

MINISTÈRE DES TECHNOLOGIES
DE L'INFORMATION ET DES COMMUNICATIONS



Centre D'Etudes et de Recherche
des Télécommunications

CAHIER
DES CLAUSES
TECHNIQUES GÉNÉRALES

RELATIF AUX
TRAVAUX D'ETUDES

RESEAUX D'ACCES
A TRES HAUT DEBIT

TECHNOLOGIE **R.T.T.H**

Sommaire

1	Introduction.....	4
2	Architecture du réseau	5
3	Méthodologie	6
3.1	Etude de l'existant et définition des besoins :.....	7
3.2	Etude du réseau de desserte en fibre optique	8
3.3	Evaluation du projet.....	8
4	Collecte des données et zonage	8
4.1	Données et documents nécessaire au démarrage de l'étude	8
4.2	Pointage et équivalent de zone	9
4.2.1	Identification des paramètres de la zone :.....	9
4.2.2	Calcul de l'équivalent de zone.....	9
4.3	Découpage et emplacement des Nœuds	10
5	Dimensionnement des infrastructures optiques.....	12
5.1	Dimensionnement des nœuds.....	12
5.1.1	Prise Terminale Optique (PTO).....	12
5.1.2	Point de branchement (PDB).....	12
5.1.3	Point d'éclatement du câble (PEC)	13
5.1.4	Sous répartiteur optique (SRO)	13
5.1.5	Sous répartiteur optique d'immeuble (SRI)	15
5.1.6	Boitier Pied de l'Immeuble (BPI).....	15
5.1.7	Nœud raccordement optique (NRO)	15
5.2	Dimensionnement des câbles fibre optique.....	17
5.2.1	Capacités des câbles	17
5.2.2	Taux de couplage.....	18
5.2.3	Contraintes technologiques	19
6	Ingénierie des infrastructures génie civil	21
6.1	Dimensionnement des conduites	21
6.1.1	Correspondances Fourreau/Câble FO.....	22
6.1.2	Configurations des micro-tubes pré-assemblés	22
6.1.3	Configuration du sous tubage	23
6.1.4	Réservation des fourreaux	23
6.2	Dimensionnement des chambres	24
7	Point de mutualisation.....	25
8	Documentation.....	25
9	Validation de l'étude.....	26

Référence : Projet FO MTIC-CCTG4 ETU- 31122013-V1.2

Date de dernière mise à jour : #vendredi 10 mai 2013#

Indice de révision du document : 1.2

Statut de traitement :

Objet : Cahier des clauses techniques générales relatif aux travaux d'études FTTH

En travail

En Examen

Terminé

Revue et historique :

Version	date	Etat / Modifications
1.0	04-11-2012	Elaboration du cahier des charges relatif à la partie étude FTTH
1.1	06-01-2013	Remise en conformité du cahier des charges relatif à la partie étude FTTH
1.2	08-05-2013	Mise à jour du cahier des charges relatif à la partie étude FTTH
1.4		
1.5		

Lu et validé par

Hatem Guesmi : Directeur du projet (Directeur, Ing. général)	hatem.guesmi@cert.mincom.tn	98 447 784
--	-----------------------------	------------

Equipe intervenante

Moncef Mejri : Coordination et communication (S/D, Ing en Chef)	moncef.mejri@cert.mincom.tn	98 370 660
Moez Ayari : Suivi et réception des projets (S/D, Ing en Chef)	moez.ayari@cert.mincom.tn	98 652 243
Adel Hlilou : Approbation des études (S/D, Ing en Chef)	Adel.hlilou@cert.mincom.tn	98 647 212

Destinataires

Objet

Ministère des Technologies de l'information et de la communication	Approbation et Diffusion
--	--------------------------

Table des figures

Figure 1 : Architecture polyvalente.....	5
Figure 2 : Méthodologie de l'étude FTTH.....	7
Figure 3 : Exemple de découpage de zone	11
Figure 4 : Exemple de sous répartiteur optique	14
Figure 5 : Module optique d'accès.....	14
Figure 6 : Exemple de plan NRO de 10000 lignes PtP (48m2, Source : Axione)	16
Figure 7 : Exemple de schelter de 12 m2 pour NRO	16
Figure 8 : Architecture du réseau FTTH.....	17
Figure 9 : Architectures PtP et PmP	19
Figure 10 : Distance en fonction du taux de couplage.....	20
Figure 11 : Exemples d'utilisation des conduites et des micro-conduites	21
Figure 12 : Micro-tubes pré assemblés	23
Figure 13 : Exemple de chambre avec protection d'épissure	24
Figure 14 : Les points de mutualisation	25

Table des Tableaux

Tableau 1 : Equivalent par catégorie d'abonné.....	10
Tableau 2 : Taille de PBO.....	12
Tableau 3 : Type de protection d'épissures.....	13
Tableau 4 : Dimensionnement des réservations	13
Tableau 5 : Dimensionnement des SRO	14
Tableau 6 : Taille des NRO.....	15
Tableau 7 : Contenances des câbles FO	18
Tableau 8 : Taux de couplage	18
Tableau 9 : Référentiel pour l'ingénierie des réseau FTTH.....	21
Tableau 10 : Dimensionnement des fourreaux pour les câbles à structure libre.....	22
Tableau 11 : Dimensionnement des tubes pour les micro-câbles	22
Tableau 12 : Les configurations du sous-tubage.....	23
Tableau 13 : Réservation en fourreaux	23
Tableau 14 : Dimensionnement des chambres	24

1 Introduction

La demande croissante en débit et en nouveaux services d'une part et la volonté de réduire les coûts d'exploitation des réseaux et les dépenses d'investissement en infrastructure de télécommunications d'autre part, impose une restructuration ainsi qu'une modernisation des réseaux d'accès vers le concept NGAN (Next Generation Access Network). Entre la technologie actuelle et la technologie future réside une évolution énorme des débits.

En tenant compte des normes et des règles de planification des réseaux définies par l'UIT, ce document présente les principaux éléments de cadrage à considérer dans l'élaboration des études des réseaux d'accès très haut débit (THD) à base de fibres optiques.

Sur la base du principe que la zone (lotissement ou immeuble) objet de l'étude soit couverte à 100 % en FTTH à terme, le concepteur du réseau définit le schéma technique optimum pour atteindre cet objectif.

La réalisation des dessertes FTTH demande un investissement très important ce qui nécessite préalablement la réalisation d'études permettant de valider la viabilité technico-économique du projet et de définir de manière plus adéquate les stratégies des actions envisageables.

Les règles d'ingénierie présentées dans la suite de ce document permettront d'assurer la neutralité technologique des réseaux d'accès FTTH, ce qui permettra aux opérateurs ayant opté pour des technologies point à multipoints ou point à point d'utiliser ces infrastructures.

