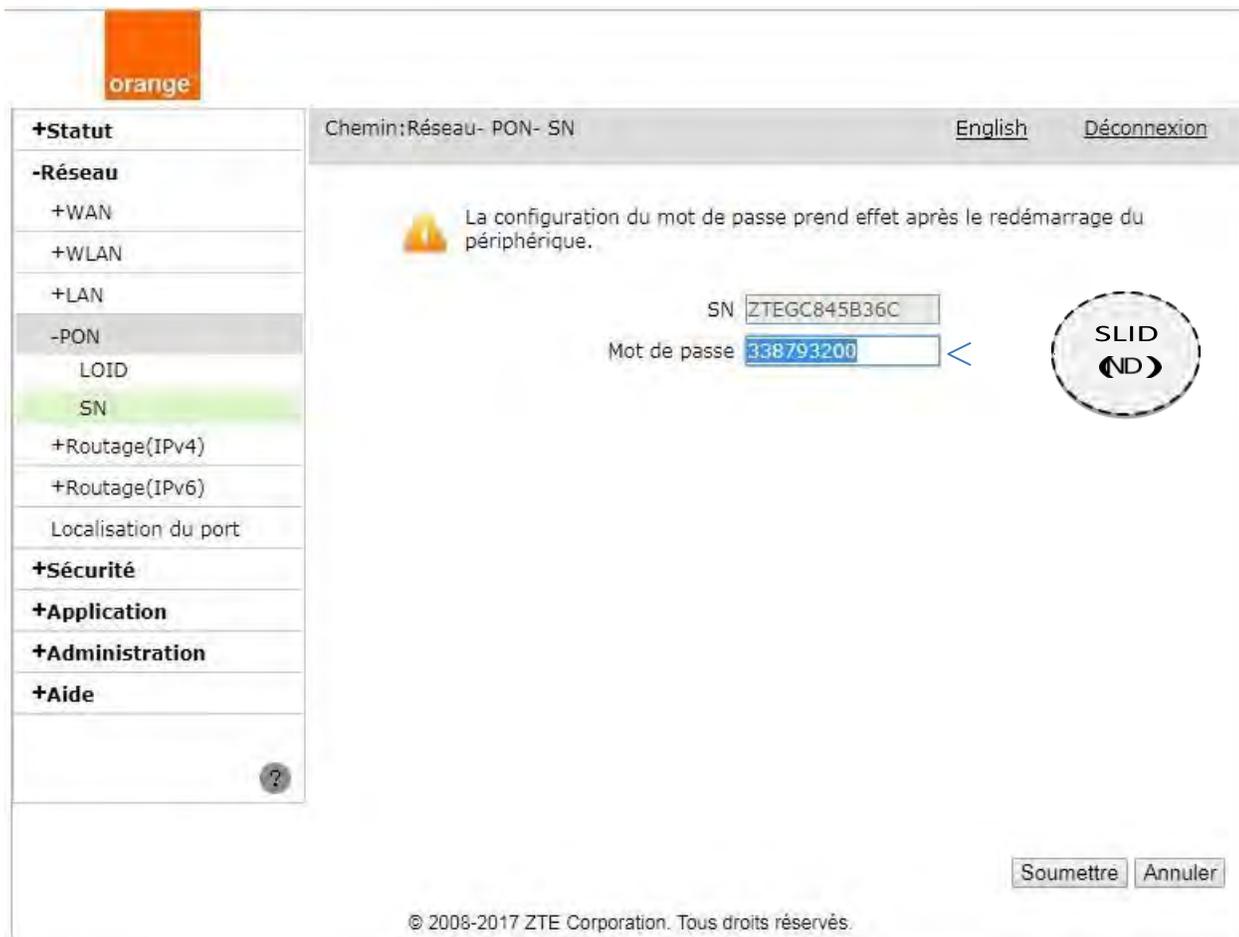
2. Entrer les identifiants et cliquer sur Login. La page de configuration s'affiche.

The screenshot shows the ZTE configuration interface. On the left is a navigation menu with the 'orange' logo at the top. The menu items are: -Statut (selected), Information du dispositif, +Interface réseau, +Interface Utilisateur, Statut VoIP, +Réseau, +Sécurité, +Application, +Administration, and +Aide. The main content area is titled 'Chemin:Statut- Information du dispositif' and includes language options for 'English' and 'Déconnexion'. A table displays the following device information:

maquette	F660
Serial Number	9C6F52-ZTEEQAJHA501746
Version matériel	V5.2
Version du logiciel	V5.2.10P4T77
Version Boot Loader	V5.2.10
Numéro de série PON	ZTEGC845B36C
Mot de passe	338793200 <
Numéro de lot	07e1P4T77038c

A circular stamp with the text 'SLID (ND)' is overlaid on the right side of the table. At the bottom of the page, the copyright notice reads: '© 2008-2017 ZTE Corporation. Tous droits réservés.'

### 3. Configuration du SSID (mot de passe)



The screenshot shows the configuration interface for a ZTE device. On the left is a navigation menu with the following items: +Statut, -Réseau (expanded), +WAN, +WLAN, +LAN, -PON (selected), LOID, SN (highlighted), +Routage(IPv4), +Routage(IPv6), Localisation du port, +Sécurité, +Application, +Administration, and +Aide. The main content area is titled 'Chemin: Réseau- PON- SN' and includes a language selector set to 'English' and a 'Déconnexion' link. A warning icon and text state: 'La configuration du mot de passe prend effet après le redémarrage du périphérique.' Below this, the 'SN' field contains 'ZTEGC845B36C' and the 'Mot de passe' field contains '338793200'. A circular 'SLID (ND)' button is positioned to the right of the password field. At the bottom right are 'Soumettre' and 'Annuler' buttons. The footer contains the copyright notice: '© 2006-2017 ZTE Corporation. Tous droits réservés.'

