

ÉDITION 2017



DÉPLOIEMENT DES RÉSEAUX FTTH EN ZMD

Le modèle français

EDITORIAL

C'est en 2007 que le CREDO a publié le premier guide sur les réseaux FTTH et en 2012 sur le déploiement des réseaux d'accès FTTH en dehors des zones très denses. Les nombreuses évolutions et précisions apportées récemment nous ont incités à proposer une importante mise à jour de ce dernier document.

Il nous est tout d'abord apparu important de mettre en évidence les spécificités du modèle français en rappelant le cadre général dans lequel se situent les zones moyennement denses et les réseaux d'initiative publique qui sont le cœur de ce guide.

Nous avons également cherché à compléter et enrichir les différents chapitres pour intégrer les aspects qui n'étaient pas suffisamment stabilisés en 2012, comme par exemple tout ce qui concerne les déploiements en aérien, tant du point de vue des technologies que de celui des règles de déploiement en relation avec les concessionnaires de ces infrastructures aériennes. Les rédacteurs se sont attachés à rester en cohérence avec plusieurs groupes de textes fondamentaux :

- Le cadre législatif et réglementaire (européen et français) ;
- Les recommandations et préconisations techniques issues des travaux conduits par la Mission France Très Haut Débit (juillet 2015), et en particulier :
 - Celles relatives à la conception et la topologie de la boucle locale optique mutualisée ;
 - Celles relatives au génie civil et au déploiement de la boucle locale mutualisée ;

- Le recueil de spécifications fonctionnelles et techniques sur les réseaux en fibre optique jusqu'à l'abonné en dehors des zones très denses, élaboré par le Comité d'Experts Fibre Optique institué par l'Arcep, dans sa dernière version (v5) de septembre 2017.

On a également pris en compte les travaux réalisés par la plate-forme OBJECTIF FIBRE qui a publié en novembre 2016 un guide pratique de « l'Installation d'un réseau en fibre optique dans les constructions neuves à usage d'habitation ou à usage mixte », et au second semestre 2017 un autre guide pratique intitulé « Raccordement et câblage des locaux individuels neufs, maisons individuelles ou locaux professionnels, à un réseau en fibre optique FTTH ». Nous y ferons largement référence, notamment dans le chapitre 5.

Ce guide de référence est le reflet de l'état de l'art et les règles en vigueur à la date de publication.

Nous vous souhaitons une bonne lecture.

Le Comité éditorial

TEMOIGNAGES



Le Plan France Très Haut Débit, dont les objectifs ont été réaffirmés et enrichis fin septembre par les orientations de la stratégie du Gouvernement pour l'aménagement numérique des territoires, permettra d'apporter un accès à l'Internet à très haut débit à l'ensemble de la population d'ici 2022 en

veillant à ne laisser aucun foyer, aucun hameau à l'écart des infrastructures numériques. Ainsi, un effort sera porté pour garantir que tous les locaux aient accès au bon haut débit d'ici 2020, ce qui passera par un recours à un mix technologique cohérent et efficace, s'appuyant sur les technologies mobiles (généralisation de la couverture mobile 4G de qualité) et hertziennes terrestres et satellitaires.

Ce grand plan industriel d'investissement et d'aménagement du territoire, visant notamment à doter notre pays d'infrastructures FttH de pointe pérennes, qui profiteront à plusieurs générations d'entreprises et de citoyens, représente un défi de taille pour notre pays. Ce chantier national sollicite structurellement une diversité importante d'acteurs issus de nombreux corps de métiers, dans un cadre technico-économique et juridique complexe. Par la publication de ce guide sur les déploiements des réseaux FttH en ZMD, le CREDO poursuit un travail d'accompagnement qu'il a engagé depuis plusieurs années, permettant d'aborder la richesse du modèle français de manière structurée et synthétique.

Plus largement, en réunissant l'ensemble de la filière impliquée dans le cycle de vie d'une infrastructure de télécommunications en fibre optique, les divers travaux de pédagogie et d'harmonisation menés par le CREDO participent de la réussite de la mise en œuvre du Plan France Très Haut Débit et je tiens à les en remercier.

Antoine DARODES

Directeur de l'Agence du Numérique



C'est en 2007 que le CREDO a publié son premier guide sur les réseaux en fibre optique et en 2012 sur le déploiement des réseaux d'accès en fibre optique jusqu'à l'abonné en dehors des zones très denses.

Il faut à nouveau saluer cette initiative du CREDO d'éclairer, avec cette nouvelle édition 2017 du guide sur le déploiement des réseaux en Zone Moyennement Dense, l'un des enjeux majeurs de cette décennie : la couverture en Très Haut Débit de tous les territoires.

Il s'agit de l'un des plus grands chantiers d'investissement pour le développement de notre pays et pour son avenir. Nombreuses sont les études qui démontrent le fort impact du Très Haut Débit sur la compétitivité, l'attractivité, et l'activité générée sur les territoires.

La France suscite en la matière partout dans le monde un véritable intérêt sur ce que certains appellent le « French Model » et c'est d'ailleurs le sous-titre de ce guide.

Pour tenir les objectifs du Plan France Très Haut Débit, c'est-à-dire le déploiement de réseaux neutres et ouverts, il est absolument nécessaire d'accélérer les déploiements, et chacun doit apporter sa pierre à l'édifice. Mais cette nouvelle dynamique ne saurait être effectuée de manière désordonnée, en oubliant trop vite l'importance des règles d'installations, en choisissant des produits peu vérifiés ou ne suivant pas les normes européennes.

Nous sommes à un moment charnière de ce grand chantier et plus que jamais, chacun doit relever les manches pour réussir ce grand pari. Avec ce guide, le CREDO rappelle l'état de l'art, évoque les règles et les architectures à respecter pour les constructeurs, les installateurs et les exploitants de réseaux. La Caisse des Dépôts a souhaité contribuer à ce guide, car en tant qu'investisseur de long terme, présent d'ores et déjà dans une cinquantaine de réseaux d'initiative publique depuis plus de douze ans, nous souhaitons investir dans des réseaux bien pensés, bien construits, avec la recherche d'un maximum de produits fabriqués ou assemblés en France, créateur d'emplois locaux et favorisant la réinsertion professionnelle. C'est tout l'enjeu de ce guide qui va donc contribuer à éclairer les différents acteurs de cet écosystème.

Gabrielle GAUTHEY

Directrice des investissements et du développement local de la Caisse des Dépôts



Une industrialisation et une harmonisation des processus d'étude et de déploiement nécessaires pour respecter les délais fixés par le Gouvernement dans le cadre du Plan France Très Haut Débit.

Lancé en février 2013, le Plan France Très Haut débit vise

à couvrir l'intégralité du territoire en très haut débit d'ici 2022, avec un nouvel objectif intermédiaire fixé à 2020 de garantie d'un bon haut débit pour tous, mais également la confirmation d'une volonté de l'Etat de s'inscrire dans l'objectif européen d'une société du gigabit en 2025.

Les conditions fixées par ce plan ont permis d'initier une réelle dynamique pour l'action privée et l'action publique avec, s'agissant de cette dernière, une généralisation du déploiement de réseaux d'initiative publique dits de deuxième génération (FttH) sur l'ensemble du territoire national.

Face à l'accroissement du nombre d'acteurs que cette accélération et ce changement d'échelle induisent, il existe un risque potentiel sur la cohérence de ces multiples réseaux.



La fibre optique au service du développement des entreprises, une priorité du Pays Voironnais.

Dès 2005, le Pays Voironnais, bassin de vie de 95000 habitants, porte de la Chartreuse au nord-ouest de Grenoble, a décidé de se doter d'un réseau de fibres optiques pour apporter

le haut débit aux habitants et aux entreprises du territoire. Si le volet haut débit pour les habitants a globalement répondu aux attentes, très peu d'entreprises ont été raccordées, du fait d'offres dispendieuses.

Confronté à ce constat, c'est via PVNum, une SCIC (Société Coopérative d'Intérêt Collectif) dont la collectivité est actionnaire au côté des acteurs économiques locaux, que le Pays Voironnais a ainsi développé une solution adaptée aux besoins et moyens des entreprises.

Pour diminuer les coûts d'accès aux services, tout en laissant un large choix d'opérateurs et de services professionnels aux entreprises, la solution retenue consiste à mutualiser l'infrastructure existante et l'activer de façon neutre, pour ouverture à tous les opérateurs. Concrètement, la solution de PVNum consiste à mutualiser le raccordement du point central du réseau fibre (POP) à une zone d'activité puis raccorder individuellement chaque entreprise de la zone. De fait, le modèle économique permet un partage des liens entre

Aussi, en tant que Sénateur et Président de l'AVICCA, toutes initiatives tendant à permettre d'homogénéiser et d'industrialiser les processus d'études et de déploiement aux fins d'assurer la pérennité des réseaux déployés et l'efficacité de leur exploitation dans le temps sont bénéfiques.

Outre le complément apporté sur le cadre réglementaire et législatif, cette nouvelle version du guide prend en compte les nombreux travaux menés récemment pour l'édification de référentiels et de règles de bonnes pratiques (Arcep, Mission France Très Haut Débit, Objectif Fibre, etc.). Il détaille également les phases de déroulement d'un projet de RIP ainsi que le processus des études. Enfin, il souligne l'importance pour les collectivités de maîtriser ce patrimoine en cours de construction notamment via l'utilisation du modèle GraceTHD comme modèle d'échange commun à l'ensemble des acteurs.

Au travers de cette nouvelle version du guide, le CREDO contribue donc à répondre à ce besoin d'harmonisation et d'industrialisation des processus et constitue en ce sens un référentiel essentiel pour les porteurs de projets de RIP.