Les chapitres traités dans ce guide se présentent comme suit :

- « **Architecture du réseau** », présente l'architecture qui sera adoptée pour le déploiement des réseaux d'accès en fibre optique FTTH.
- « **Méthodologie de l'étude** », ayant pour objet de décrire la méthodologie adoptée et de définir les différentes étapes de l'étude d'un réseau d'accès FTTH.
- « **Collecte des données et zonage** », permet de présenter les outils utilisés lors de la collecte des données et les résultats attendus.
- « **Ingénierie des infrastructures optiques** » permet de présenter les règles à appliquer lors du dimensionnement du réseau de desserte en fibre optique et dans la définition des points de mutualisation.
- « **Ingénierie des infrastructures génie civil** » présente une synthèse des règles d'ingénierie pour l'étude des infrastructures génie civil nécessaires pour le déploiement des infrastructures optiques FTTH.
- « **Documentation** » permet de présenter la documentation à fournir par le bureau d'étude.

2 Architecture du réseau

L'architecture adoptée pour la desservir les nouvelles zones FTTH est donnée par le schéma ci-dessous :

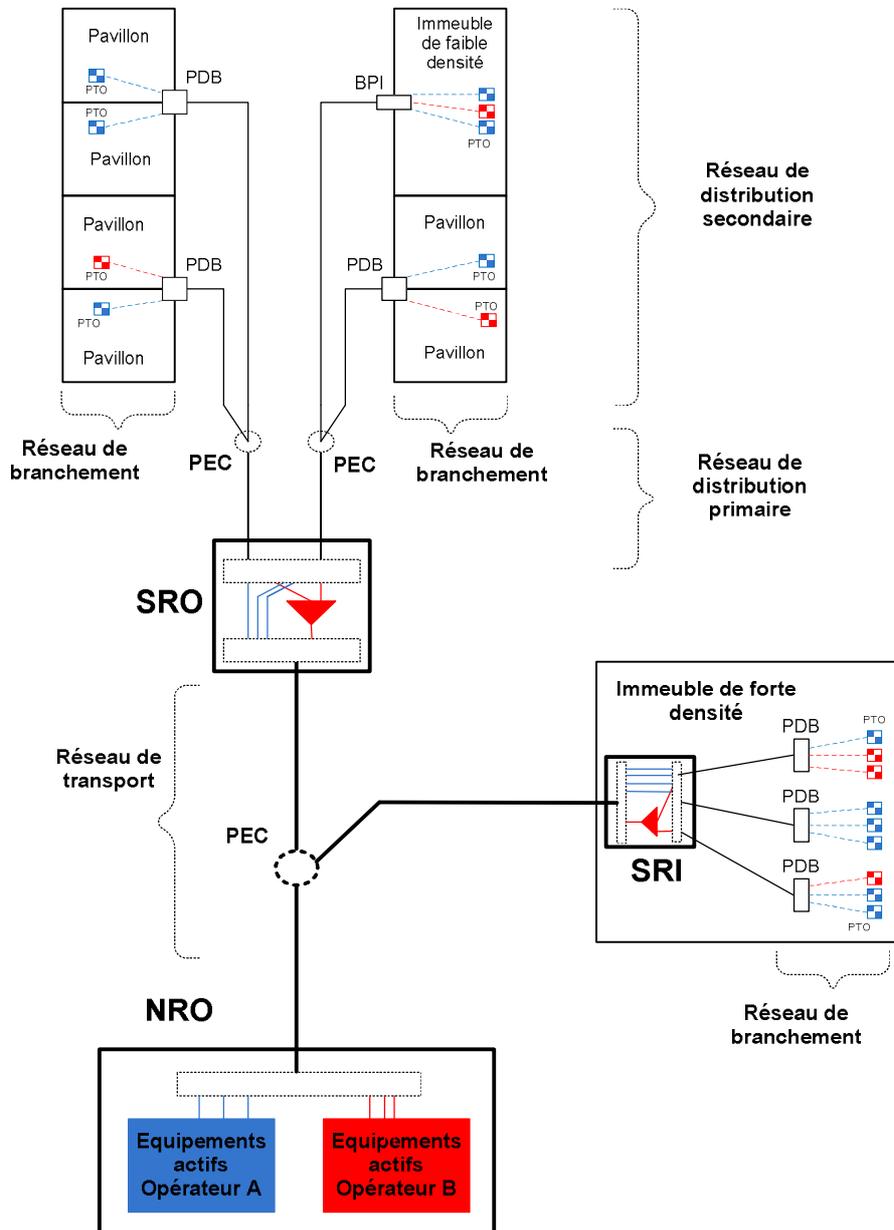


Figure 1 : Architecture polyvalente

NRO : Nœud Raccordement Optique
SRO : Sous Répartiteur Optique
SRI : Sous Répartiteur optique d'Immeuble
PEC : Point d'Eclatement du Câble
PDB : Point De Branchement
BPI : Boitier Pied de l'immeuble
PTO : Prise Terminale Optique

Cette architecture est polyvalente et elle est technologiquement neutre. La topologie fibre optique passive proposée par cette architecture est compatible avec les solutions Point à Point (PtP) et Point à multipoint (PmP), ce qui permettra une meilleure mise en concurrence technologique et commerciale au niveau du marché des TIC en Tunisie.

Cette solution consiste à déployer des câbles en fibres optiques entre le sous répartiteur optique (SRO ou SRI) et les abonnés avec un dimensionnement de type point à point.

L'introduction de ce point intermédiaire permet aux opérateurs souhaitant utiliser les technologies point à point une meilleure flexibilité dans la gestion et l'exploitation de leurs infrastructures FTTH. Pour les opérateurs qui ont opté pour les technologies point à multipoint (ex : GPON) ce point de flexibilité permettra d'installer les coupleurs PON et de n'avoir besoin que d'une seule fibre par coupleur pour remonter le trafic à l'NRO.

Ainsi, le dimensionnement des réseaux fibres installés entre le NRO et le point de flexibilité pourra être optimisé par rapport à celui d'une architecture point à point classique. Cette architecture polyvalente offre sur la partie transport, une consommation optimale des fourreaux et des fibres.

Ces points de flexibilités (SRO) seront implantés soit dans des armoires de rue, soit dans des locaux spécifiques de petite taille (ex : local technique d'immeuble).

3 Méthodologie

La mission d'étude d'un réseau d'accès FTTH démarrera par l'étude de la documentation technique de l'état des réseaux existants et l'analyse des besoins en termes de services et d'infrastructures TIC. Un site survey de la zone à étudier est indispensable afin de collecter les informations nécessaires et d'estimer les besoins à moyen et à long terme en services de télécommunications.

Par la suite, les experts du Bureau d'étude proposeront la meilleure solution technique afin de répondre à ces besoins tout en optimisant les investissements. Cette mission comporte généralement les tâches suivantes :

- Définition des classes d'abonnés et estimation des besoins en termes de services télécommunications bande étroite et large bande ;
- Définition des zones de desserte ;
- Etude comparative des scénarii d'architectures du réseau d'accès optique à mettre en place ;
- Analyse liée aux aspects redondance et aux mécanismes de sécurisation ;
- Choix de la meilleure solution technique ; ;
- Dimensionnement des différentes composantes des infrastructures génie civil et fibre optique de la solution retenue ;

- Définition des caractéristiques techniques des composantes de l'infrastructure à mettre en place ;
- Elaboration de la documentation technique (génie civil, desserte en fibre optique, etc.)
- Estimation du coût de la solution retenue (CAPEX).