Network>PON>SN et renseigner la partie «Password» avec le numéro ND du client ce qui correspond au SSID

#### **V.4 Configuration a l'accèsinternet**

1. Sélectionner Réseau>WAN>Connexion WAN.
2. Pour créer une nouvelle connexion Internet, sélectionner Create« Connexion WAN »dans le champ« Nouvelle Connexion ».

3. Dans le champ« Nouveau nom de Connexion », renseigner Orange-Internet.
4. Cocher la case, Activer VLAN
5. Configurer le champ ID du VLAN à 45
6. Dans le champ 802.1p, sélectionner 0
7. Dans le champ Type, sélectionner Route
8. Dans le champ« Liste de Service », sélectionner« INTERNET\_TR069 »
9. Configurer le champ MTU à 1500
10. Dans le champ« Type de lien », sélectionner IP
11. Dans le champ« version IP », sélectionner IPv4
12. Dans le champ« Type... », Sélectionner DHCP
13. Cocher la case activer NAT
14. Cliquer sur << Créer>>

The screenshot shows a network configuration window titled "Chemin:Réseau- WAN- Connexion WAN". The interface is in English and includes a "Déconnexion" link. On the left, a sidebar menu shows various network categories: +Statut, -Réseau (with sub-items like -WAN, Connexion WAN, 3G/4G, etc.), +WLAN, +LAN, +PON, +Routage(IPv4), +Routage(IPv6), Localisation du port, +Sécurité, +Application, +Administration, and +Aide. The main configuration area contains the following fields:

- Nom de connexion: Créer une connexio (dropdown)
- Nouveau nom de connexion: Internet-Orange (text input)
- Activer VLAN:
- ID du VLAN: 45 (text input)
- 802.1p: 0 (dropdown)
- Type: Route (dropdown)
- Liste de service: INTERNET\_TR069 (dropdown)
- MTU: 1500 (text input)
- Type de lien: IP (dropdown)
- Version IP: IPv4 (dropdown)
- Type de propriété intellectuelle: DHCP (dropdown)
- IPv4:  (checkbox)

At the bottom right, there are "Créer" and "Annuler" buttons.

Pour activer la sortie sur Internet, aller dans le menu « Réseau » → « Routage (IPv4) » → « Passerelle par défaut » et sélectionner la connexion « Orange-Internet ».



### **V.5 Vérifier le statut de la connexion internet**

1. Pour vérifier le statut de la connexion Internet, Aller sur Status > Network Interface.

The screenshot shows the ZTE F660 web management interface. The top header includes the ZTE logo and the model number 'F660'. The breadcrumb path is 'Path:Status-Network Interface-WAN Connection'. The left sidebar contains a navigation menu with categories: -Status, -Network Interface, +User Interface, VoIP Status, +Network, +Security, +Application, +Administration, and +Help. The main content area displays the configuration for the WAN Connection 'omci\_ipv4\_static\_1'.

Type	Static
Connection Name	omci_ipv4_static_1
IP Version	IPv4
NAT	Enabled
IP	10.46.55.4/255.255.255.192
DNS	10.30.1.9/0.0.0.0/0.0.0.0
IPv4 Gateway	10.46.55.1
IPv4 Connection Status	Connected
IPv4 Disconnect Reason	None
WAN MAC	c8:9b:8b:36:45:61

A 'Refresh' button is located at the bottom right of the main content area.

## V.6 WIFI configuration

Aller sur « Réseau ? WLAN ? De base.

Pour activer le Wi-Fi, sélectionner « Activée » dans le champ Wireless RF Mode et « Activer l'isolement », puis cliquer sur « Soumettre ».

**-Réseau**

- +WAN
- WLAN**
  - De base
  - Paramètres SSID
  - Sécurité
  - Liste de contrôle d'accès
  - Appareils associés
  - WDS
  - WMM
  - Restrictions WiFi
  - WPS
- +LAN
- +PON
- +Routage(IPv4)
- +Routage(IPv6)
- Localisation du port
- +Sécurité**
- +Application**
- +Administration**
- +Aide**

Astuce: le mode sans fil RF désactivé à programmé prend une minute environ, veuillez actualiser.

Mode RF sans fil

Activer l'isolement

Mode  **1**

Bande passante  ←

Canal

SFI Activer

Intervalle Beacon  ms

Puissance de transmission

Type de QoS

Seuil RTS

Intervalle DTIM

**2**

Cliquer sur« Paramètres SSID ».

Cocher la case« Activer SSID »et changer le« SSID Nom »au besoin. Cliquer sur «Soumettre».

Choisissez SSID

Masquer le SSID

Activer SSID

Activer l'isolement SSID

Nombre maximal de clients  (1 ~ 32)

SSIDNom  (1 ~ 32 caractères)

Priorité

Cliquer sur « Sécurité » pour configurer le mot de passe du Wifi dans le champ WPA Passphrase. Cliquer sur « Soumettre ».