Patrick CHAIZE

Sénateur de l'Ain – Président de l'AVICCA

entreprises et donc une réduction notable des coûts d'accès. De forfaits à plus de 500 euros par mois, les offres sont passées à moins de 80 euros! Sur la zone pilote équipée, le taux de pénétration de raccordement des TPE / PME atteint aujourd'hui près de 70%.

Outre l'aspect financier, la solution développée permet une offre large et évolutive de services complémentaires. Avec un datacenter local implanté sur le territoire, les sociétés de prestations informatiques peuvent proposer des hébergements et sauvegardes de proximité, totalement sécurisés.

L'initiative PVNum a ainsi permis d'accélérer l'aménagement numérique du territoire et de dynamiser l'offre de services aux entreprises. La démarche s'inscrit dans un véritable cercle vertueux où le développement du haut débit contribue à dynamiser économiquement le Pays Voironnais. La collectivité valorise son réseau de fibres optiques et dispose aussi des services pour optimiser ses propres connexions et raccorder les édifices publics du territoire.

Aujourd'hui, 6 zones sur une trentaine sont d'ores-et-déjà ouvertes. En lien avec le délégataire du réseau, les autres vont suivre afin de déployer la solution sur l'ensemble du Pays Voironnais et permettre la connexion haut débit de toutes les entreprises.

Dominique PARREL

Vice-Président de la Communauté d'agglomération du Pays Voironnais (38)
Chargé du développement des NTIC

SOMMAIRE

1 Le contexte du Très Haut Débit en France	15
1.1 Le Modèle Français	16
1.1.1 Principes généraux	16
1.1.2 Les acteurs de l'écosystème	16
1.2 Le Cadre Législatif et Réglementaire du FTTH	18
1.2.1 Les directives européennes	18
1.2.2 Le cadre réglementaire du déploiement des réseaux très haut débit en France	18
1.2.2.1 Les textes fondateurs	18
1.2.2.2 Le rôle de l'Etat	19
1.2.2.3 Le rôle de l'Arcep	20
1.2.2.4 Le rôle des Collectivités Territoriales	21
1.2.2.5 Les principales obligations techniques réglementaires	22
1.3 Les phases de déroulement d'un projet de RIP	23
1.3.1 Les études préliminaires avant lancement du projet	23
1.3.1.1 La maîtrise d'ouvrage	23
1.3.1.2 Les études préalables	24
1.3.1.3 Le lancement du projet	24
1.3.2 Les différents modes de passation des marchés publics	25
1.3.2.1 Les marchés des travaux et services	26
1.3.2.2 Les marchés de concession de travaux et services	26
1.3.2.3 Les marchés de travaux suivis d'un marché de concession de service	26
1.3.2.4 Les marchés de concession de type affermo-concessif	27
1.3.2.5 Les contrats CREM	27
1.3.2.6 Les contrats de partenariat public-privé (PPP)	27
1.3.2.7 Comparaison	27
1.3.2.8 Points de vigilance	28
2 Les Réseaux de Communications Electroniques	29
2.1 Impact de l'évolution des besoins sur les réseaux de communication	30
2.1.1 Usagers résidentiels	30
2.1.2 Usagers professionnels	32
2.1.3 Usagers institutionnels	33
2.1.4 Autres usages	33
2.2 Typologie des réseaux de communications électroniques	34
2.2.1 Les réseaux publics de télécommunications	34
2.2.2 Les réseaux privés de télécommunications	35
2.3 Caractéristiques techniques des réseaux d'accès	35
2.3.1 Les différentes technologies des réseaux d'accès	35
2.3.2 Le réseau d'accès cuivre	37

2.4 Panorama des architectures de desserte de type FTTH	38
2.4.1 Généralités sur le type d'architectures déployées	38
2.4.2 Topologies intermédiaires FTTx	39
2.4.2.1 Topologie FTTCab	39
2.4.2.2 Topologie FTTLA	39
2.4.2.3 Topologie FTTP	39
2.4.2.4 Topologie FTTH pour la mise en œuvre des solutions radio	39
2.4.3 Topologies FTTH	39
2.4.3.1 Les liaisons de type « Point à point »	40
2.4.3.2 Les liaisons de type "Point à multipoints" (PON)	40
3 La problématique du réseau d'accès	43
3.1 Généralités sur les réseaux d'accès	44
3.1.1 Architecture cible	44
3.1.2 Composantes du réseau d'accès	44
3.1.3 Contraintes particulières liées à la clientèle entreprises	45
3.1.4 Critères de mutualisation	47
3.1.5 Progressivité de la mise en place	47
3.1.6 La valorisation des infrastructures existantes	48
3.2 L'architecture générique des réseaux d'accès FTTH	48
3.2.1 Modélisation de l'architecture FTTH	48
3.2.1.1 Articulation des liaisons	49
3.2.1.2 Les principaux nœuds du réseau d'accès	49
3.2.2 Conception du réseau de collecte et optimisation des sites NRO	51
3.2.2.1 Généralités	51
3.2.2.2 Contraintes technologiques	52
3.2.2.3 Optimisation des NRO	52
3.2.2.4 Contraintes opérationnelles et économiques	53
3.2.3 Le rôle et le positionnement du Point de Mutualisation (PM)	53
3.2.4 Dimensionnement des infrastructures	54
3.2.4.1 Principes de dimensionnement	54
3.2.4.2 Critères de dimensionnement en fonction des typologies d'habitat	55
3.3 Palier intermédiaire : la montée en débit	56
3.3.1 Introduction	56
3.3.2 Montée en débit sur cuivre	56
3.3.2.1 Introduction	56
3.3.2.2 Les solutions techniques de la MeD	57
3.3.2.3 Les règles d'éligibilité de la MeD	58
3.3.3 Les possibilités des réseaux câblés	58
3.3.4 Evolutions des technologies radio fixes (WiMAX/Wi-Fi)	59
3.3.5 Opportunités liées aux futures solutions de réseaux radio mobiles	59
3.3.6 Les solutions satellitaires	60
3.4 Comparaison des technologies de montée en débit	60

4 Technologies et composants du réseau d'accès	63
4.1 Composantes du réseau d'accès	64
4.2 Couche infrastructure	65
4.2.1 Les matériels pour réseaux souterrains	65
4.2.1.1 Les fourreaux	65
4.2.1.2 Les Accessoires	65
4.2.1.3 Les normes applicables	66
4.2.2 Les chambres et regards	67
4.2.3 Les matériels pour réseaux aériens	68
4.2.3.1 Les poteaux du réseau téléphonique	69
4.2.3.2 Les poteaux du réseau de distribution d'électricité	69
4.2.3.3 Accessoires de déploiement sur poteau	70
4.2.3.4 Accessoires de déploiement sur façade	71
4.2.4 Locaux techniques et shelters	71
4.2.4.1 Application NRO	72
4.2.4.2 Application NRO/PM	72
4.2.4.3 Application SRO/PM	72
4.2.4.4 Aménagement du local	72
4.2.4.5 Rappel des normes	73
4.3 Couche optique passive	73
4.3.1 Ingénierie et systèmes de câblage	73
4.3.2 La fibre optique	73
4.3.2.1 Généralités	73
4.3.2.2 La fibre monomode G 652 D	73
4.3.2.3 Intérêt de la fibre G 657 A2 dans le réseau d'accès	74
4.3.3 Les câbles	75
4.3.3.1 Généralités	75
4.3.3.2 Les câbles pour pose en souterrain	76
4.3.3.3 Les câbles aériens	78
4.3.3.4 Les câbles pour les immeubles	81
4.3.3.5 Les câbles pré-connectorisés	82
4.3.4 La connectique optique	82
4.3.4.1 Les technologies	82
4.3.4.2 Pigtaills et jarretières	83
4.3.4.3 Les connecteurs montés terrain	84
4.3.4.4 Tableau récapitulatif	85
4.3.5 Les composants optiques spécifiques	85
4.3.5.1 Les coupleurs optiques et les composants WDM	85
4.3.5.2 Intégration des coupleurs optiques	85
4.3.6 Les nœuds d'exploitation du réseau	86

4.3.6.1	Le nœud de raccordement optique (NRO)	86
4.3.6.2	Les sous-répartiteurs optiques / Points de mutualisation	89
4.3.7	Les boîtiers de raccordement de câbles	93
4.3.7.1	Les boîtiers souterrains de collecte et transport	94
4.3.7.2	Les boîtiers souterrains de desserte	94
4.3.7.3	Les boîtiers d'immeubles	97
5	Process de déploiement des infrastructures et de la couche optique	101
5.1	Le domaine d'intervention	102
5.1.1	Généralités	102
5.1.2	Architectures du réseau de branchement	102
5.1.2.1	Habitations individuelles	102
5.1.2.2	Immeubles collectifs	104
5.1.2.3	Zones d'activité	104
5.2	Les études	105
5.2.1	Etudes de conception	105
5.2.1.1	APS	105
5.2.1.2	APD	105
5.2.2	Exécution des travaux	106
5.2.2.1	DT	106
5.2.2.2	DICT	106
5.2.3	Usage des infrastructures existantes	106
5.2.3.1	Ordonnance fourreaux dite « BBcost »	106
5.2.3.2	Usage des infrastructures souterraines et aériennes du réseau téléphonique d'Orange	107
5.2.3.3	Utilisation de génie civil existant : collectivités ou aménageur	107
5.2.3.4	Utilisation du réseau de distribution électrique HTA/BT	108
5.2.4	Création de génie civil aérien ou souterrain	108
5.2.5	Outils associés et documentation	108
5.2.6	Cas des immeubles neufs	109
5.3	Règles et techniques de mise en œuvre de la couche infrastructure	109
5.3.1	Types et choix des fourreaux	109
5.3.2	Tranchées traditionnelles et mise en place des fourreaux	110
5.3.3	Technologies de génie civil allégé	110
5.3.3.1	Le cadre normatif	110
5.3.3.2	Les principes	111
5.3.3.3	Matériaux et techniques	111
5.3.3.4	Les étapes pour la réalisation d'une tranchée mécanisée	112
5.3.3.5	Caractéristiques de l'outil de tronçonnage	113
5.3.4	Sous-tubage et chambres	114
5.3.4.1	Sous-tubage de fourreaux PeHD	114
5.3.4.2	Sous-tubage d'autres types de fourreaux	115