Pour assurer ces prestations, le Bureau d'étude doit disposer d'experts certifiés sur les technologies FTTx. L'approche méthodologique retenue pour l'ingénierie des réseaux d'accès FTTH est récapitulée dans le diagramme ci-dessous :

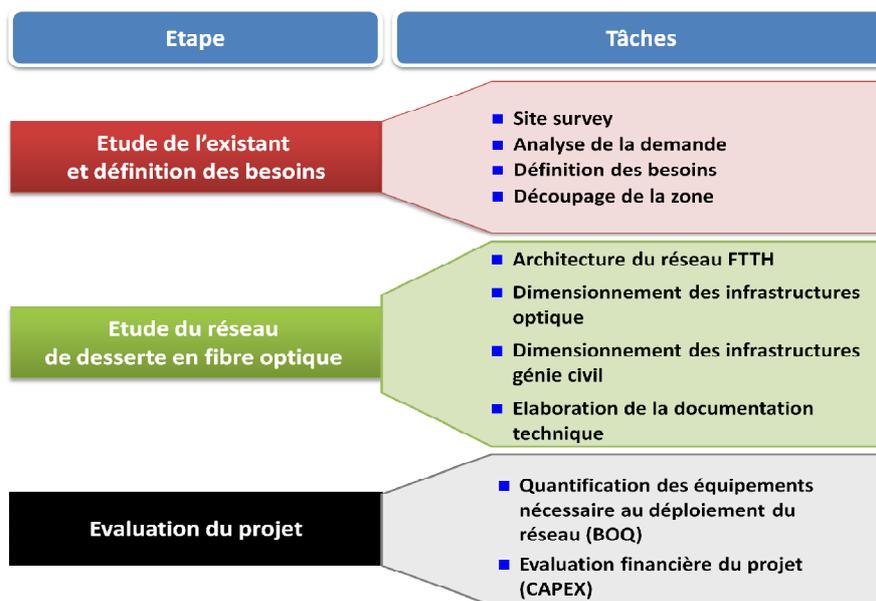


Figure 2 : Méthodologie de l'étude FTTH

3.1 Etude de l'existant et définition des besoins :

Cette étude consiste dans un premier temps à réaliser la collecte des données administratives et techniques de la zone objet de l'étude, elle concerne notamment :

- Plan de situation de la zone
- Plan de lotissement
- Plans architecturaux
- Type et nombre d'habitats (Urbain, Suburbain, ou Rural)
- Type de zone (Pavillonnaire, Collectif ou Mixte)
- Densité de la population
- Modes de pose envisagés
- Etc.

La deuxième étape de phase de l'« étude de l'existant et définition des besoins » consiste à réaliser le pointage sur plan des besoins et d'effectuer en cas de besoin des relevés sur terrain de la nature de l'habitat, des infrastructures existantes et de toute autre donnée permettant de mieux définir les besoins de la zone objet de l'étude.

3.2 Etude du réseau de desserte en fibre optique

Pour chaque zone à desservir en FTTH, cette étape de l'étude permettra de définir :

- l'architecture du réseau de desserte FTTH ;
- la localisation des nœuds (NRO, SRO, SRI, etc.) ;
- la définition des points de mutualisation ;
- les modes de pose (sous-terrain, sur façade, en aérien) ;
- la conception et le dimensionnement des nœuds et des câbles optiques ;
- la conception et le dimensionnement des infrastructures génie civil.
- l'Elaboration de la documentation technique

3.3 Evaluation du projet

A partir des résultats des étapes précédentes et des coûts unitaires des équipements et de la main d'œuvre sur le marché Tunisien, le Bureau d'étude établira une estimation du coût de réalisation du réseau d'accès à mettre en place. Le bureau d'étude proposera aussi des indicateurs pour mesurer la rentabilité du déploiement de la fibre au niveau de la zone objet de l'étude (ex : coût moyen de raccordement d'un logement en fibre optique).

4 Collecte des données et zonage

4.1 Données et documents nécessaire au démarrage de l'étude

Préalablement au démarrage d'une étude de la desserte d'une zone en FTTH, il est indispensable de rassembler un certain nombre de documents et d'éléments d'informations qui permettront d'avoir une idée précise sur la situation des réseaux existants et de l'évolution des besoins futurs. Ces documents sont comme suit :

- les fonds de plans de la zone à étudier ;
- les limites de la zone à étudier
- les types de bâtiments projetés (immeuble et parcelle à usage d'habitation, zone d'activités économiques, zone industrielle, etc.),
- les plans du réseau existant avec les éventuelles mises à jour,
- l'emplacement des nœuds existants,
- les limites des zones d'action des nœuds existants.

En cas de la non disponibilité des informations relatives aux réseaux existants au niveau de la zone à étudier, le bureau d'étude est tenu de procéder à une enquête auprès des services compétents des opérateurs de télécommunications pour collecter toutes les informations nécessaires à la conduite de l'étude de la zone.

4.2 Pointage et équivalent de zone

Cette étape est primordiale dans le processus de planification du réseau d'accès THD à base de fibres optiques, elle 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.

4.2.1 Identification des paramètres de la zone :

Le point de départ pour le bureau d'études est la délimitation de la zone à desservir. Une fois cette zone a été identifiée, il est indispensable d'indiquer sur les fonds des plans de la zone à étudier les paramètres suivants :

- Catégorie socio-économique des abonnés : identification et classification des habitants suivant leurs activités ;
- Morphologie du terrain : détermination et indication de la nature du terrain (rocheux, argileux...);
- Densité des habitants et leur concentration.

Ce travail doit être synthétisé au niveau du rapport d'étude en indiquant les éléments de l'urbanisation future relatives à la vocation des la zone :

- nombre pour chaque classe de logement,
- nombre et importance des entreprises,
- établissements à caractère collectif (hôpitaux, etc.)
- etc.

4.2.2 Calcul de l'équivalent de zone

L'équivalent de zone permet de définir les besoins à long terme des clients situés dans cette zone à desservir en FTTH. Ce paramètre de prévision de la demande peut être relatif à :

- une zone de desserte d'un NRO,
- une zone de distribution d'un SRO,
- une zone d'influence d'un ou plusieurs PBO,
- etc.

