

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 rappeler 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 (± 50) nm			1550 (± 10) nm		
Perte d'insertion (Min / Max) (dB)	≥ 3 ≤ 3.5	≥ 5.4 ≤ 7.6	≥ 8.1 ≤ 10.9	≥ 10.8 ≤ 14.5	≥ 13.1 ≤ 18.1	≤ 20.4
Uniformité Max (dB)	≤ 0.6	≤ 0.6	≤ 0.8	≤ 1.2	≤ 1.7	≤ 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'Epissure s 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 préconnectorisés et chaque module a douze (12) port.

TABLEAU 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 x 1 modules 4 coupleurs 2x2 préconnectorisés 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.

TABLEAU 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 équerre appuis commun béton (5/39)	30	0.88	26.4	TELENCO
Semelle équerre appuis commun béton renforcée (5/39 R)	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

Equipement s	Quantité	Prix Unitai re (€)	Prix Tota l (€)	Fournisseur	Prix Unitair e (€)	Prix Tota l (€)	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

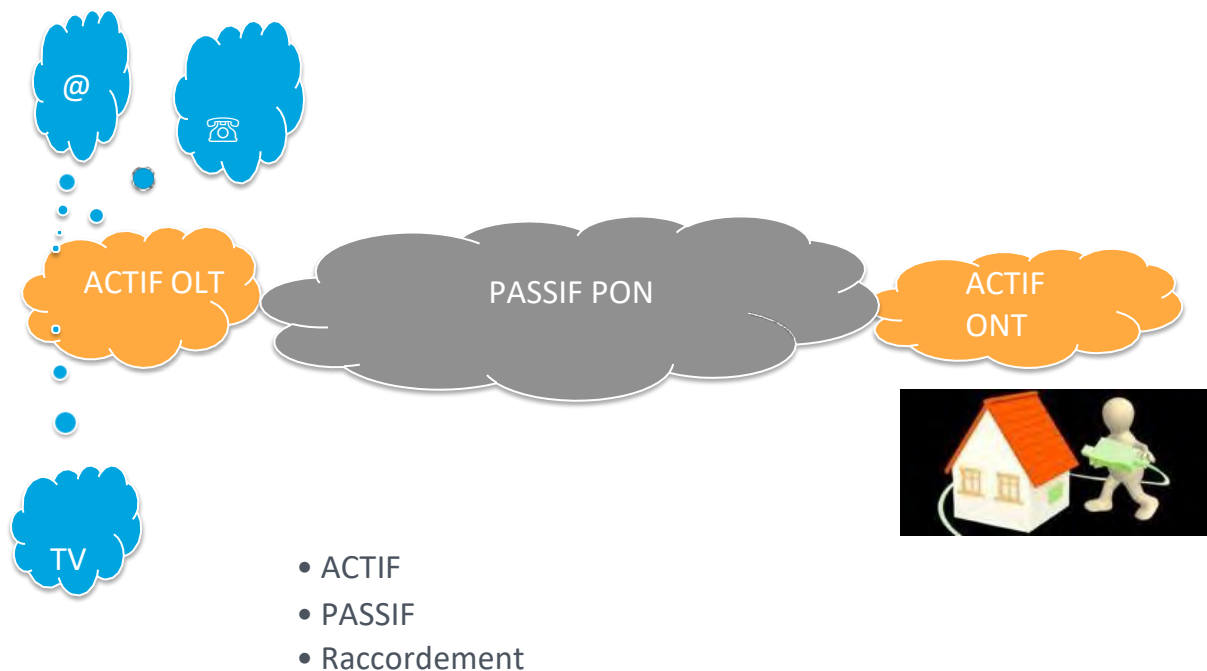
Ce chapitre a permis de faire le choix des équipements, suivi du bilan de puissance, des fournisseurs en fonction des prix proposés et des normes proposées ainsi que l'évaluation financière du nouveau réseau. Après l'estimation financière du nouveau réseau, SONATEL doit investir cent quarante millions 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

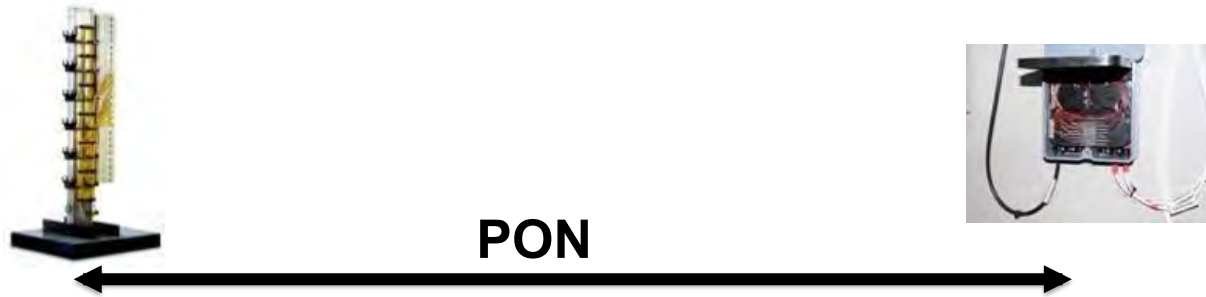
IV.1 Recette FTTH

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 visuelle 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 ($< 28\text{dBm}$)

- 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