5.3.4.3	Pose des chambres	115
5.3.5	Aménagement des sites	116
5.3.5.1	Règles d'implantation	116
5.3.5.2	Locaux techniques	117
5.3.5.3	Shelters ou armoires	118
5.3.5.4	Cas particulier des hébergements dans les sites d'Orange	118
5.3.5.5	Mutualisation des locaux techniques pour des services d'hébergement	119
5.3.6	Le cas du câblage des immeubles neufs	120
5.3.7	Techniques de contrôle de la couche infrastructure	122
5.3.7.1	Contrôle du génie civil	122
5.3.7.2	Contrôle des fourreaux	122
5.3.7.3	Essais d'étanchéité	123
5.3.7.4	Calibrage (mandrinage) d'une conduite	123
5.3.7.5	Contrôle des chambres	124
5.4	Règles et techniques de mise en œuvre de la couche optique passive	124
5.4.1	Pose des câbles dans l'infrastructure souterraine	124
5.4.1.1	Les contraintes appliquées au câble	124
5.4.1.2	Pose de câbles au treuil	125
5.4.1.3	Pose du câble par « soufflage-tirage »	125
5.4.1.4	Pose du câble par soufflage (air)	126
5.4.1.5	Pose du câble par flottage (eau)	128
5.4.1.6	Pose de micro-câbles par soufflage à l'air dans les micro-tubes	128
5.4.2	Pose des câbles en aérien	129
5.4.2.1	Utilisation des appuis des réseaux aériens de distribution publique d'énergie électrique	129
5.4.2.2	Utilisation des appuis Orange	129
5.4.2.3	Exemple de mise en œuvre	130
5.4.2.4	Cas d'un poteau non équipé de kit de fixation	130
5.4.2.5	Dispositifs de lovage de câble	131
5.4.3	Mise en œuvre des joints	132
5.4.3.1	Déploiement en génie civil souterrain occupé	132
5.4.3.2	Déploiement des joints optiques en aérien	136
5.4.4	Installation des PBO	136
5.4.5	Epissurage et ré-intervention	137
5.4.5.1	Epissurage par fusion	137
5.4.5.2	Epissurage mécanique	137
5.4.5.3	Connectique terrain	137
5.5	Règles et techniques de mise en œuvre du réseau de branchement	138

5.5.1	Le domaine d'intervention	138
5.5.2	Le réseau de branchement	138
5.5.3	Câblage dans le logement	139
5.5.4	L'intervention technique proprement dite	139
6	La couche optique active	141
6.1	Ingénierie et dimensionnement de la couche optique active	142
6.2	Technologies et composants de la couche optique active	142
6.2.1	Les architectures Ethernet point-à-point	142
6.2.2	Les architectures PON	143
6.2.2.1	Les différentes architectures PON actuelles	143
6.2.2.2	Les prochaines générations de réseaux PON	144
6.2.3	Les réseaux à deux étages d'activation (AON)	145
6.2.4	Les réseaux RFoG	146
6.2.5	Les composants des réseaux FTTH/PON	146
6.2.5.1	Mécanismes spécifiques au GPON	146
6.2.5.2	L'OLT (Optical Line Termination)	146
6.2.5.3	Les coupleurs optiques (spécifiques au PON)	147
6.2.5.4	L'ONT (Optical Network Termination) ou CPE (Customer Premises Equipment)	148
6.3	Architectures et dimensionnement	148
6.3.1	Les architectures Ethernet point-à-point	148
6.3.2	Les architectures PON	149
6.3.3	Les architectures à deux étages d'activation	150
6.3.4	Les architectures RFoG	150
6.4	Règles et techniques de mise en œuvre de la couche optique active	150
6.4.1	Principes d'activation progressive	151
6.4.2	Contraintes de mutualisation	152
7	Qualification, exploitation et maintenance du réseau d'accès	153
7.1	Les outils de tests et mesures de qualification	154
7.1.1	Le localisateur de défaut visuel	154
7.1.2	Les sources et radiomètres	154
7.1.3	Les réflectomètres	155
7.1.4	Les sondes d'inspection	156
7.1.5	Les outils de nettoyage	156
7.1.6	Les bobines d'injection, de bouclage ou de fin de fibre	156
7.2	Test, recette et mise en service de la couche optique passive	157
7.2.1	Introduction	157
7.2.2	Cible de la recette	157
7.2.3	Recette	158
7.2.3.1	Cas du tronçon NRO-SRO/PM	158

7.2.3.2	Cas du tronçon SRO/PM-PBO (ou PR)	159
7.2.3.3	Mesures complémentaires	159
7.2.3.4	Test et recette du câblage d'immeuble	159
7.2.3.5	Test et recette du raccordement d'utilisateur	160
7.2.3.6	Automatisation des tests	160
7.3	Test et mise en service de la couche optique active	160
7.3.1	Introduction	160
7.3.2	Synthèse des tests réalisés	161
7.3.3	Nature des tests réalisés	161
7.3.3.1	Test du tronçon NRO-PBO constitué – segment 1 + 2	161
7.3.3.2	Test de circuit OLT éteint – mesure par insertion	162
7.3.3.3	Test du circuit OLT allumé – mesure de puissance	162
7.4	Bilan optique théorique	162
7.5	Mesures réflectométriques	163
7.6	Exploitation et maintenance du réseau d'accès	165
7.6.1	Généralités	165
7.6.2	Organisation	165
7.6.2.1	Exploitation	165
7.6.2.2	Maintenance	165
7.6.3	Les missions d'exploitation	165
7.6.3.1	La fourniture de circuits	165
7.6.3.2	Les calculs de bilans	166
7.6.3.3	Les mesures de circuits	166
7.6.4	Les missions de maintenance	166
7.6.4.1	La maintenance préventive	166
7.6.4.2	La maintenance curative	166
7.6.4.3	Les travaux programmés	167
7.7	Le référentiel réseau et la documentation associée	167
7.7.1	Introduction	167
7.7.2	Objectifs et fonctionnalités	167
7.7.3	Contenu	168
7.7.4	Documents complémentaires	169
7.7.5	Caractéristiques techniques et interopérabilité	170
7.7.6	Les procédures de gestion documentaire	170
7.8	Les outils de surveillance et d'aide à l'exploitation	171
7.9	Exploitation et maintenance de la couche optique active	171
7.10	Exploitation et maintenance de la zone abonné	173
8	Acronymes	175

9	Liste des figures et tableaux	187
	Liste des Figures	188
	Liste des Tableaux	192
10	Liste des adhérents au CREDO	193
11	Liste du Comité Éditorial et des Contributeurs	195
11.1	Comité éditorial	196
11.1.1	Ligne éditoriale	196
11.1.2	comité éditorial et auteurs	196
11.1.3	Auteurs et contributeurs	196
11.1.4	Organismes contributeurs	196
11.2	Comité de relecture	196
12	Liste des publications du CREDO	197





1

**LE CONTEXTE
DUTRES HAUT DEBIT
EN FRANCE**

LE CONTEXTE DU TRÈS HAUT DÉBIT EN FRANCE

1.1 - LE MODELE FRANÇAIS

1.1.1 - PRINCIPES GÉNÉRAUX

Dans les années 90, en application des Directives européennes concernant le marché des communications électroniques, ce dernier a été progressivement ouvert à la concurrence pour l'être totalement à partir de 1998. L'opérateur historique exerçant une influence significative sur les différents segments de marché s'est vu imposer des obligations par le régulateur français pour permettre l'émergence d'une concurrence effective au profit de toutes les catégories d'utilisateurs.

Le Code des Postes et Communications Electroniques (CPCE) fixe toutes les règles indispensables au bon fonctionnement de ce marché. Il est sans cesse enrichi en fonction de la publication de nouvelles lois ainsi que leurs décrets et arrêtés d'application.

Parallèlement, le rôle des Collectivités Territoriales ayant été affirmé, des règles complémentaires régissant leur intervention dans le domaine ont été introduites dans le Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT).

Pour la mise en œuvre de ce grand chantier national qu'est l'aménagement numérique du territoire, d'autres codes ont été complétés ou modifiés, tels que le Code de l'Urbanisme ou le Code de l'habitat et de la construction.

C'est dans ce cadre que se situent les Réseaux d'Initiative Publique (RIP) de 1^{ère} génération.

Ils concernent principalement les réseaux de collecte ainsi que la desserte en fibre optique dédiée des zones d'activités. En 2003, le CREDO a édité un guide intitulé « Territoires Numériques – Guide de mise en place de réseaux fibre optique haut débit ».

En 2007, le CREDO a publié un guide intitulé « Développement des réseaux à très haut débit – Guide de mise en place des réseaux FTTH », consacré à l'arrivée de la technologie fibre dans les réseaux d'accès.