Choisissez SSID

Type d'Authentification

WPA Passphrase  (8 ~ 63 caractères)

\* La phrase de passe WPA forte doit contenir un chiffre, une lettre majuscule et une lettre minuscule, d'au moins 8 caractères. \*

WPA Algorithme de cryptage

### V.7 Vérifier le statut de la connexion internet

Pour vérifier le statut de la connexion Wifi, Aller sur Status>User Interface>WLAN

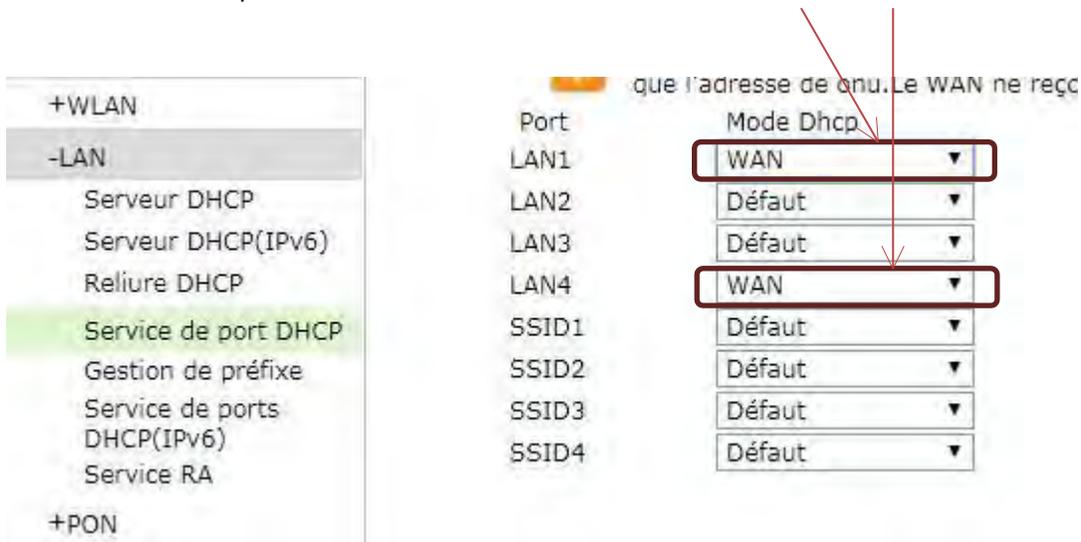
+Interface réseau	Activer RF sans fil	Activée
-Interface Utilisateur	Canal	9
WLAN	Mode WDS	Désactivé
Ethernet	SSID1 Activer	Activée
USB	SSID1Nom	FiberBox-Orange
Statut VoIP	Type d'Authentification	WPA/WPA2-PSK
<b>+Réseau</b>	Type de chiffrement	AES
<b>+Sécurité</b>	Adresse MAC	9c:6f:52:d8:6c:65
<b>+Application</b>	Paquets reçus/octets reçus	0/0
<b>+Administration</b>	Paquets envoyés/octets envoyés	0/0
<b>+Aide</b>	Paquets d'erreur reçus	0
	Paquets d'erreur envoyés	0
	Paquets de réception abandonnés	0
	Paquets d'envoi abandonnés	0
	SSID2 Activer	Désactivé
	SSID3 Activer	Désactivé
	SSID4 Activer	Désactivé

## V.8 Configurer la TV d'Orange

La TV d'Orange est activée sur les ports LAN1 et 4.

Pour ce faire, il faut configurer ces ports en mode bridge.

Aller sur « Réseau → LAN → Service de port DHCP. Mettre les ports LAN1 et LAN4 en mode bridge sélectionnant la valeur WAN dans le champ DHCP Mode.



Cliquer sur «Soumettre».

## V.9 Configurer la voix sur IP

### A. Configuration de la connexion WAN pour la VoIP

Pour configurer la voix sur IP, il faudra d'abord créer une nouvelle connexion WAN.

1. Sélectionner Network>WAN>WAN Connection.
2. Pour créer une nouvelle connexion Internet, sélectionner Create WAN Connection dans le champ Connection Name.
3. Dans le champ New Connection Name, renseigner VoIP.
4. Cocher la case, Enable VLAN
5. Configurer le champ VLAN ID à 199
6. Dans le champ 802.1p, sélectionner 0
7. Dans le champ Type, sélectionner Route
8. Dans le champ Service List, sélectionner VoIP

9. Configurer le champ MTU à 1500
10. Dans le champ Link Type, sélectionner IP
11. Dans le champ IP version, sélectionner IPv4
12. Dans le champ IP Type, sélectionner DHCP
13. Cliquer sur create

The screenshot displays a network configuration interface. On the left is a sidebar menu with the following items: **-Réseau**, **-WAN**, Connexion WAN (highlighted), Connexion WAN 3G/4G, Connexion au tunnel 4in6, 6in4 Tunnel, Connection, Liaison de Port, Publication DHCP en premier, +WLAN, +LAN, +PON, +Routage(IPv4), +Routage(IPv6), Localisation du port, +Sécurité, +Application, +Administration, and +Aide. A question mark icon is visible at the bottom of the sidebar.

The main configuration area contains the following fields and options:

- Nom de connexion: Créer une connexic ▼
- Nouveau nom de connexion: VoIP
- Activer VLAN:
- ID du VLAN: 199
- 802.1p: 0 ▼
- Type: Route ▼
- Liste de service: VoIP ▼
- MTU: 1500
- Type de lien: IP ▼
- Version IP: IPv4 ▼
- Type de propriété intellectuelle: DHCP ▼

At the bottom right of the configuration area, there are two buttons: **Créer** and **Annuler**.

## B. Configuration SIP

Pour configurer le SIP sur le modem, il faut aller sur Application>VOIP>SIP.