La méthode proposée pour le calcul de l'équivalent d'une zone à desservir en FTTH repose sur les résultats de l'étape de pointage. L'équivalent de la zone est donné par la formule suivante :

$$\text{Equivalent de zone} = \sum_{\text{logement}} \text{Equivalent logement} + \sum_{\text{professionnel}} \text{Equivalent professionnel}$$

Cet équivalent est calculé sur la base des équivalents affectés aux différentes catégories d'abonné. Les équivalents à affecter pour chaque catégorie d'utilisateurs sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Catégorie des clients		Classe/Niveau		Equivalent par abonné	
Logement	Habitation Isolé	HI-0	Rez de chaussée	2	
		HI-1	R + 1	3	
		HI-2	R+ 2	4	
	Habitation Jumelé	HJ-0	Rez de chaussée	2	
		HJ-1	R + 1	3	
		HJ-2	R+ 2	4	
	Habitation Collectif		HC		2
	Habitation Semi Collectif		HSC		2
	Professionnel	Administration	A1		3
A2			2		
Commercial		C1		3	
		C2		2	
Industriel		I1		3	
		I2		2	

Tableau 1 : Equivalent par catégorie d'abonné

Pour les clients professionnels, le concepteur du réseau attribuera l'équivalent en fonction de l'importance du site. A titre d'exemple pour le cas d'une administration : Pour un Bureau de poste local un équivalent de 2 est suffisant tandis que pour le siège d'un ministère il faut un équivalent de 3.

4.3 Découpage et emplacement des Nœuds

Le découpage géographique de la zone à desservir en fibres optiques est effectué sur la base des prévisions en demande et en tenant compte des caractères socio-économiques de la zone.

Sur la base du potentiel de la zone déterminé par l'opération de pointage, l'opération de découpage sera effectuée par le concepteur du réseau afin d'assurer un meilleur compromis technico-économique permettant un réseau FTTH mieux dimensionné avec un coût optimal.

Afin de permettre une distribution cohérente, des zones de raccordement en îlots d'utilisateurs (zone de desserte d'un NRO, zone de distribution d'un SRO, zone d'influence d'un PBO, etc.) seront définies en fonction de la densité des utilisateurs et des capacités des nœuds à installer.

Ces zones seront desservies par les réseaux de distribution optique dont la capacité en fibres optiques sera dimensionnée en fonction du nombre de logements et de professionnels à raccorder.

Pour chaque découpage envisageable, il faut définir la zone de distribution du sous-répartiteur optique ou du sous-répartiteur optique d'immeuble et choisir l'emplacement approprié pour chaque nœud à installer. D'une manière générale, la zone de distribution est dimensionnée pour satisfaire la condition suivante :

$$1,2 < \frac{\text{Capacité en distribution du SRO ou SRI}}{\text{Equivalent de zone}} < 1,4$$

Cette condition traduit des fibres de réserves au niveau du réseau de distribution pour répondre aux futures extensions (interconnexion des Node B, collecte des réseaux 3G/4G, etc.) et aux exigences des travaux de maintenance. Cette condition permettra une meilleure flexibilité lors de la phase de conception du réseau de distribution en fibre optique. Le découpage et le choix de l'emplacement du SRO doivent être effectués en respectant aussi les règles suivantes :

- Les zones de distribution des sous-répartitions doivent être dimensionnées d'une manière à ce qu'ils englobent un nombre entier d'entités géographiques.
- Les contours des zones de distribution des SRO doivent respecter les obstacles naturels ou artificiels (rivières, voies ferrés,...).
- La zone de distribution d'un SRO doit tenir compte des frontières administratives (ex : limites de Municipalités).
- Choisir un emplacement adéquat du nœud permettant d'abriter l'armoire et ses accessoires,
- Le nœud d'accès doit être au centre de gravité des densités des abonnés de manière à réduire la longueur moyenne des lignes de distribution,
- Le nœud d'accès doit être loin des dangers de la circulation et de l'inondation des eaux

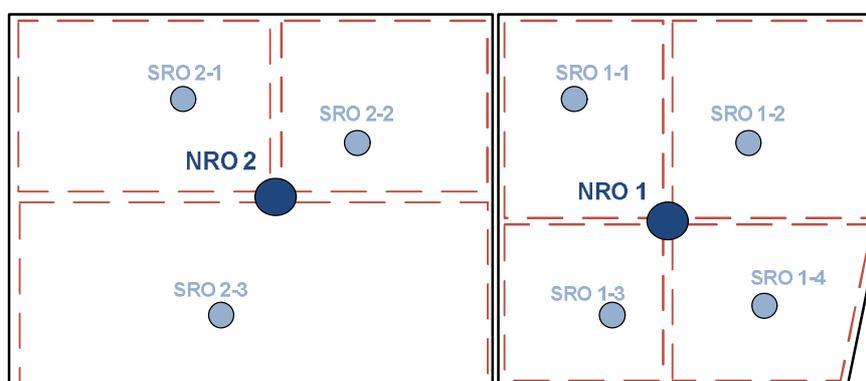


Figure 3 : Exemple de découpage de zone

5 Dimensionnement des infrastructures optiques

Le déploiement d'une boucle locale en câbles en fibre optique est structuré autour de plusieurs nœuds et répartiteurs, dans ce qui suit on présente les principales règles d'ingénieries à appliquer lors du dimensionnement des réseaux d'accès FTTH.

Le dimensionnement des réseaux en fibre optique comprend le dimensionnement des différents nœuds (NRO, SRO, PBO, etc.) et des liaisons de transport et de distribution entre ces nœuds.

L'identification des catégories d'utilisateurs et le calcul des équivalents qui lui seront affectés permettront de définir la capacité des câbles en termes de nombre de fibre optique et la taille des nœuds à implanter pour couvrir toute la zone en services THD.

5.1 Dimensionnement des nœuds

Conformément à l'architecture réseau défini précédemment cette partie du guide présente les meilleures pratiques en matière de dimensionnement des équipements passifs pour assurer une desserte en fibre optique de type FTTH.

5.1.1 Prise Terminale Optique (PTO)

La Prise Terminale Optique PTO relie l'abonné au point de branchement (BDP ou BPI) par un câble de branchement mono-fibre ou bi-fibre en fonction de la catégorie de l'abonné à desservir.

5.1.2 Point de branchement (PDB)

Le PDB est un coffret avec un câble multi-fibre en entrée permettant le piquage d'une ou plusieurs vers le client.

Le Point de branchement ou boîtier d'étage est un équipement sur lequel sont raccordés les câbles en fibre optique venant des sous répartiteurs optique. Dans le cas d'un habitat individuel, le Point de Branchement est implanté sur la voie publique dans une niche ou une chambre ou sur façade lorsque le réseau de distribution est réalisé en aérien. Pour le cas des immeubles collectifs le point de branchement est situé dans les étages.

Type de zone	Taille en FO
Zone urbaine très dense	12 et 24
Zone urbaine	4, 6 et 8
Zone rurale	2 et 4
Zone économique	4, 6 et 8

Tableau 2 : Taille de PBO

5.1.3 Point d'éclatement du câble (PEC)

Le PEC a pour rôle d'optimiser et d'apporter de la flexibilité au réseau FTTH. Il est placé dans une chambre et il permet d'éclater un ou plusieurs câble pour desservir soit plusieurs sous répartiteurs ou bien des points de branchement sans couplage. Le PEC joue aussi le rôle d'un point d'interface entre la distribution de niveau 1 et la distribution de niveau 2.