En 2008, la Loi de Modernisation de l'Economie (LME) a défini la « ligne de communications électroniques à très haut débit en fibre optique » et garanti à tous les citoyens un « droit à la fibre ». Un an plus tard, le régulateur français, l'Arcep, a pris la première décision qui fixait quelques principes généraux comme celui de la mutualisation des réseaux de desserte.

En France, l'Arcep, se conformant ainsi aux directives européennes, a retenu un principe de neutralité technologique et un modèle de concurrence par les infrastructures. Pour assurer la mutualisation des infrastructures, l'Arcep a défini la notion de Point de Mutualisation (PM), nœud physique du réseau en aval duquel le réseau de fibres est mutualisé.

Les règles de financement et de déploiement des réseaux d'accès FTTH varient selon la zone géographique concernée. On distingue :

Les zones très denses (ZTD) qui correspondent à une centaine de villes dans une vingtaine de grandes agglomérations totalisant 20% de la population :

- Les règles de dimensionnement des réseaux sont spécifiques, comme par exemple la desserte des logements par 4 fibres optiques ;
- La construction des réseaux est financée par les opérateurs eux-mêmes.

Les zones moins denses (ZMD) qui font l'objet de deux catégories :

- Les communes retenues par les opérateurs dans leurs programmes d'investissement suite à l'appel à manifestation d'intention d'investissement (AMII) lancé par l'Etat en 2010 : ces zones sont dites conventionnées et le financement est assuré les opérateurs ;
- Le reste du territoire est traité par l'initiative publique dans le cadre de RIP de 2^{ème} génération ;
- Les zones moins denses correspondent à 27,7 millions de logements, représentant 83,4 % du territoire.

1.1.2 - LES ACTEURS DE L'ECOSYSTEME

La qualité des infrastructures FTTH déployées dans le cadre des réseaux d'initiative publique (RIP) résulte de la qualité des contributions des différents acteurs qui interviennent au cours du déroulement d'un projet. Ce chapitre passe en revue le rôle des acteurs techniques et indique comment ils interviennent dans le processus en fonction du type de montage contractuel retenu par la Collectivité.

Les Collectivités Territoriales et leurs groupements impliqués dans un projet peuvent être de différents types : Conseil régional, Conseil départemental, Syndicat d'électrification, EPCI (Etablissement Public de Coopération Intercommunale : Communauté de Communes, Communauté d'Agglomération) et les communes elles-mêmes. Elles peuvent

regrouper leurs forces dans des structures spécifiques pour assurer la gouvernance du projet (voir § 1.3.1.1).

Même en se limitant au domaine technique, le nombre des acteurs intervenant aux différents stades de la vie des réseaux est important et leurs rôles respectifs méritent d'être rappelés.

On trouve en particulier :

- Les collectivités elles-mêmes qui portent le projet et assurent la maîtrise d'ouvrage : le Maître d'Ouvrage détermine librement le choix du montage contractuel retenu pour la réalisation des travaux et l'exploitation du réseau ;
 - Les services de l'Etat et autres organismes publics techniques nationaux : Agence du Numérique, DGE, CEREMA, Arcep ;
 - Les groupements professionnels : CREDO, FIRIP, Objectif Fibre, GCANT ;
 - Les associations d'élus : AMF, AVICCA, FNCCR et autres, représentant les collectivités auprès des instances nationales et des opérateurs, à l'initiative de conventions nationales facilitant le déploiement des réseaux THD ;
 - Les cabinets conseils : ils assurent des missions d'Assistance au Maître d'Ouvrage (AMO) ; ils réalisent notamment les études de faisabilité, les schémas directeurs (SDTAN), ou les schémas d'ingénierie ; ils assistent également la maîtrise d'ouvrage dans la négociation des marchés ;
 - Les bureaux d'études qui ont des rattachements différents selon les cas :
 - Les bureaux d'études indépendants, dont leur cœur de métier est la Maîtrise d'œuvre (MOe) et qui assurent des missions variées conformément à la loi sur la maîtrise d'œuvre publique (dite loi MOP) qui définit les missions confiées au maître d'œuvre et notamment :
 - Les études d'esquisse (ESQ) ou études de diagnostic (DIA) ;
 - Les études d'avant-projet (AVP) comprenant les APS (S = sommaire) et APD (D = détaillé) ;
 - Les études de Projet (PRO) incluant les Descriptifs Quantitatifs Estimatifs (DQE) et le dossier de consultation des entreprises (DCE) ;
 - L'assistance pour la passation des contrats de travaux (ACT) ;
 - La direction d'exécution des contrats de travaux (DET) et le visa des études d'exécution (VISA) ;
 - L'assistance apportée pendant les travaux de réception (AOR) ;
 - D'autres missions facultatives telles qu'ordonnancement, pilotage et coordination du chantier (OPC) ;
 - Les bureaux d'études intégrés aux entreprises de travaux ;
 - Les bureaux d'études intégrés aux opérateurs de gros ;
- Les opérateurs d'infrastructures (OI)
 - Ils interviennent dans le cadre des procédures lancées pour les RIP, conformément aux décisions n°2009-1106 et n°2010-1312 de l'Arcep ;
 - Ce sont des opérateurs de gros dont les clients sont des OC (Opérateurs Commerciaux) à qui ils proposent des offres passives ou activées ;
 - L'ancienne notion d'opérateur d'immeuble (OI) qui découle de la loi de modernisation de l'économie (LME) rentre également dans la catégorie des opérateurs d'infrastructures ;
- Les opérateurs commerciaux (OC) ou fournisseurs d'accès Internet (FAI) :
 - Ils sont les clients des opérateurs d'infrastructures ;
 - Ils proposent les services et la tarification associée aux utilisateurs finals ;
 - On a coutume de distinguer les opérateurs commerciaux d'envergure nationale (OCEN) et les opérateurs commerciaux d'envergure locale (OCEL) dits « de proximité », ces derniers pouvant offrir une présence quasi-nationale, pour les plus importants d'entre eux ;
- Les entreprises de travaux (également appelées intégrateurs ou installateurs) :
 - Elles se positionnent principalement sur les marchés de travaux dans le cadre des marchés publics lancés par la collectivité ou en répondant aux appels d'offres lancés par les attributaires des DSP ou contrats PPP ;
 - Elles font appel à des fournisseurs et à des sous-traitants ;
- Les fournisseurs de matériels, répondant en direct ou à travers des distributeurs ;
- Les organismes de formation.

1.2 - LE CADRE LEGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE DU FTTH

Dans le présent guide, on ne décrit pas les aspects réglementaires liés à la tarification. De même, la réglementation de la sous-boucle cuivre n'est pas traitée ici, même si les technologies de montée en débit (MeD) sur cuivre constituent une des solutions intermédiaires pour attendre la généralisation du FTTH, telles que décrites au chapitre 3 du présent guide.

1.2.1 - LES DIRECTIVES EUROPEENNES

Après l'ouverture totale à la concurrence du marché des communications électroniques, la Commission Européenne a poursuivi son œuvre d'animation du secteur en publiant des **lignes directrices communautaires** qui, à la différence des règlements qui sont directement applicables, doivent faire l'objet d'une transposition dans le droit national :

- n° IP/09/1332 du 30 septembre 2009 sur les conditions dans lesquelles il est possible de mobiliser des financements publics, nationaux ou européens, pour la construction de réseaux à haut ou très haut débit. Une consultation a été lancée par la Commission Européenne à l'automne 2011 pour la révision de ces lignes directrices.
- n° 2010/572/UE du 20 septembre 2010, sur l'accès réglementé aux réseaux de nouvelle génération, dite « recommandation NGA ».

Ainsi, l'ordonnance N°2016-526 du 28/04/2016 est venue transposer la directive de 2014 « relative à des mesures visant à réduire le coût du déploiement de réseaux de communications électroniques à haut débit de l'Europe », laquelle avait pour objectif d'encourager les Etats à la mutualisation des infrastructures mobilisables pour favoriser le déploiement des réseaux THD.

Enfin, la Commission Européenne a récemment confirmé que le Plan France Très Haut Débit était conforme aux règles d'attribution des crédits nationaux aux projets THD, y compris dans le volet « montée en débit sur cuivre », confirmant ainsi l'absence d' « aides d'Etat ».

1.2.2 - LE CADRE RÉGLEMENTAIRE DU DEPLOIEMENT DES RESEAUX TRÈS HAUT DÉBIT EN FRANCE

1.2.2.1 - LES TEXTES FONDATEURS

Quelques textes de lois fondamentaux ont, entre 2004 et 2016, entraîné une évolution notable des règles :

- En juin 2004, dans le cadre de la loi n° 2004-575 pour la confiance dans l'économie numérique (CEN), l'article L.1425-1 du CGCT a été adopté, donnant aux Collectivités la possibilité d'établir et exploiter des réseaux de communications électroniques ;
- En août 2008, la loi n° 2008-776 de modernisation de l'économie (LME) définit la "ligne de communications électroniques à très haut débit en fibre optique" et introduit plusieurs dispositions sur le câblage et le pré-câblage des bâtiments collectifs par des lignes de communication en fibre optique : principe de mutualisation du câblage interne des immeubles, obligation de mise en place d'une convention entre l'opérateur et le bailleur/propriétaire, obligation d'équipement en fibre optique des bâtiments collectifs neufs, applicable désormais aux constructions individuelles, introduction de la notion de « droit à la fibre » ;
- La loi LME crée également l'obligation pour les gestionnaires d'infrastructures de communications électroniques et les opérateurs de communications électroniques de communiquer gratuitement à l'État et aux collectivités territoriales les informations relatives à l'implantation et au déploiement de leurs infrastructures et de leurs réseaux sur leur territoire. Les décrets « couverture des services » et « connaissance des réseaux » précisent ces dispositions.
- En décembre 2009, la loi n°2009-1572 visant à lutter contre la fracture numérique, dite « loi Pintat », vient compléter les outils juridiques à la disposition des pouvoirs publics et des opérateurs ; elle institue notamment :
 1. La création du schéma directeur territorial d'aménagement numérique (SDTAN) unique sur un même territoire et établi à l'initiative des collectivités territoriales, au minimum à l'échelle d'un département, avec pour objectif de construire un projet d'aménagement

numérique cohérent pour des initiatives publiques en bonne articulation avec les investissements privés, et de déterminer les modalités de sa réalisation sur le long terme

2. L'obligation de mutualisation des travaux dans le but de favoriser la pose de fibre optique à l'occasion de travaux ;
- En août 2015, la loi n° 2015-990 pour la croissance, l'activité et l'égalité des chances économiques, dite « loi Macron », qui introduit le statut de « zone fibrée » visant à faciliter la transition du réseau cuivre vers le réseau FTTH ;
- En octobre 2016, la loi n° 2016-1321 pour une République Numérique, dite « loi Lemaire », qui introduit notamment la notion de Schéma Directeur des Usages et Services Numériques (SDUS), précise la notion de zone fibrée et permet d'imputer comptablement les IRU (Droits Imprescriptibles d'Usage) en section d'investissement.