The screenshot shows the modem's configuration menu on the left, with the path Application > VoIP > SIP highlighted. The main area displays a warning message: "Si la connexion WAN n'est pas sélectionnée par les utilisateurs, l'appareil sélectionnera automatiquement une connexion WAN." Below the warning are two dropdown menus, both set to "VoIP". A blue arrow points to the second dropdown menu. Two circled numbers, 1 and 2, are placed below the dropdown menus.

Renseigner le port 5060, le serveur ims.sonatel.sn l'@IP10.132.1.5 (cf capture). Cliquer sur «Soumettre».

The screenshot shows the modem's configuration interface for SIP. The left sidebar shows the path Application > VoIP > SIP. The main area displays the configuration for Option 120. The configuration includes the following fields: Port Local (5060), Serveur de Registre primaire (ims.sonatel.sn), Serveur proxy principal (10.132.1.5), Serveur proxy sortant principal (10.132.1.5), Port proxy principal (5060), Serveur de registre secondaire (0.0.0.0), Secondary Proxy Server (0.0.0.0), Serveur proxy sortant secondaire (0.0.0.0), Port de proxy secondaire (5060), S'inscrire expire (3600 sec), Désenregistrer lors du redémarrage (checkbox), Activer le test de liaison (checkbox), and Intervalle de test de liaison (20 sec). Two circled numbers, 1 and 2, are placed to the right of the configuration fields.

Ensuite cliquer sur Application>VOIP>SIP Accounts. Configurer le compte SIP du client.

Chemin: Application- VoIP- Comptes SIP English Déconnexion

Compte SIP +2218793200

Nom d'utilisateur de l'autorisation +2218793200@ims

Mot de passe .....

Modifier Annuler

Compte SIP	Nom d'utilisateur de l'autorisation	Modifier
+2218793200	+2218793200@ims.sonatel.sn	
+2218793200	+2218793200@ims.sonatel.sn	

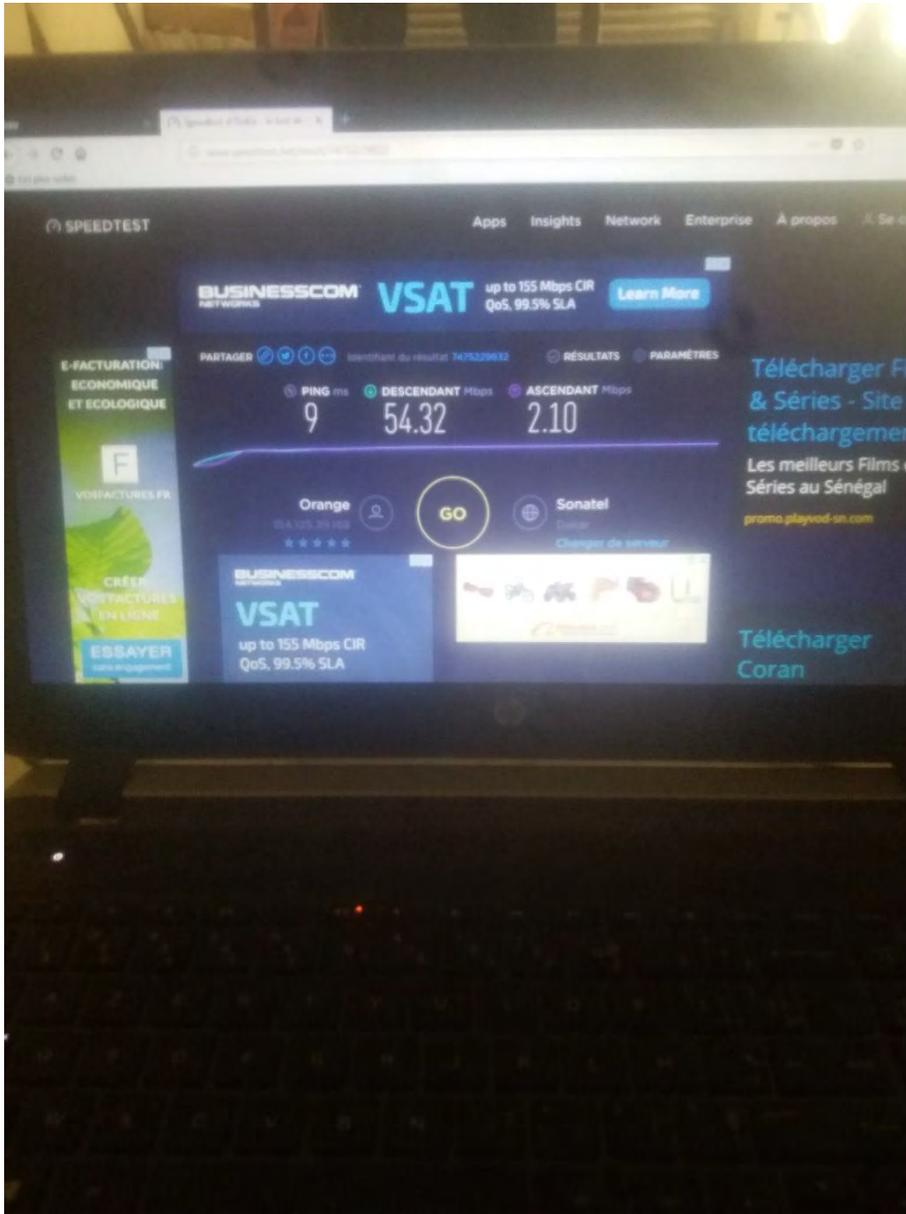
1

2

3

## VI. Test de débit

Un test de débit consiste à mesurer la vitesse de votre connexion internet, débit montant et débit descendant, câble ou fibre optique. Ce test vous permet également de connaître votre PING (Packet Internet Groper), qui correspond à la vitesse de votre connexion et plus précisément au temps de réponse entre deux machines branchées sur le réseau.