Les types des protections d'épissures optiques utilisées pour les points d'éclatement de câble dans les réseaux FTTH sont comme suit :

Type de boîtier	Type de câble	Nombre minimal des Entrées/sorties	Nombre maximal des Entrées/sorties	Capacité maximale	
				Epissure par fusion	Epissure mécanique
Type 1	Micro-structures	4	8	144	72
	A structure libre			96	48
Type 2	Micro-structures	8	18	336	168
	A structure libre			224	112
Type 3	Micro-structures	8	18	288	576
	A structure libre			192	384

Tableau 3 : Type de protection d'épissures

En fonction du type de zone à desservir des sorties de réservation sont prévues au niveau des PEC :

Type de boîtier	Nombre de réservations	
	Zone rurale	Zone urbaine
Type 1	2	1
Type 2	3	2
Type 3	6	3

Tableau 4 : Dimensionnement des réservations

5.1.4 Sous répartiteur optique (SRO)

Le sous-répartiteur optique est un point de flexibilité entre le transport et la distribution de niveau 1. L'SRO est une armoire de rue similaire aux sous-répartiteurs utilisés au niveau des réseaux téléphoniques. Il regroupera un nombre entier de point d'éclatement de câble (PEC) et il représente un point de convergence des infrastructures génie civil. Pour le cas d'une desserte Point Multi Point ce point de flexibilité assurera une fonction de couplage.

Les tailles et les positions des SRO sont déterminées de manière à assurer un meilleur compromis entre longueur de réseau SRO-Abonné et nombre des SRO à installer.

La taille de l'SRO varie de 300 à 1000 lignes FO en fonction du type de zone à desservir le tableau ci-dessous donne les meilleures pratiques pour le dimensionnement :

Type de zone	Taille en FO	Distance maximale SRO-Abonné (km)
Zone urbaine très dense	300 à 1 000	0,1 à 0,5
Zone urbaine	300 à 600	0,1 à 1
Zone rurale	300 à 600	0,5 à 3
Zone économique	300 à 600	0,1 à 1

Tableau 5 : Dimensionnement des SRO

En plus de l'accès au réseau de desserte à partir du NRO, les opérateurs auront le droit de fournir leurs services aux abonnés à partir des SRO qui joueront le rôle de points de mutualisation. Il est à noter que les NRO joueront également le rôle de SRO pour les prises situées à des faibles rayons du NRO.



Figure 4 : Exemple de sous répartiteur optique



Figure 5 : Module optique d'accès

5.1.5 Sous répartiteur optique d'immeuble (SRI)

Le sous répartiteur d'immeuble est équivalent à l'SRO décrit ci-dessus et il est placé en pied d'immeuble. Le PRI est un point de brassage entre le câblage d'immeuble et les réseaux d'adduction des différents opérateurs. Le PRI permet le brassage de chaque abonné vers n'importe quel opérateur et il peut intégrer une fonction de couplage pour le cas des technologies Point Multi Points. Les SRI sont utilisés pour les immeubles dont l'équivalent strictement supérieur à 12 FO.

5.1.6 Boitier Pied de l'Immeuble (BPI)

Pour les immeubles de faible capacité dont l'équivalent est inférieur ou égale à 12 FO, il n'aura besoin de mettre en place un répartiteur d'immeuble et les abonnés seront desservis à directement à partir d'un boitier placé soit en sous-sol, en coffret ou en borne sur la voie publique à l'extérieur de l'immeuble. Dans certain cas le BPI peut être installé dans une chambre dont les dimensions et l'encombrement sont compatibles avec la protection d'épissure utilisée. Il n'est pas permis d'installer des coupleurs dans les BPI et les PDB.

5.1.7 Nœud raccordement optique (NRO)

Le nœud de raccordement optique (NRO) est le point de départ des liens optique vers les utilisateurs. Ce nœud doit être dimensionné pour héberger les répartiteurs optiques et les baies permettant d'accueillir les équipements actifs des opérateurs en fonction de leurs choix technologiques. L'NRO peut avoir une capacité de distribution jusqu'à 50000 FO, le tableau ci-dessous récapitule la taille recommandée pour les NRO en fonction du type de zone à desservir et précise la distance maximale de l'abonné le plus éloigné :

Type de zone	Taille en FO	Distance maximale NRO-Abonné (km)
Zone urbaine très dense	4 000 à 30 000	1 à 2
Zone urbaine	5 000 à 50 000	1 à 5
Zone rurale	2 000 à 10 000	3 à 10
Zone économique	2 000 à 10 000	1 à 3

Tableau 6 : Taille des NRO

La superficie nécessaire pour implanter un NRO dépend principalement de la technologie à utiliser si elle est de type point à point ou point à-multipoints. Il est recommandé un dimensionnement compatible avec la technologie point-à-point, ce qui se traduit par un local technique de surface de 12 à 60 m² en fonction du nombre de lignes FO et du nombre d'opérateurs qui seront colocalisés. Ce local doit être raccordé au réseau électrique et muni :

- d'un système de contrôle d'accès et d'intrusion
- d'un système de sécurité incendie,
- d'un atelier d'énergie 48 V,
- d'onduleur et batteries
- de climatisation.