D'autres lois ont impacté les règles de déploiement des réseaux FTTH, notamment sur les droits de passage, la coordination des opérations d'enfouissement ou la prise en compte de l'aménagement numérique dans divers documents d'urbanisme.

1.2.2.2 - LE ROLE DE L'ETAT

Le choix de base a consisté à privilégier la concurrence par les infrastructures. En février 2010, le Président de la République a fixé des objectifs ambitieux pour le déploiement du Très Haut Débit en France : raccorder 70% des français en 2020 et 100% des français en 2025. Cette ambition a été reprise en 2012 par le nouveau gouvernement qui a lancé son Plan France Très haut débit, avec une « deadline » avancée à 2022 visant une couverture 100% « THD » dont 80% à base de fibre optique.

L'État souhaite s'assurer de l'articulation entre les initiatives privées et publiques, en donnant la priorité aux initiatives privées et en utilisant les SDTAN (Schémas Directeurs Territoriaux d'Aménagement Numérique), comme outil de dialogue entre les opérateurs privés et les collectivités sur leurs intentions de déploiement respectives.

Comme déjà indiqué précédemment, le gouvernement a lancé le 4 août 2010 un appel à manifestation d'intentions d'investissement (AMII) visant à recueillir les intentions d'investir des opérateurs pri

vés, en dehors des zones très denses. En réponse à cet appel, les opérateurs ont manifesté leurs intentions d'engager, dans les 5 ans qui suivaient, les déploiements sur plus de 3 400 communes regroupant, avec les communes qui constituent les zones très denses, près de 57% des ménages. En 2011, des accords significatifs annonçaient des opérations de déploiement. De plus, mi-janvier 2012, Orange et Bouygues-Télécom ont signé un accord de co-financement.

Le Plan France Très Haut Débit a été précédé d'un Programme National Très Haut Débit qui a commencé dès 2010 par la réalisation de sept projets pilotes de déploiement de FTTH en zone rurale.

L'Etat a simultanément lancé un appel à manifestation d'intention d'investissement pour connaître les communes dans lesquelles les opérateurs avaient l'intention de déployer des réseaux FTTH sur leurs fonds propres. L'ensemble de ces communes définissait la "zone AMII" désormais plutôt désignée sous le vocable "zone conventionnée". En effet, l'Etat a incité à plusieurs reprises les collectivités et les opérateurs à signer des conventions de programmation et de suivi des déploiements (CPSD) sous son égide, afin de formaliser les engagements pris en 2011.

En novembre 2011, SFR et Orange se sont accordés pour se répartir la tâche de déployer le FTTH sur les communes qu'ils avaient annoncé vouloir couvrir tous les deux. Au final, 150 communes ont été ajoutées à la liste déjà connue et devaient être déployées en co- investissement avec l'un ou l'autre des opérateurs comme chef de file.

Le financement public des projets de RIP THD reçoit le soutien de l'Etat dans le cadre du Plan France Très Haut Débit géré par l'Agence du Numérique.

1.2.2.3 - LE ROLE DE L'ARCEP

En application du Code des Postes et des Communications Electroniques, l'Arcep est tenue de faire régulièrement une analyse de marchés, qu'elle renouvelle tous les trois ans ou lorsque l'évolution du marché le justifie. La liste des marchés pouvant justifier l'imposition d'obligations réglementaires est définie par la Commission Européenne. Les différents volets de l'analyse des marchés peuvent être résumés par la figure 1.1.

Il faut souligner que l'analyse du marché 4, actuellement en cours, met en jeu un certain nombre de caractéristiques techniques qui sont notamment abordées au chapitre 3 du présent guide.

En 2016, trois décisions de l'Arcep ont fixé les règles pour le marché des infrastructures et des services à haut et très haut débit :



Figure 1.1 : analyse des marchés pertinents (source Arcep)

En 2016, trois décisions de l'Arcep ont fixé les règles pour le marché des infrastructures et des services à haut et très haut débit :

- 2014-0733 : Décision portant sur la définition du marché pertinent de gros des offres d'accès aux infrastructures physiques constitutives de la boucle locale filaire, sur la désignation d'un opérateur exerçant une influence significative sur ce marché et sur les obligations imposées à cet opérateur sur ce marché ;
- 2014-0734 : Décision portant sur la définition du marché pertinent de gros des offres d'accès haut débit et très haut débit activées livrées au niveau infranational, sur la désignation d'un

opérateur exerçant une influence significative sur ce marché et sur les obligations imposées à cet opérateur sur ce marché ;

- 2014-0735 : Décision portant sur la définition des marchés pertinents de gros des services de capacité, sur la désignation d'opérateurs exerçant une influence significative sur ces marchés et sur les obligations imposées à ce titre.

Suite à la loi de modernisation de l'économie (LME) d'août 2008, l'Arcep a repris la notion d'opérateur d'immeubles dans ses décisions et a créé le « Point de Mutualisation » qui permet de mutualiser le réseau entre opérateurs en aval de ce point.

Ce principe fondamental permet de désigner un opérateur d'immeuble (OI) comme responsable de la partie mutualisée des réseaux installés, tout en permettant la concurrence entre opérateurs, au bénéfice des occupants. L'Autorité a ensuite adopté deux décisions structurantes :

- en décembre 2009, une décision définissant les modalités d'accès aux lignes FTTH et particulièrement dans les zones définies comme très denses (ZTD) : « décision n°2009-1106 précisant, en application des articles L. 34-8 et L. 34-8-3 du code des postes et des communications électroniques, les modalités de l'accès aux lignes de communications électroniques à très haut débit en fibre optique et les cas dans lesquels le point de mutualisation peut se situer dans les limites de la propriété privée ». Depuis janvier 2014, les ZTD correspondent à une centaine de communes appartenant à une vingtaine d'agglomérations.
- en décembre 2010, une décision visant les déploiements **en dehors de ces zones** : « décision n°2010-1312 précisant les modalités de l'accès aux lignes de communications électroniques à très haut débit en fibre optique sur l'ensemble du territoire à l'exception des zones très denses ».

Ainsi, la première décision précise d'une part les principes généraux relatifs aux modalités de l'accès (mise à disposition d'informations, tarification et transparence) et, d'autre part, les cas dans lesquels, en ZTD exclusivement, le point de mutualisation peut se situer dans les limites de la propriété privée, ou celui de mise à disposition dans un immeuble d'une fibre optique supplémentaire sur demande d'un opérateur, permettant à ce dernier de disposer d'un réseau dédié de bout en bout garantissant un modèle de concurrence par les infrastructures.

Plus récemment, l'Autorité a regroupé la notion d'Opérateur d'Immeuble et celle d'Opérateur de RIP sous un même terme : l'Opérateur d'Infrastructure (OI). Selon les décisions n°2009-1106 et n°2010-1312, c'est la personne chargée de l'établissement ou de la gestion d'une ou plusieurs lignes de communications électroniques à très haut débit en fibre optique.

Un opérateur d'infrastructure peut exploiter plusieurs PM. Il peut également établir un NRO pour concentrer les liens de transport optique provenant de ces PM.

Il faut également citer le rôle d'Autorité de la Concurrence, dont les principales missions sont les suivantes :

- action répressive à l'encontre des pratiques anticoncurrentielles (fonction décisionnelle) ;
- contrôle préalable des opérations de concentration ;
- rôle consultatif, en rendant des avis de sa propre initiative ou à la demande de personnes morales représentant des intérêts collectifs, systématiquement pour les décisions prises par l'Arcep.

1.2.2.4 - LE ROLE DES COLLECTIVITES TERRITORIALES

En France, l'article L.1425-1 du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT) permet depuis 2004 l'implication des collectivités dans le domaine des réseaux. Ces Réseaux d'Initiative Publique (RIP) sont des réseaux ayant pour vocation première de desservir de manière équitable l'ensemble du territoire. Ces réseaux reposent sur une architecture à deux niveaux : les réseaux de collecte et les réseaux d'accès (ou de desserte).

Le réseau de collecte constitué d'une ou plusieurs boucles optiques constitue l'épine dorsale du réseau de collectivité. Il interconnecte les points structurants du territoire, à savoir, les points de présence des opérateurs dont les NRA, les zones d'activité ou encore les établissements publics ou privés (collèges, lycées, hôpitaux, pôles administratifs, etc.). De ce réseau, partent des liens de desserte pendulaires ou sécurisés, pour desservir des usagers.