**FIGURE 55 : TEST DE DEBIT POUR UNE OFFRE DE 50 MBS**

## **VII CONCLUSION**

En conclusion, la fibre optique est une invention très performante aux multiples applications. Concernant son utilisation pour le transfert de données, elle est extrêmement plus performante que sa prédécesseur. On peut donc dire que la fibre optique est une avancée importante dans le domaine de la transmission d'informations par rapport à l'ADSL.

## CONCLUSION GENERALE

Ce travail nous a permis de constater que la technologie ADSL a atteint ses limites en débit et de nouveaux services, comme les jeux vidéo en ligne, les objets connectés et autre. Le but de la SONATEL en nous confiant ce travail était de mettre à la disposition de ses clients, la fibre optique offrant un débit de trente (100) Mbps constant à la réception et deux (20) Mbps à l'envoi et c'est dans ce contexte que ce travail a été élaboré.

Afin d'atteindre nos objectifs initialement fixé dans le premier chapitre nous avons présenté la structure d'accueil, contextualisé le sujet et dégagé la problématique ainsi que les objectifs à atteindre. Dans le chapitre 2 nous avons présenté les liaisons d'accès haut débit ainsi que les avantages et inconvénients de chacune. Ensuite on est parti des réseaux optiques en dressant un panorama des réseaux FTTH. Nous avons fini avec la présentation de la technologie PON, particulièrement le GPON. En utilisant la technologie GPON, nous avons fait la proposition d'un réseau FTTH dans la zone de HLM Grand Médine après avoir présenté les règles d'ingénierie de la SONATEL et de la zone d'étude. On a aussi fait l'objet du choix des composants, du bilan de puissance et de l'évaluation financière de l'architecture proposée.

La réalisation de ce projet nous a également été bénéfique, dans la mesure où elle nous a permis:

- ✓ D'acquérir d'importantes connaissances sur l'ingénierie de la fibre optique ;
- ✓ De se familiariser avec la technologie GPON ;
- ✓ De consolider nos connaissances en ce qui concerne la fibre optique.

Ainsi, la fibre optique est la principale technologie de télécommunication et a permis d'améliorer drastiquement ce domaine. Non seulement en termes de quantité d'informations transmises mais également en qualité. Nous nous demandons par quels moyens elle permet d'améliorer la transmission d'informations. C'est grâce aux différentes fibres qui au cours des années, offrent des débits de plus en plus élevés tel que nous l'avons vu lors de ces travaux personnels encadrés. Son hégémonie sur le reste des télécommunications est surtout due au

fait qu'elle est responsable de la communication des réseaux mondiaux grâce à ses performances hors normes, une très large bande-passante ou encore une atténuation très faible. Elle offre ainsi, par rapport à l'ADSL une bien meilleure qualité, un débit d'informations plus élevé. C'est pour ces raisons

que la fibre optique a surpassé les fils de cuivre de l'ADSL et se place en tête des télécommunications. De plus, le fait qu'elle possède une grande durée de vie d'environ 20 ans et ne nécessite que très peu d'entretien, accentue d'autant plus cette domination et cette première place de télécommunication au monde.

Il s'agit d'une valeur durable et sûre économiquement parlant, pour les grandes entreprises. Son plus grand défi reste tout de même de s'implanter partout dans le monde et de desservir toute la population.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Ministère de la Communication, des Télécommunications, des Postes et de l'Economie numérique, 2018. [Date de consultation le 18/02/2020]
- [2] Sofrecom, 2018. [Date de consultation le 03/03/2020]
- [3] B. Ciubotaru, G.M. Muntean, *Advanced Network Programming. Principles and Techniques*, Springer-Verlag London, 2013. ISBN 978-1-4471-5292-7. [Date de consultation le 03/03/2020]
- [4] "An introduction to Wi-Fi", Rabbit product manual, Digi International Inc., 2007-2008. ([www.rabbit.com](http://www.rabbit.com)) [Date de dernière consultation le 03/07/2020]
- [5] William Stallings, *Wireless Communications and Networks*, Second Edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2005. ISBN 0-13-191835-4. [Date de consultation le 07/03/2020]
- [6] K. Sharma, N. Dhir, "A study of wireless networks: WLANs, WPANs, WMANs, and WWANs with comparison", *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, vol. 5 (6), pp. 7810-7813, 2014. [Date de consultation le 07/03/2020]
- [7] Jordi Salazar, *Wireless Network*, Czech Technical University of Prague Faculty of electrical engineering, 1st Edition 2017, ISBN 978-80-01-06197-8 [Date de dernière consultation le 10/03/2020]
- [8] La technologie VSAT. [En ligne]. [Date de dernière consultation le /06/2018] <http://mbandongo.unblog.fr/2010/04/01/la-technologie-vsats-2/> [Date dernière de consultation le 03/07/2020]
- [9] P PHOTONICS ENCYCLOPEDIA ... combined with a great BUYER'S GUIDE! [En Ligne]. [https://www.rp-photonics.com/fiber\\_to\\_the\\_home.html](https://www.rp-photonics.com/fiber_to_the_home.html) [Date de dernière consultation le 03/07/2020]
- [10] L. Paraschis, "Chapter 18 - Advancements in Metro Regional and Core Transport Network Architectures for the Next-Generation Internet", *Optics and Photonics*, Academic Press, Boston, 2013, Pages 793-817, ISSN 1557-5837. [Date de consultation le 20/03/2020]
- [11] X. Zhang, C. Qiao, "An effective and comprehensive approach for traffic grooming

and wavelength assignment in SONET/WDM rings”, *Networking, IEEE/ACM Transactions on*, vol.8, no.5, pp.608-617, Oct 2000. [Date de consultation le 20/03/2020] H. Yang, et al., “Metro WDM networks: performance comparison of slotted ring and AWG star networks”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.22, no.8, pp.1460-1473, Oct. 2004. [Date de consultation le 24/03/2020]