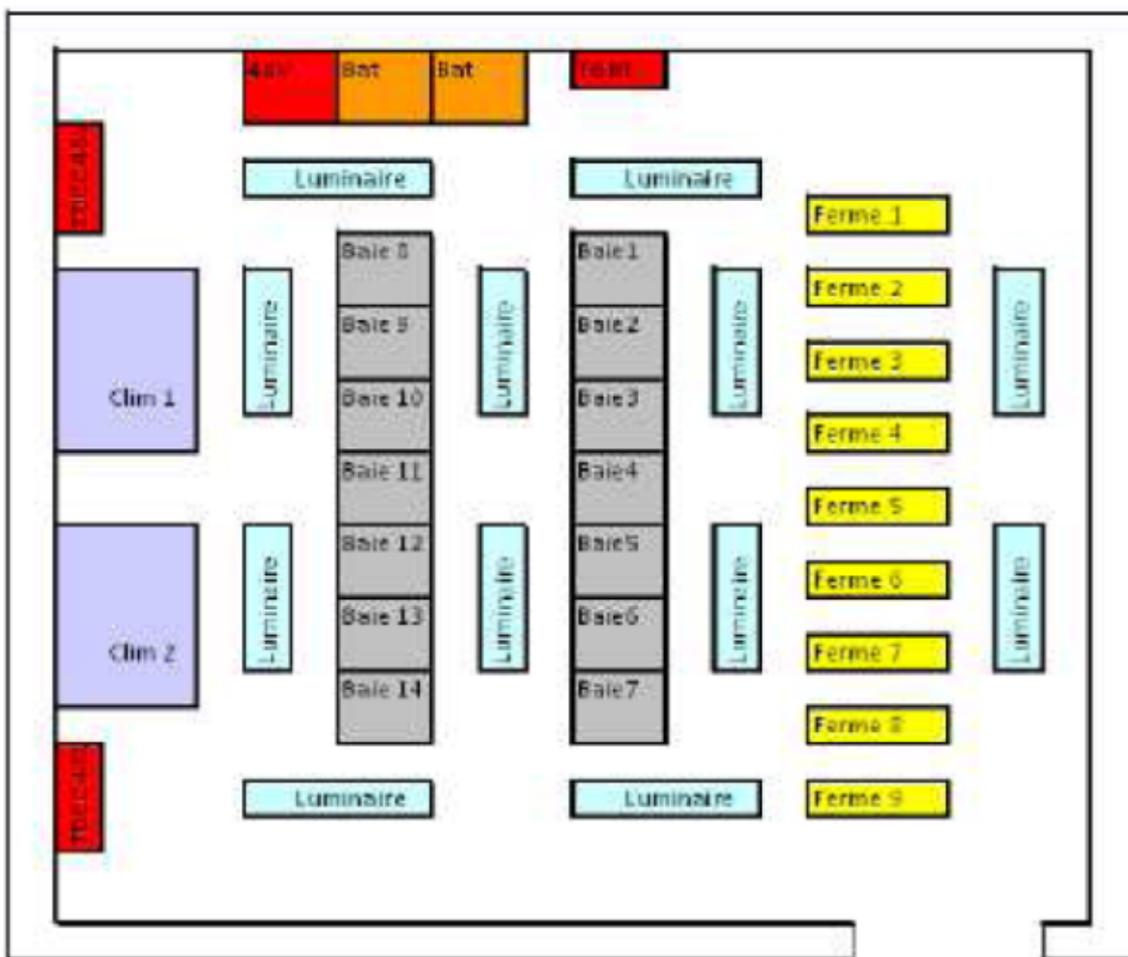


Figure 6 : Exemple de plan NRO de 10000 lignes PtP (48m2, Source : Axione)



Figure 7 : Exemple de schelter de 12 m2 pour NRO

5.2 Dimensionnement des câbles fibre optique

Les câbles en fibre qui seront généralement utilisés au niveau du réseau de transport, réseau de distribution et réseau de branchement seront de type G652D. Pour le cas des installations de faible rayon de courbure, pour les réseaux de distribution des immeubles et des installations internes chez l'abonné on opte plutôt pour le type G657A.

Les câbles généralement préconisés pour la construction des réseaux FTTH sont ceux de type micro-structure. Le dimensionnement des câbles en fibre optique est effectué en tenant compte des hypothèses suivantes :

- En aval du sous répartiteur (SRO ou SRI) la technologie point à point (PtP) est imposée
- En amont du sous répartiteur (SRO ou SRI) la partie transport sera dimensionnée de manière que 40% des abonnés seront desservis en Point à Point et que 60% seront couverts par un réseau en Point multi Point
- Le dimensionnement des câbles fibre optique prendra en compte les équivalents de chaque catégorie d'abonné
- Le linéaire entre l'équipement actif d'un opérateur et La Prise Terminale Optique ne devra pas dépasser 20 km

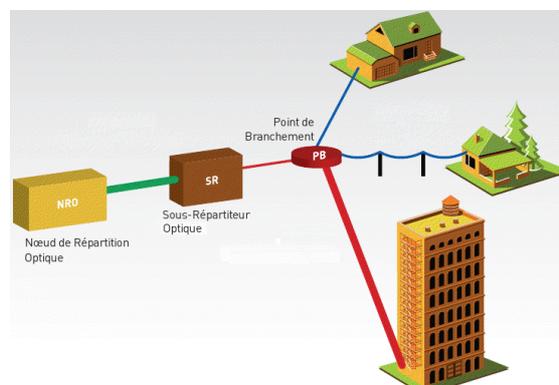


Figure 8 : Architecture du réseau FTTH

5.2.1 Capacités des câbles

Les capacités des câbles et des modules de câbles utilisés au niveau des différents réseaux dans une architecture FTTH sont ventilées comme suit :

Câbles de transport	Câbles de distribution	Câbles de branchement
144	6	1
216	12	2
288	24	4
456	48	
720	72	
	96	
	144	

Tableau 7 : Contenances des câbles FO

5.2.2 Taux de couplage

Dans le cas du GPON, l'infrastructure du réseau est partagée entre les abonnés via la mise en place de coupleurs dans le réseau. Les coupleurs sont des éléments passifs permettant le partage du signal optique descendant vers plusieurs utilisateurs et d'agréger plusieurs signaux optiques montant en un seul.

Le taux de couplage et le nombre de niveaux sont deux facteurs déterminants dans la conception de la solution. Le budget optique de liaison optique dépend fortement de ce choix. Le tableau ci-dessous récapitule les paramètres pour les différents scénarios de déploiement d'un réseau GPON :

Taux de couplage	Nombre de niveau de couplage	Débit maximal/abonné (Mbps)
GPON 10G		
8	1	1248
16	1	624
32	1	312
32	2	312
64	1	156
64	2	156
64	3	156
GPON 2.5G		
8	1	312
16	1	156
32	1	78
32	2	78
64	1	39
64	2	39
64	3	39

Tableau 8 : Taux de couplage

Pour les niveaux de couplage il existe plusieurs configurations possibles. A titre d'exemple on cite ici quelques exemple pour un couplage 1 :32 et à deux niveaux : 1:2 plus 1:16 ou 1:4 plus 1:8 ou 1 :8 plus 1:4.

Ces coupleurs peuvent être installés dans le réseau d'accès FTTH au niveau du nœud de raccordement optique (NRO) ou/et au niveau des sous répartiteurs optiques (SRO ou SRI).

5.2.3 Contraintes technologiques

Les opérateurs ont besoin de calculer l'affaiblissement maximal sur le lien optique pour déterminer le budget optique maximal entre le nœud optique et la prise terminale optique du client.

Le respect des contraintes relatives au bilan de la liaison optique permet de garantir une puissance suffisante de lumière pour avoir le service et assurer la QoS au client.

Dans la suite on présente les principales contraintes à tenir en considération lors du calcul du budget optique. Tout d'abord, le budget optique d'une liaison dépendra de la technologie utilisée pour desservir le client. Les budgets à prendre en considération pour l'ingénierie du réseau en fonction la technologie utilisée sont comme suit :

- GPON: 28 dB max et 13 dB min aux deux longueurs d'onde 1310nm et 1490 nm avec des systèmes de classe B+ ; 32 dB max et 17 dB min avec des systèmes de classe C+ ;
- XGPON : valeurs normatives sont 29 dB max pour le XG-PON1 N1, 31 dB pour le XG-PON1 N2a/b, 33 dB pour le XG-PON1 E1, 35 dB pour le XG-PON1 E2a/b.
- Point-à-point (PtP) : pour cette technologie la contrainte de budget optique est généralement traduite en distance maximale, les systèmes utilisés actuellement par les opérateurs permettent d'atteindre les distances de 5km, 10km, 20km ou 40km. Par exemple, pour des liens mono fibre et Giga Ethernet avec des modules SFP 1000BASE-BX10-D au niveau du central on peut atteindre des abonnés à 10 km.