Les réseaux d'accès correspondent à ce que l'on appelle communément la boucle locale. Dans le domaine des technologies optiques, on distingue la boucle locale mutualisée (BLOM) de la boucle locale dédiée (BLOD).

Une première génération de RIP, appelée RIP-1G, s'est principalement focalisée sur les réseaux de collecte. La seconde génération, appelée RIP-2G, concerne les réseaux d'accès, quelle que soit la technologie mise en œuvre (fibre, cuivre ou hertzienne).

1.2.2.5 - LES PRINCIPALES OBLIGATIONS TECHNIQUES REGLEMENTAIRES

Sans chercher à être totalement exhaustif, il nous est apparu très important de souligner l'impact des obligations réglementaires sur les composantes techniques des réseaux FTTH.

La réglementation fait référence à des « logements ou locaux à usage professionnel ». Dans la suite du texte, nous emploierons le terme « logements ».

Contraintes de mutualisation et de dimensionnement

Que ce soit en ZTD ou en dehors, le principe de neutralité technologique doit être respecté, les différents choix technologiques des acteurs du marché étant pris en compte dans le dimensionnement et la localisation du point de mutualisation (PM). Ce point de mutualisation regroupe un nombre minimum de lignes, qui varie en fonction de la zone concernée ; en aval de ce point, l'accès est mutualisé dans des conditions transparentes et non discriminatoires.

Les obligations réglementaires sont les suivantes :

- Pour les zones très denses (ZTD), il convient de distinguer 3 situations :
 - Les immeubles situés en zones très denses comportant ≥ 12 logements (3,2 millions de logements) :
 - Les PM peuvent être situés en pied d'immeuble et doivent comporter jusqu'à 4 fibres par logement ;
 - Les autres immeubles situés en zone très dense (1,5 million de logements) :
 - Les PM (en armoire) doivent être ≥ 100 lignes en mono-fibre ;
 - Les poches de basse densité (0,8 millions de logements)
 - Les PM doivent être ≥ 300 lignes en mono-fibre, quelle que soit la taille de l'immeuble ;
 - Dans le cas d'immeubles isolés, le PM multifibres peut être installé en chambre, en borne ou en façade ;
- Pour les zones moins denses (ZMD) qui représentent 27,7 millions de logements, les règles sont les suivantes :
 - Les PM doivent regrouper ≥ 1000 lignes en mono-fibre ;

- Par dérogation, des PM ≥ 300 lignes sont autorisés, à condition que le segment amont soit mutualisé au niveau d'un Point de Raccordement Distant Mutualisé (PRDM).

Les modalités de l'accès aux lignes de communications électroniques à très haut débit en fibre optique sont définies dans les décisions n°2009-1106 et n°2010-1312 de l'Arcep.

Réutilisation des infrastructures existantes

La réutilisation des infrastructures existantes a pour principal objectif l'optimisation économique des projets de déploiement des réseaux FTTH sur le territoire. On peut notamment citer l'ordonnance fourreaux n°2016-526 (voir § 5.2.3.1).

Les seules obligations réglementaires qui découlent des décisions de l'Arcep sont celles qui s'appliquent à l'opérateur historique, en tant qu'acteur « dominant ». Elles concernent les infrastructures souterraines (fourreaux et chambres) ainsi que les installations aériennes (appuis du réseau téléphonique). L'offre correspondante (GCBLO) décrit les modalités applicables (conditions, tarification et durée). En complément, il existe une offre d'hébergement des équipements des opérateurs dans les locaux d'Orange.

Par ailleurs, l'ouverture des infrastructures existantes concerne également les collectivités territoriales dans le cas où elles sont propriétaires de certaines installations, telles que des réseaux souterrains (réalisés par exemple dans le cadre de travaux d'enfouissement) ou des réseaux aériens de distribution d'électricité. Dans ce dernier cas, les règles doivent être établies en concertation étroite avec Enedis, concessionnaire du service de distribution d'électricité. Dans tous les cas, la mise à disposition des infrastructures existantes doit se traduire par la signature de conventions bi ou tripartites.

Notion de complétude

Le dimensionnement d'un PM doit permettre de raccorder l'ensemble des locaux de sa zone arrière (ZA) par la mise en place d'un réseau horizontal dans un délai « raisonnable » (de 2 à 5 ans) et à proximité immédiate des logements. L'obligation de publication par l'opérateur d'immeuble des informations relatives à la zone arrière (ZA) d'un PM, données fournies dans un format exploitable dans un Système d'Information Géographique (SIG). La communication de ces informations doit notamment permettre la prise en compte effective des éventuelles demandes d'hébergement des

équipements actifs et passifs au PM des opérateurs co-financeurs ab initio.

A partir du moment où l'opérateur d'infrastructure commence à déployer son réseau dans la zone desservie par le point de mutualisation, appelée zone arrière de point de mutualisation, qui couvre en général quelques centaines de locaux, il doit achever la pose de tous les points de branchement optique (PBO) nécessaires au raccordement de l'ensemble des locaux de cette zone dans un délai raisonnable.

L'Arcep fonde la complétude des déploiements sur les notions de local "raccordable" et non "raccordé". L'obligation de complétude ne s'applique qu'en dehors des zones très denses où peut émerger une concurrence par les infrastructures, la complétude s'imposant d'elle-même dans les immeubles collectifs.

Statut de « zone fibrée »

A la suite du rapport Champsaur sur l'extinction du cuivre, la loi du 6 août 2015 dite Macron inscrit le statut de "zone fibrée" dans le CPCE (article L33-11) et renvoyait, pour ses modalités d'application, à un décret qui n'est pas paru. L'Arcep a alors travaillé sur ce projet et proposé des modalités et conditions d'attribution du statut de "zone fibrée" qu'elle a mis en consultation publique début 2017.

Le statut de "zone fibrée" permet de reconnaître que le réseau de nouvelle génération en fibre optique a atteint les prérequis pour devenir le "réseau de référence". Au regard de la complexité des questions soulevées par la "zone fibrée", le rapport Champsaur soulignait l'intérêt d'avancer en parallèle sur plusieurs plans : organisationnel, réglementaire et tarifaire. Les travaux conduisant à définir l'ensemble des règles ne font que commencer.

Positionnement des PBO

En zone d'habitat regroupé, l'Arcep relève que les PBO desservent jusqu'à 12 logements, distants de moins d'une centaine de mètres. En zone d'habitat dispersé ou isolé, le respect de cette distance d'une centaine de mètres peut entraîner des surcoûts en raison de son inefficacité, pouvant amener à installer un PBO pour un seul local. A l'opposé, regrouper plusieurs abonnés sur un même PBO entraîne des longueurs de raccordement excessives, d'un coût dissuasif à la fois pour les opérateurs et pour les clients finals.

L'Arcep propose donc une solution intermédiaire : poser des PBO qui desservent trois voire deux locaux. L'objectif est d'éviter de trop longs cheminements en parallèle des lignes individuelles des abonnés tout en limitant le nombre de PBO posés.

1.3 - LES PHASES DE DEROULEMENT D'UN PROJET DE RIP

1.3.1 - LES ETUDES PRELIMINAIRES AVANT LANCEMENT DU PROJET

Avant le lancement effectif d'un projet qui résulte d'un vote de l'Assemblée Délibérante du Maître d'Ouvrage, un certain nombre de travaux préliminaires sont nécessaires pour proposer et définir les objectifs stratégiques du projet et pour déterminer l'enveloppe budgétaire nécessaire à sa mise en œuvre opérationnelle.

1.3.1.1 - LA MAITRISE D'OUVRAGE

Pour porter et conduire un projet, diverses formes de gouvernance peuvent être mises en œuvre :

- Une **collectivité**, lorsqu'elle décide d'assurer seule la gouvernance ;
- La **Régie** : il s'agit d'un établissement public local qui a pour objet de concevoir, construire, financer et exploiter les réseaux de communications électroniques ;
- Le **Syndicat Mixte Ouvert (SMO)** : il s'agit d'un établissement public qui permet d'assurer la coopération entre plusieurs collectivités territoriales, leurs groupements et d'autres personnes morales de droit public, parties prenantes du numérique ;
- La **Société Publique Locale (SPL)** : il s'agit d'une Société Anonyme dont le champ d'intervention est globalement comparable à celui des Sociétés d'Economie Mixte Locales (SEML).

Pour conduire les différentes missions, le Maître d'Ouvrage s'appuie généralement sur des Cabinets Conseils spécialisés qui assurent des missions d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO).

1.3.1.2 - LES ETUDES PREALABLES

Depuis 2009, une gouvernance de l'action territoriale de l'Etat et des Collectivités a été instaurée en introduisant notamment le SCORAN (Stratégie de Cohérence Régionale sur l'Aménagement Numérique) et le SDTAN (Schéma Directeur Territorial d'Aménagement Numérique), ces différents documents s'articulant avec d'autres documents d'aménagement et de planification territoriale, comme le montre la figure 1.2.

Le SDTAN est un outil stratégique qui a pour objectif de construire un projet d'aménagement numérique cohérent articulant les initiatives publiques et les investissements privés. Il détermine en particulier les modalités de réalisation à long terme.

Un même territoire ne peut faire l'objet que d'un seul SDTAN, celui-ci étant défini à un niveau au moins départemental.