[12] M. Maier, et al., “PROTECTORATION: a fast and efficient multiple-failure recovery technique for resilient packet ring using dark fiber”, *Journal of Lightwave Technology*, vol.23, no.10, pp.2816-2838, Oct. 2005. [Date de consultation le 29/03/2020]

[13] Max Fréjus O. SANYA, “Déploiement de réseaux optiques d’accès NGPON dans les métropoles de pays en développement : proposition de nouvelles techniques d’implémentation de l’OFDM”, Université de Limoges, pp.38, Oct. 2015. [Date de consultation le 05/04/2020]

[14] Sonatel, 2016 [Date de consultation le 07/12/2020]

[15] Définition de la gaine technique d’un immeuble. [En ligne].

<http://pp-joomla.promotelec.com/particuliers/lexique/52-definition-gaine-technique-logement-gtl.html> [Date de dernière consultation le 03/08/2020]

[16] CREDO, Technologies et Composants du réseau d’accès, 2017 [Date de consultation le 14/05/2020]

[17] THUNDER LINK, Puissance d’émission du port OLT. [En ligne].

[https://www.thunder-link.com/GPHF\\_p931.html](https://www.thunder-link.com/GPHF_p931.html) [Date de dernière consultation le 09/07/2020]

[18] THUNDER LINK, Puissance d’émission du port OLT. [En ligne].

[https://www.thunder-link.com/GPHF\\_p931.html](https://www.thunder-link.com/GPHF_p931.html) [Date de dernière consultation le 03/07/2019]