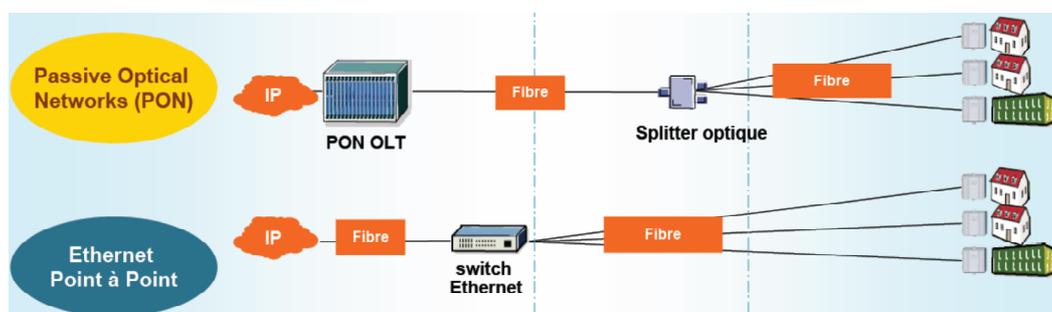


Figure 9 : Architectures PtP et PmP

Le graphe ci-dessous donne pour deux classes de laser utilisées avec la technologie GPON l'évolution de distance maximale à atteindre en fonction du taux de couplage.

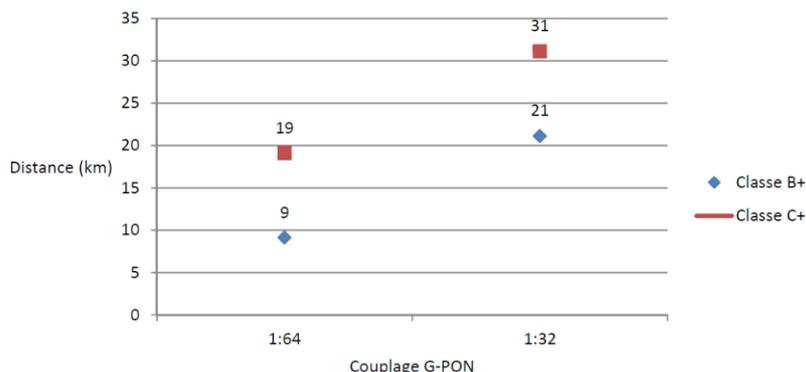


Figure 10 : Distance en fonction du taux de couplage

Dans la suite on présente un référentiel commun dans l'ingénierie des réseaux d'accès FTTH pour les différentes technologies PtP et PmP. Les valeurs limites relatives aux différentes contraintes de ce référentiel sont définies à partir des normes et standards ainsi que des meilleures pratiques élaborées par les équipementiers du domaine :

Désignation	Valeur de référence	Remarques
Affaiblissement linéique (dB/Km)		
G652D à 1310 nm	0,35	
G652D à 1490 nm	0,24	
G652D à 1550 nm	0,21	
G657A à 1310 nm	0,38	
G657A à 1490 nm	0,28	
G657A à 1550 nm	0,25	
Perte par coupleur (dB)		
Coupleur 1:2	3,7	Valeurs selon la norme CEI 61 753-031-3.A pour coupleur sans tenir compte de la connectique
Coupleur 1:4	7,3	
Coupleur 1:8	10,9	
Coupleur 1:16	14,5	
Coupleur 1:32	18,1	
Coupleur 1:64	20,5	
Coupleur WDM1R	0,5	Séparateur GPON du XG-PON
Perte par connecteurs (dB)		
Connecteur SC/APC	0,35	
Connecteur SC/UPC	0,25	
Perte par épissure (dB)		

Epissure par fusion	0,1	
Epissure mécanique	0,2	
Marge (dB)		
Marge / vieillissement des lasers	1	Inclut le vieillissement irréversible sur les différents éléments

Tableau 9 : Référentiel pour l'ingénierie des réseaux FTTH

6 Ingénierie des infrastructures génie civil

Dans la suite de cette partie on présente les règles relatives au dimensionnement des infrastructures génie civil nécessaires au déploiement des réseaux FTTH. Ces ouvrages seront dimensionnés de manière à pouvoir accueillir les fourreaux et les câbles permettant de raccorder toute la zone étudiée.

6.1 Dimensionnement des conduites

Le nombre et la taille des fourreaux à installer dépendront du dimensionnement des câbles en fibre optique à installer. Les conduites seront de type PEHD ou bien de type PVC avec un sous tubage par des conduites PEHD.



Fourreau de diamètre 40mm avec un câble à structure libre de diamètre 17 mm
Capacité : 192 FO

Fourreau de diamètre 40mm avec 5 micro-conduites de 10 mm pour micro-câbles de diamètre 6 mm.
Capacité : 72 FO par micro-câble -> 360 FO

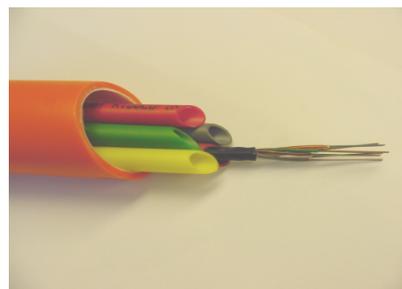


Figure 11 : Exemples d'utilisation des conduites et des micro-conduites

Pour la partie distribution et branchement une alvéole de manœuvre sera systématiquement prévue.

Les conduites qui serviront pour le déploiement du réseau de transport seront dimensionnées de manière que 100 % des abonnés seront desservis en Point à Point.

6.1.1 Correspondances Fourreau/Câble FO

Le tableau ci-dessous donne les différentes combinaisons possibles pour le dimensionnement des fourreaux PEHD qui serviront à la mise en place des câbles en fibre optique de type « A structure libre ».

Diamètre intérieur maximal du fourreau	Diamètre maximal du câble FO	Capacité maximale du câble FO
8	4	12
10	6	24
14	8	48
16	9	72
18	11	96
20	12 à 13	144
25	16 à 17	288
32	22 à 24	720

Tableau 10 : Dimensionnement des fourreaux pour les câbles à structure libre

Pour les câbles en fibre optique de type micro-structure le tableau ci-dessous donne la correspondance entre les dimensions des micro-tubes et les capacités des micro-câbles à déployer :

Diamètre intérieur minimal du micro-tube (mm)	Capacité du micro-câble (FO)
12	216
10	96
8	72
5.5	24
3.5	12
3	6

Tableau 11 : Dimensionnement des tubes pour les micro-câbles

NB. Les capacités et les diamètres des câbles fibre optique indiqués dans ce tableau de correspondance peuvent-être modifiés en fonction des valeurs des constructeurs.