Échelle	Documents d'aménagement et de planification territoriale		Infras numériques/ stratégie (organisation)	Services/usages numériques	
Région	Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité du territoire (SRADDET)		Stratégie de cohérence régionale pour l'aménagement numérique (SCoRAN 2)		Plans d'actions e-administration, e-éducation, e-formation
	Schéma régional de développement économique d'innovation et d'internationalisation (SRDEII)				e-santé, e-entreprise, etc.
	Schéma régional de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation (SRESRI)		Schéma directeur territorial d'aménagement numérique (SDTAN)	Schéma directeur des usages et services (SDUS)	Schéma départemental d'amélioration de l'accessibilité des services au public (SDAASAP)
Département (un ou plusieurs)					
Intercommunalités	SCOT	PLUi (PLH, PDU)			FrenchTech, Fablabs
Commune					CityLabs EPN

Figure 1.2 : articulation des documents (source : CEREMA Ouest)

En règle générale, plusieurs scénarios sont décrits et évalués économiquement avant d'être soumis aux instances décisionnaires du Maître d'Ouvrage. Les choix techniques peuvent combiner le FTTH et des technologies alternatives de montée vers le THD.

Les outils associés sont généralement basés sur la combinaison de logiciels SIG pour cartographier les zones d'intervention, facilitant l'appropriation par les Collectivités et de tableurs permettant de faire varier un grand nombre de paramètres technico-économiques.

Le schéma d'ingénierie constitue une étape de définition plus précise du scénario retenu par le Maître d'Ouvrage. Il constitue souvent une des composantes du dossier de candidature soumis au FSN (Fonds national pour la Société Numérique) pour l'obtention de subventions nationales pour la réalisation des projets.

Dans tous les cas, le schéma d'ingénierie doit prendre en compte les éléments suivants :

- Positionnement des principaux nœuds du réseau (NRO, SRO/PM, PBO) ;

- Définition des zones arrière des PM ;
- Description des infrastructures prévues pour les différents tronçons (souterrain ou aérien) en distinguant les projets de réutilisation d'infrastructures existantes.

Plus récemment, la notion de Schéma Directeur des Usages et Services (SDUS) a été introduite, document qui vise à doter le territoire d'un cadre d'intervention pour le développement des services.

1.3.1.3 - LE LANCEMENT DU PROJET

C'est à partir des conclusions et recommandations des études préalables que les délibérations sont prises par les élus afin d'engager officiellement le projet, celui-ci pouvant être structuré en plusieurs phases successives.

En fonction des choix effectués par l'assemblée délibérante, les procédures de lancement et d'attribution des marchés sont engagées. Parallèlement, les dossiers de demande de subvention sont établis, notamment ceux destinés à obtenir les aides financières attribuées par l'Agence du Numérique dans le cadre de l'appel à projets France Très Haut Débit.

Ils font l'objet d'un examen par un comité d'experts issus des administrations compétentes, notamment la Direction générale des entreprises (DGE), le Commissariat général à l'égalité des territoires (CGET), la Direction générale des collectivités locales (DGCL), la Direction générale des Outre-Mer (DGOM) dans le cas des projets ultramarins, le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) et du Commissariat général à l'investissement (CGI).

Après avis du « comité de concertation France Très Haut Débit » et avis du Préfet de région, le Comité d'engagement peut adopter une proposition d'attribution d'aide soumise à l'approbation du Premier ministre. Le processus d'attribution des financements, placé sous l'autorité du comité d'engagement, s'effectue en deux phases successives : un accord préalable de principe et une décision de financement. La figure 1.3 donne la représentation cartographique des dossiers soumis au FSN, ainsi que leur état d'avancement à juin 2017.

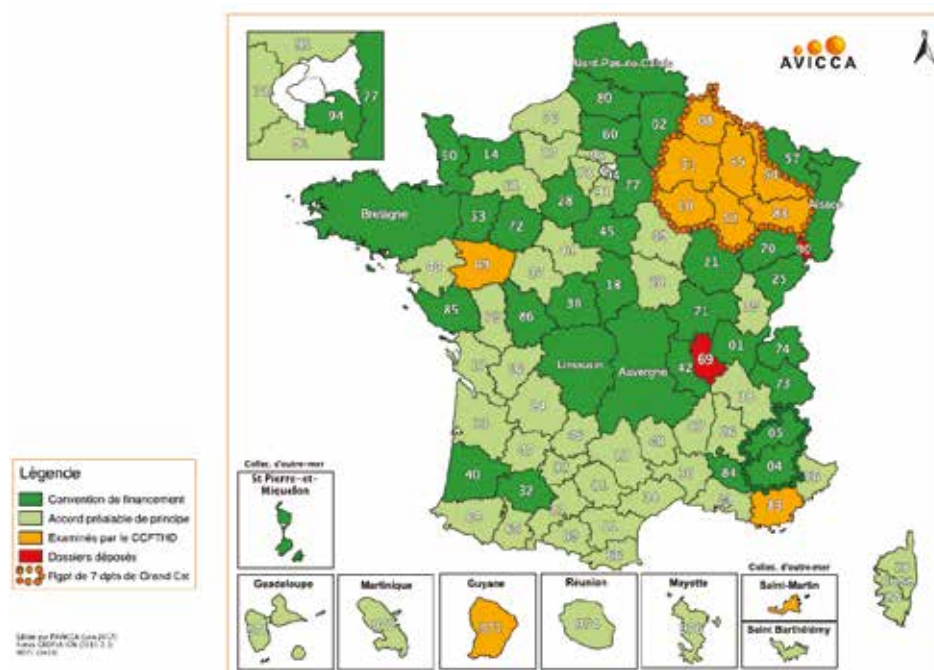


Figure 1.3 : représentation cartographique des dossiers FSN (source AVICCA)

1.3.2 - LES DIFFERENTS MODES DE PASSATION DES MARCHES PUBLICS

Les montages contractuels destinés à la Construction et à l'Exploitation Technique et Commerciale du Réseau sont encadrés par la loi, notamment au travers du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT) et les règles de passation des marchés sont soumises au Code des Marchés Publics (CMP) dont une nouvelle version a été publiée le 25 mars 2016, celle-ci facilitant notamment le recours à la négociation.

Les différents montages contractuels possibles, qui font l'objet de ce chapitre, diffèrent notamment par les responsabilités de financement portées par les différents acteurs.

Dans le processus de choix du montage, les Collectivités tiennent compte d'un certain nombre de paramètres clés, tels que :

- Leur capacité d'endettement et d'investissement ;
- Leur capacité à mobiliser l'investissement privé ;
- Leur volonté de s'impliquer fortement sur le projet et de maîtriser les aléas associés ;
- Leur volonté d'adapter le projet aux évolutions d'origine externe ;
- La durée de contractualisation (avant relance d'une nouvelle procédure).

Sans entrer dans les détails, on décrira et on comparera dans les paragraphes suivants les principaux modes suivants :

- Marchés de travaux et de services ;
- Marchés de Concession de Travaux et de Services, anciennement connus sous le nom de Délégation de Service Public (DSP) de type concessif ;
- Marchés de travaux suivis de Marchés de Concession de Services, anciennement connus sous le nom de Délégation de Service Public de type affermage ;
- Marchés de Concession de type affermo-concessif, combinant les deux précédents ;
- Contrat CREM (conception/réalisation/exploitation/maintenance) ;
- Contrat de partenariat public-privé (PPP).

Evidemment, quelques variantes peuvent être retenues.

1.3.2.1 - LES MARCHES DES TRAVAUX ET SERVICES

Il s'agit ici du cas où le maître d'ouvrage qui porte le projet décide de s'établir directement comme opérateur d'infrastructures, sans délégation de service public.

La collectivité passe alors directement tous les marchés de travaux et de services. Pour ce faire, elle peut utiliser une procédure de dialogue compétitif ; contrairement aux marchés traditionnels basés sur un cahier des charges techniques (CCTP), on s'appuie alors sur un programme fonctionnel (PF) qui impose un travail plus fouillé de la part des candidats ; cette procédure implique des négociations plus longues et plus complexes.

La collectivité assure le financement total des opérations ainsi que les risques associés.

Il faut souligner le caractère complexe des marchés « télécom » qui requièrent de la part des collectivités concernées des compétences très pointues.

1.3.2.2 - LES MARCHES DE CONCESSION DE TRAVAUX ET SERVICES

Ce montage est bien connu dans le domaine des réseaux fibres optiques puisqu'il a été le mode privilégié des RIP de première génération. Le lancement d'un marché de concession de travaux et de services s'appuie en particulier sur un modèle économique élaboré au préalable par le

Maître d'Ouvrage et son AMO (Assistant à Maître d'Ouvrage). La modélisation financière est double : celle liée à la collectivité elle-même (endettement, amortissement des prêts...) et celle liée au futur délégataire, avec la mise en évidence du Taux de Rendement Interne (TRI) du projet. Une partie de l'investissement est réalisé par le Délégataire, avec l'apport de subventions locales, nationales ou européennes. Lorsque le TRI prévisionnel est jugé suffisant au sens des habitudes de la profession, le modèle est jugé théoriquement viable et le lancement d'un marché de concession de travaux et de services peut être décidé, avec un faible risque de procédure infructueuse. La durée du marché est souvent de 20 à 25 ans.

1.3.2.3 - LES MARCHES DE TRAVAUX SUIVIS D'UN MARCHÉ DE CONCESSION DE SERVICE

Lorsque le modèle économique du marché de concession de travaux et de services ne fonctionne pas (TRI trop faible par exemple), risquant d'aboutir à une procédure infructueuse ou à une requalification de la concession de travaux en marchés de travaux, le Maître d'Ouvrage peut décider de construire le réseau, puis d'en confier l'exploitation à un fermier.