*Annexes1 : Quelques éléments de déploiement*



*Annexe 1. 1: tête Optique*

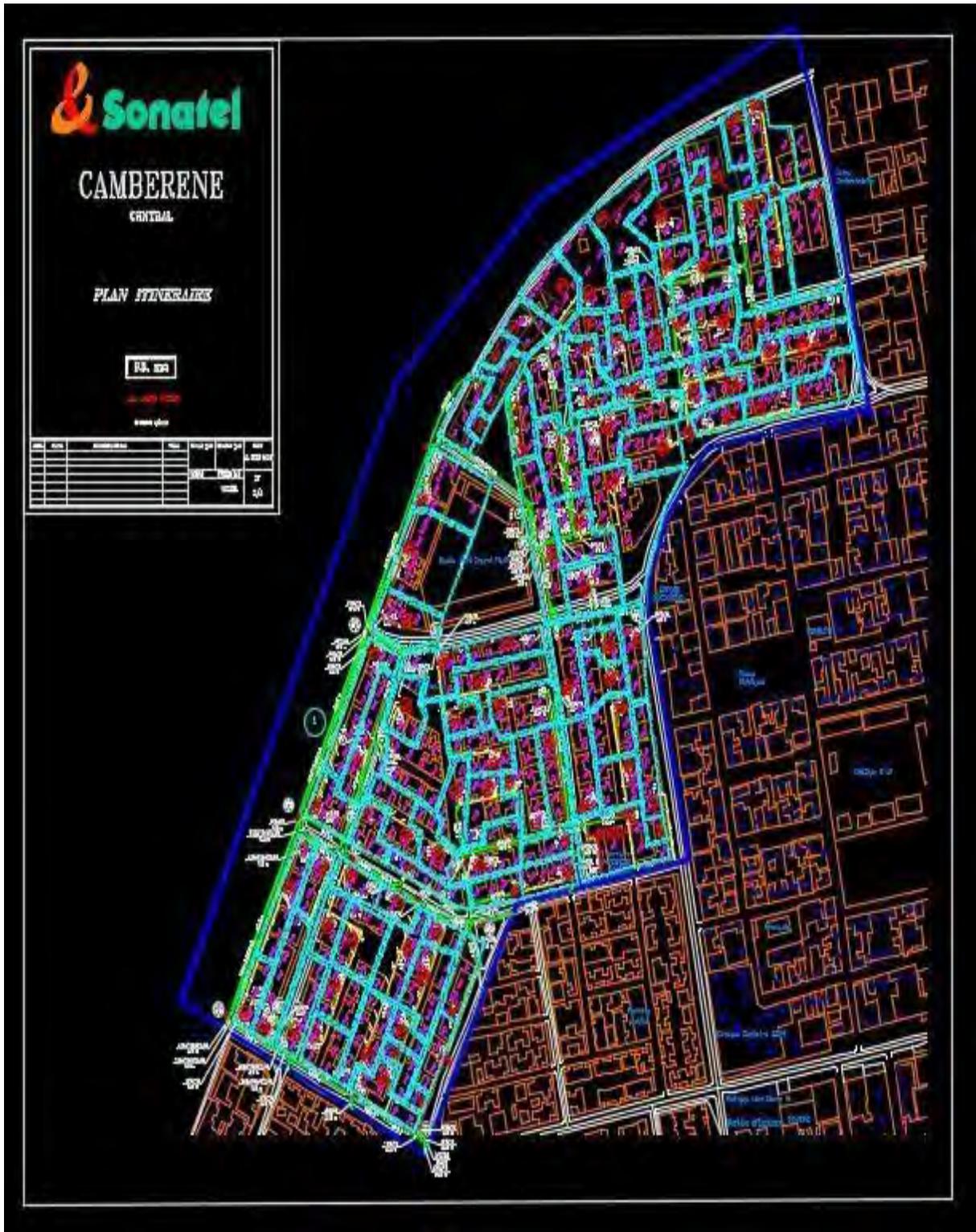


*Annexe 1.2: Kit Optique*



*Annexe 1.3: Chambre optique*

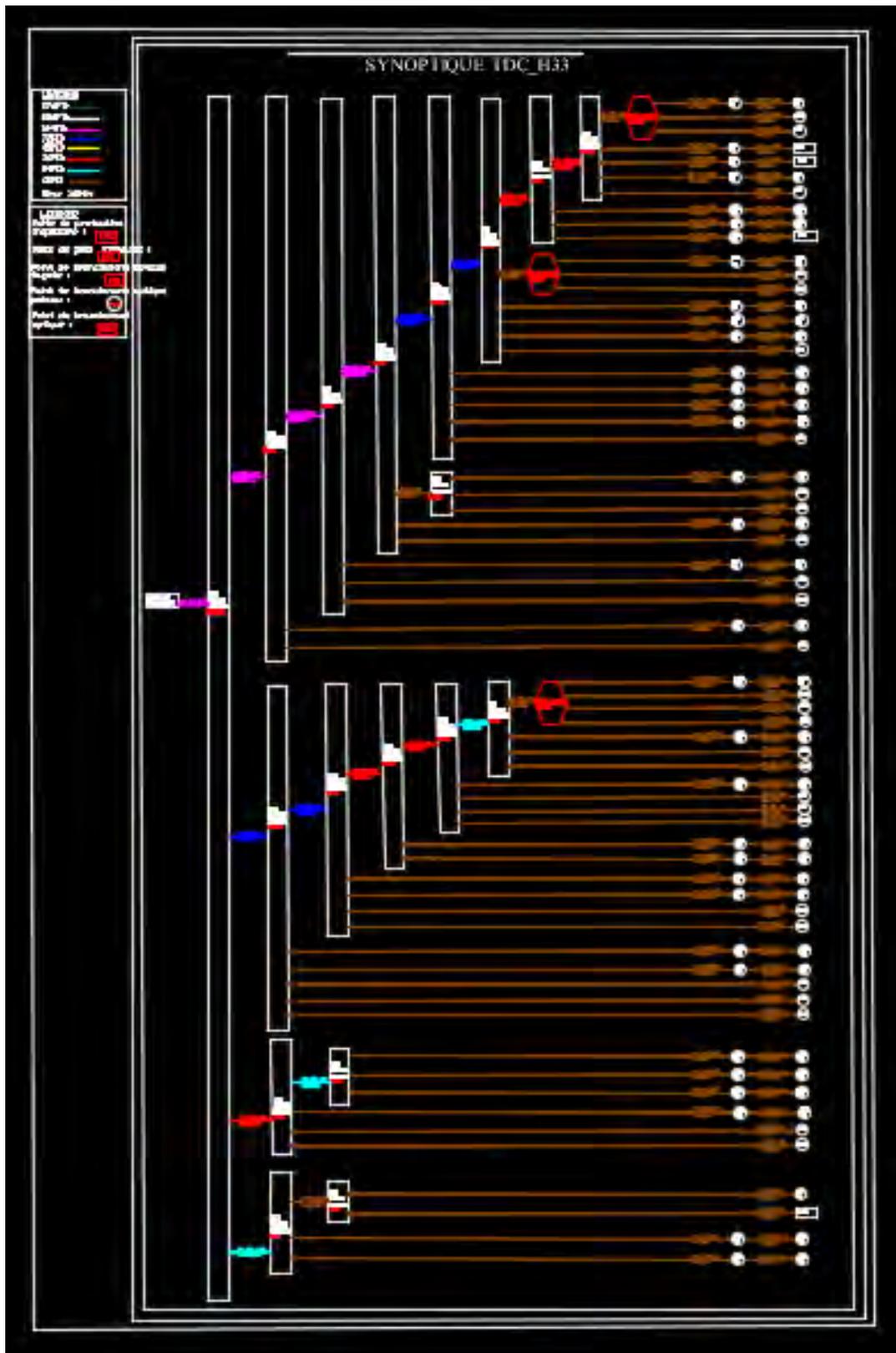
Annexes2 : Quelques captures des plans



Annexe 2.1: Plan d'itinéraire de la plaque H33



Annexe 2. 2: Plan Schématique de la plaque H33



Annexe 2.3: Plan de synoptique de la plaque H33

- *EXEMPLES D'UTILISATION DU HAUT DEBIT*

- ❑ Des formats audiovisuels comme la haute définition (HD), la ultra-haute définition (UHD), et la stéréoscopie (3D) proposant des qualités d'image sans cesse améliorée permettront au téléspectateur des expériences audiovisuelles de plus en plus riches. Si actuellement certains de ces formats peuvent être proposés en haut débit, le haut débit devrait apporter à moyen terme l'accès à du contenu et à des services de communication avec support vidéo d'une qualité d'image nettement supérieure à ce qui est possible en haut débit. !
- ❑ Les services audiovisuels en accès direct, ou services « over-the-top », permettant d'avoir accès à du contenu audiovisuel sur son téléviseur grâce à sa connexion Internet, donneront accès au consommateur à un très large éventail de contenus, avec une diversité accrue et de nouveaux modes de tarification. Le haut débit pourra stimuler le développement de ces services, dans la mesure où il permet une très bonne qualité de service en utilisant les formats d'image de type Haute Définition, 3D ou UHD décrits ci-dessus.
- ❑ Les usages simultanés par une seule personne ou par des personnes différentes, stimulés par la multiplication des équipements informatiques domestiques, seront facilités grâce au haut débit qui, grâce à sa bande passante importante ne dégradera pas les usages parallèles (en comparaison du haut débit).
- ❑ La vidéoconférence résidentielle permettra de populariser l'utilisation fréquente de la vidéo au détriment de la communication purement audio. Elle pourra également faciliter le partage d'un événement (par exemple, un événement sportif) entre plusieurs utilisateurs. Le haut débit avec un confort d'utilisation et une grande qualité d'image (par rapport au haut débit) permettra de rendre l'expérience utilisateur beaucoup plus fluide.
- ❑ La télémédecine, dans un contexte de population vieillissante, pourra contribuer à une optimisation des soins au domicile des patients ou dans des zones où la ressource médicale s'avère insuffisante. Le haut débit permettra de fournir les conditions favorables au développement de ces services (incluant une utilisation des services vidéo comme substitut à un déplacement du personnel médical).
- ❑ L'informatique distribuée, s'inscrit dans la tendance récente d'hébergement des applications et des ressources informatiques sur le réseau ou dans le nuage (« cloud computing »), et apporte des services moins chers, plus fiables et plus

évolutifs que les services existant actuellement. Ces services « tout-réseau » nécessitent une connectivité réseau d'excellente qualité, et bénéficient donc largement du passage au haut débit.

- ☐ Le télétravail, présente de nombreux avantages tels que l'amélioration des conditions de travail des salariés et une meilleure conciliation entre vie personnelle et vie professionnelle. Le développement d'infrastructures haut débit favorisera le développement du télétravail dans la mesure où ces infrastructures permettent la montée en puissance de l'informatiquedistribuée, de la vidéoconférence et des usages simultanés. D'autre part, liée au télétravail, la téléformation ou formation à distance pourra également bénéficier du passage au haut débit. Les professionnels de la formation continue, déjà consommateurs et prescripteurs d'enseignement à distance, pourront bénéficier de véritables classes virtuelles grâce à l'interactivité associée à l'image et au son en temps réel.