6.1.2 Configurations des micro-tubes pré-assemblés

Les micro-tubes pré assemblés peuvent être directement enterrables ou installés dans des conduites de type PVC. Les différentes configurations possibles de ces multitubes sont données ci-dessous :

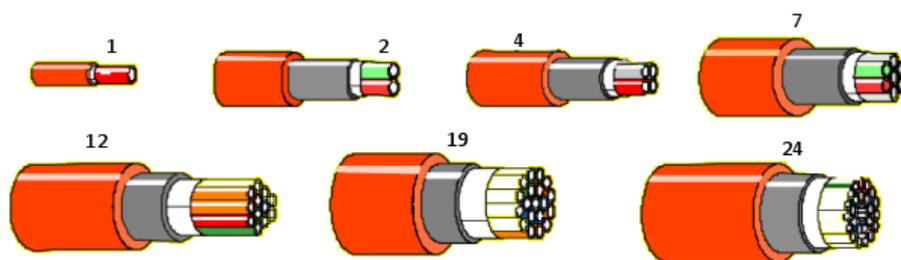


Figure 12 : Micro-tubes pré assemblés

6.1.3 Configuration du sous tubage

Les conduites en PVC peuvent être sous tubés par des fourreaux PEHD afin de servir pour le déploiement des câbles en fibre optique, le tableau ci-dessous liste les différentes configurations possibles :

Tube PEHD	Alvéole PVC		
	42/45	56/60	75/80
8/10	8		
11/14	4		
13/16	3		
15/18	3		
16/20		4	
21/25			5
27/32			3

Tableau 12 : Les configurations du sous-tubage

6.1.4 Réserve des fourreaux

Les réservations des fourreaux au niveau des lots pour le branchement des abonnés doivent être effectuées comme suit :

Catégorie	Réserve en fourreaux en PVC 42/45
Habitation Isolé	2
Habitation Jumelé	2
Habitation Collectif et Semi Collectif de moins de 30 logements	2
Habitation Collectif et Semi Collectif de 30 à 200 logements	3
Habitation Collectif et Semi Collectif de plus que 200 logements	5
Administration	2
Commercial	2
Industriel	2

Tableau 13 : Réserve en fourreaux

Ces réservations doivent aboutir dans des chambres qui doivent être dimensionnées en fonction des capacités des câbles à déployer.

6.2 Dimensionnement des chambres

Le dimensionnement des chambres est effectué en tenant compte du :

- nombre des protections d'épissure optiques (manchons) à héberger
- nombre et taille des fourreaux à déployer

Type de chambre	L	l	H	Volume maximal du manchon (dm3)					Longueur maximale du mou de câble (m)	Nombre de fourreaux
				2	6	10	30	40		
L1T	520	380	600	2	0	0	0	0	2	3 x 42/45 et 2x56/60
A2	885	520	600	3	2	1	0	0	3	-
L2T	1160	380	600	3	2	1	0	0	4	7 x 42/45 et 3x56/60
L3T	1380	520	600	4	3	1	1	0	4	7 x 42/45 et 3x75/80
A4/L4T	1870	520	600	4	4	2	1	1	5	7 x 42/45 et 6x75/80
L5T	1790	880	1200	4	4	3	2	1	6	Plus que 7 x 42/45 et 6x75/80
B2/L6T	2420	880	1200	4	4	4	3	2	7	Plus que 7 x 42/45 et 6x75/80
K1C	750	750	750	4	4	1	0	0	3	7 x 42/45 et 3x56/60
K2C	1500	750	750	4	4	2	1	0	5	7 x 42/45 et 6x56/60
K3C	2250	750	750	4	4	4	2	1	6	Plus que 7 x 42/45 et 6x56/60
C2	3520	1400	1850	4	4	4	4	4	12	-

Tableau 14 : Dimensionnement des chambres



Figure 13 : Exemple de chambre avec protection d'épissure

7 Point de mutualisation

Pour mettre à disposition de l'ensemble des opérateurs les infrastructures FTTH desservant l'ensembles d'habitation et les zones d'activités économique et industriels, le choix a été fait de fixer comme point de mutualisation pour les opérateurs soit le NRO, soit le SRO ou l'SRI.

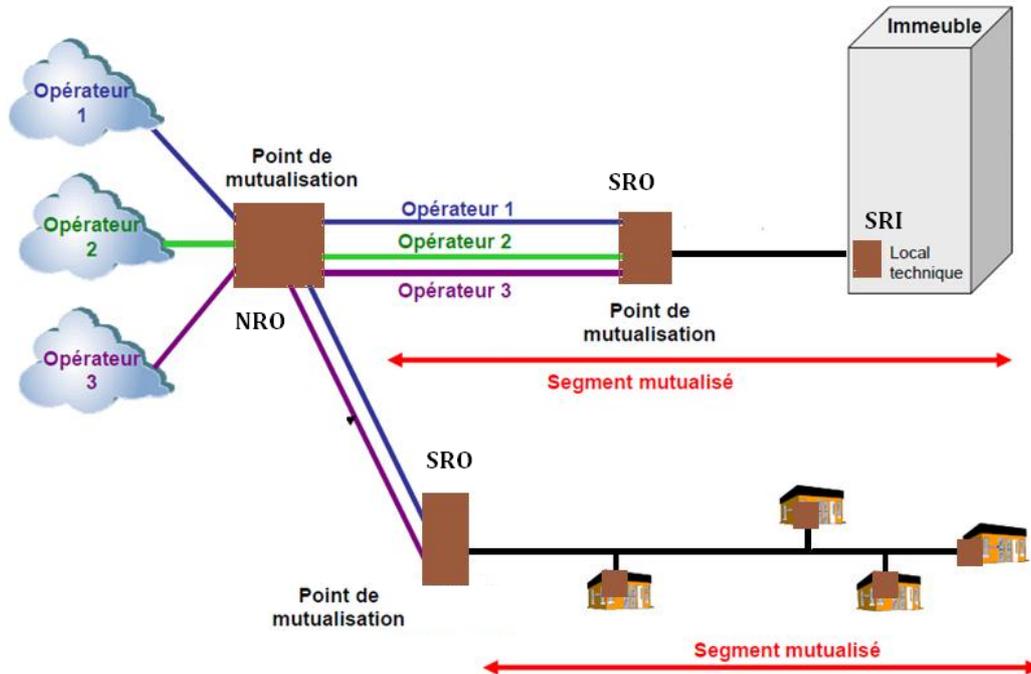


Figure 14 : Les points de mutualisation

8 Documentation

Le dossier d'Avant Projet Détaillé de chaque zone étudiée est constitué au moins des documents suivant :

- Rapport d'étude ;
- Plan d'estimation des besoins ;
- Plan de découpage de la zone ;
- Schémas des réseaux;
- Plan itinéraire ;
- Les fiches d'occupation des chambres ;
- Les fiches des nœuds optiques ;
- Devis quantitatif du projet.

Les détails de ces documents sont mentionnés en annexe. Ces plans et ces schémas doivent être élaborés à l'aide d'un logiciel de DAO et délivrés au client sous format papier et sous format électronique.

9 Validation de l'étude

Cette étape est obligatoire et elle permet de vérifier la conformité de l'étude aux règles énoncées dans ce guide. Les différents documents constituant le dossier de l'Avant Projet Détaillé de la zone étudiée doivent être soumis au CERT pour validation.

Le CERT disposera d'un délai de 10 jours pour faire ses remarques et réserves sur le dossier d'étude. En cas de réserve le promoteur devra valider le nouveau dossier d'étude avant de commencer les travaux.