- ☐ Les nouveaux jeux en ligne, basés sur des fonctionnalités multi-joueurs ou fonctionnant avec un moteur de calcul hébergé dans le réseau, apportent une expérience de jeu sans besoin de matériels spécifiques. Le haut débit apporte alors un confort inédit dans l'utilisation de ces jeux.
- ☐ La domotique permettant le contrôle et l'interaction centralisée et éventuellement à distance avec l'environnement domestique, notamment grâce à la mise en réseau des différents appareils électriques de la maison, bénéficiera de la fiabilité et de la capacité à gérer la simultanéité d'usage des réseaux haut débit.

La technologie utilisée par la SONATEL pour raccorder ses clients est l'ADSL (Ligne Abonné Numérique Asymétrique). Néanmoins celle-ci présente de nombreuses limites : une bande passante inférieure à 20 Mbps, un débit asymétrique et altérée par la distance. Suite au développement des contenus digitaux, l'émergence de nouveaux services et objets connectés, cette technologie n'est plus la solution adéquate pour desservir ses clients. Ainsi la SONATEL a décidé de mettre en œuvre un réseau de desserte en fibre optique avec la technologie GPON (Réseau Optique Passif en Gigabit) offrant une bande passante confortable et évolutive. Les Nœuds de Raccordement Optique (NRO) de GRAND DAKAR, YOFF, HANN, ont une partie fibrée depuis la deuxième phase. C'est aussi le cas de FASS, GUEULE TAPEE, CAMBERENE, HLM GRAND MEDINE qui sont tous programmés dans la troisième phase 2019. C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent projet intitulé « Étude et conception d'un réseau FTTH GPON et mise en place des services internet et VoIP ». Ainsi, une démarche a été suivie en commençant par le dimensionnement du réseau, découpé en trois sous-réseaux : le réseau de branchement, le réseau de distribution et le réseau de transport avec comme exemple précis le cas de Hlm grand medine. L'étape suivante est la conception qui du réseaux FTTH avec avec le mis en place services internet VoIP et TV.

The technology used by SONATEL to connect its customers is the ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line). However, this one has many limitations: a bandwidth of less than 20 Mbps, an asymmetrical flow and altered by distance. As digital content develops, new services and connected objects emerge, this technology is no longer the right solution to serve its customers. For example, SONATEL has decided to implement a fibre-optic service network with GPON (Gigabit Passive Optical Network) technology offering comfortable and scalable bandwidth. The Optical Connection Nodes (NROs) of GRAND DAKAR, YOFF, HANN, have had a fibrous part since the second phase. This is also the case of FASS, GUEULE TAPEE, CAMBERENE, HLM GRAND MEDINE which are all programmed in the third phase 2019. It is within this framework that this project, entitled "Study and design of a FTTH GPON network and implementation of the network VoIP and TV". Thus, an approach was followed starting with the sizing of the network, divided into three sub-networks: the connection network, the distribution network and the transport network with the case of Hlm large medine as a precise example. The next step is the design that of the FTTH waters with the set up Internet services VoIP and TV.