Pour la construction de l'infrastructure du réseau, plusieurs options sont possibles :

- Le Maître d'Ouvrage recherche un Maître d'œuvre, en conformité avec la loi MOP :
 - le Maître d'Ouvrage doit être en mesure de faire une analyse détaillée des différentes compétences et expériences requises pour les candidats ;
- Le Maître d'Ouvrage s'établit comme Maître d'œuvre et se fait assister par une AMO qui réalise une étude préalable afin de lancer un marché de conception/réalisation,
 - Comme l'étude préalable ne permet généralement pas de produire un Bordereau de Prix Unitaires (BPU) ou un Devis Quantitatif Estimatif (DQE) suffisamment détaillé, le lancement du marché s'appuie sur une procédure de dialogue compétitif, telle que présentée précédemment ;
 - L'attributaire du marché reprend et affine le travail de l'AMO.

Pour l'exploitation technique et commerciale du réseau, on peut lancer un Marché de Concession de Service, anciennement Délégation de Service

Public (DSP) d’Affermage. Les missions confiées au fermier peuvent également comprendre l’activation du réseau, et éventuellement les raccordements, ce qui peut constituer un paramètre important pour calibrer la durée du contrat. De plus, le contrat peut être organisé en tranches de façon à tenir compte des différentes étapes de livraison prévues dans le marché de travaux.

Il est fortement recommandé de lancer le marché d’affermage suffisamment tôt pour que l’entreprise attributaire soit associée étroitement à la définition du marché de travaux (APD notamment), afin de mieux garantir l’acceptabilité, par le fermier, des infrastructures qui seront mises à sa disposition et ultérieurement par les futurs FAI.

1.3.2.4 - LES MARCHES DE CONCESSION DE TYPE AFFERMO-CONCESSIF

Il s’agit ici d’une combinaison des deux montages précédents, certains secteurs du territoire étant traités dans le cadre d’une concession de travaux et de services alors que les autres secteurs où ce montage ne serait pas rentable sont traités par une simple concession de service, la construction des réseaux faisant l’objet de marchés de travaux. La découpe peut aussi intervenir à différents niveaux de la hiérarchie du réseau.

1.3.2.5 - LES CONTRATS CREM

Le marché de Conception / Réalisation / Exploitation / Maintenance est un marché public global confié à un seul titulaire en vue d’atteindre des objectifs chiffrés de performances. Il correspond à l’article 73 du Code des Marchés Publics, qui a été ajouté

en 2011 à la loi Grenelle I du 3 août 2009. Il n’y a pas de délégation du service public.

Selon les termes officiels, la durée du marché doit être supérieure aux délais nécessaires à la réalisation des objectifs, mais elle est limitée dans le temps de façon à garantir la remise en concurrence périodique des acteurs économiques.

Ce type de marché requiert un fort investissement initial, comparable à celui d’une DSP à 25 ans. Les recettes de commercialisation sont reversées à la Collectivité.

1.3.2.6 - LES CONTRATS DE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVE (PPP)

Pour ce type de contrat, la totalité des investissements est financée par le titulaire. Le maître d’ouvrage (la collectivité) verse un loyer annuel au Titulaire.

Le lancement de la procédure s’appuie sur un programme fonctionnel (PF) qui impose un travail plus fouillé de la part des candidats ; cette procédure implique des négociations plus longues et plus complexes.

Même si le Maître d’Ouvrage inclut des prestations de commercialisation dans le contrat, la responsabilité correspondante et les risques associés restent de son ressort.

1.3.2.7 - COMPARAISON

Le tableau 1.1 compare les différents montages possibles en fonction du nombre d’intervenants impliqués et du nombre de marchés à passer. Enfin, il faut souligner que, selon le choix retenu,

	Établissement comme opérateur	DSP Affermage	DSP Concessive	CREM	Contrat de Partenariat
Maîtrise d’Ouvrage	Collectivité				
	Marchés d’AMO				
Maîtrise d’Œuvre	Collectivité	Marché d’AMO / Maître d’œuvre	Contrat de DSP	Contrat CREM	Contrat de PPP
Construction	Marchés de travaux	Marchés de travaux			
Activation		Contrat d’Affermage	Délégataire	Titulaire	Titulaire
Exploitation technique	Marchés de services	Délégataire (Fermier)			
Exploitation Commerciale	Marchés de services				Titulaire

Tableau 1.1: comparaison des responsabilités pour les différents montages

Analyse SWOT	Construction et exploitation par la collectivité (régie)	Marché de travaux + DSP d'affermage	DSP concessive	CREM	Contrat de partenariat public privé (PPP)
Forces	Maîtrise totale du projet	La collectivité reste proche de son cœur de compétences	Transfert des risques vers délégataire Moins d'investissement pour la Collectivité	Procédure unique Transfert des responsabilités sur une seule entité	Flexibilité Prévisibilité financière et contractualisation précise Respect des délais
	Adaptabilité aux choix stratégiques des élus et à leur évolution				
Faiblesses	Pas d'expérience en exploitation de réseaux télécoms	Procédure en deux ou trois étapes et coordination des plannings	Périmètre peu évolutif (via négociation d'avenants)	Périmètre peu évolutif (via négociation d'avenants)	Procédure nettement plus lourde et plus longue que la DSP
Risques	Maîtrise délicate de l'obsolescence Déséquilibre entre revenus et coûts	Négociation délicate sur la redevance et la durée	TRI conforme aux attentes des délégataires	Risque financier uniquement porté par la collectivité	Besoin évaluation préalable Partage des risques
Opportunités	Possibilité de synergie avec des projets similaires		Procédure classique RIP 1G		Procédure classique RIP 1G

Tableau 1.2 : comparaison des montages

le délai entre le lancement de la procédure initiale et la livraison des premiers secteurs géographiques peut être de 3 à 4 ans, ce qui peut créer des frustrations de la part des habitants, si la stratégie d'annonce n'est pas maîtrisée.

1.3.2.8 - POINTS DE VIGILANCE

Le choix du montage contractuel peut avoir un impact plus ou moins important sur la pérennité des infrastructures qui découle de la qualité d'exécution des différentes missions effectuées par les différents intervenants. Il est donc nécessaire que la puissance publique s'assure de l'adéquation entre les objectifs attendus et le profil des candidats (références et outils associés). Une mauvaise appréhension de ce que doit être une tâche donnée peut conduire à des livrables non conformes aux bonnes pratiques. A titre d'exemple, on peut souligner que les outils utilisés pour les APD prennent en compte les données cartographiques précises (coordonnées GPS) pour toutes les infrastructures mobilisées, notamment les appuis aériens.

La maîtrise des budgets impose un bon suivi des aléas financiers, ceux-ci pouvant être liés à des causes diverses (négociations difficiles avec les riverains, retards administratifs, évolution des règles tarifaires...). L'optimisation des coûts est un sujet sensible : il peut y avoir duplication de certaines tâches réalisées à différentes étapes, comme par exemple les études d'APD réalisées par le Maître d'œuvre puis complètement reprises par l'entreprise en charge des travaux. Les écarts par rapport au budget initial voté par les élus peuvent se traduire par des modifications apportées en cours de route sur les objectifs

initiaux (ratio FTTH/ MeD/radio ou délais de complétion) afin de « tenir le budget ».

Un autre risque est celui lié à l'attractivité du réseau pour les opérateurs commerciaux (OCEN notamment) :

- L'ingénierie de construction du réseau et la documentation associée doivent être validées par des entreprises qui ont une connaissance opérationnelle détaillée des règles, outils et procédures utilisés par eux ;
- Dans le cas d'un projet totalement conduit par un seul titulaire (DSP concessive, CREM ou PPP), les candidats sont généralement bien au fait des attentes des FAI ;
- Dans le cas où la responsabilité de construction du réseau est différente de celle en charge de l'exploitation technique et commerciale (DSP d'Affermage), les risques d'écart sont beaucoup plus importants : il est recommandé de choisir le futur fermier **avant** le lancement des marchés de travaux, afin de l'associer à l'élaboration du CCTP ;
- La responsabilité de « commercialisation » n'est pas la même selon le montage retenu :
 - La responsabilité des titulaires/délégataires en matière de commercialisation aux FAI doit être contractualisée avec soin, surtout lorsque la réussite de cette commercialisation impacte peu l'exploitant du réseau (cas de l'affermage et des PPP) ;
 - Néanmoins, le maître d'ouvrage peut toujours introduire des clauses d'intéressement à la commercialisation dans les contrats, afin d'équilibrer les responsabilités.

2

LES RESEAUX DE COMMUNICATIONS ELECTRONIQUES

LES RESEAUX DE COMMUNICATIONS ELECTRONIQUES

2.1 - IMPACT DE L'EVOLUTION DES BESOINS SUR LES RESEAUX DE COMMUNICATION

Les technologies de transmission et de commutation se sont succédées jusqu'au développement récent des technologies optiques, radio ou satellite, l'ouverture vers les mobiles et l'explosion d'Internet. En parallèle, la radio et la télévision ont vécu une évolution aussi riche, se traduisant dès 1948 par l'apparition des premiers réseaux câblés de télédistribution et les premiers réseaux de télédiffusion par satellite. Malgré des origines et des problématiques différentes, les mondes des télécommunications, de l'informatique et de l'audiovisuel voient leurs sphères d'influence s'entremêler en raison de leur ouverture respective sur une palette plus large de services et d'applications.

On peut d'ores et déjà distinguer plusieurs types de réseaux :

- les réseaux traditionnels de communications électroniques, orientés téléphonie, dont les infrastructures ont évolué vers le haut débit grâce aux technologies fixes xDSL mais, également mobiles, avec la succession des générations, qui doivent absorber l'explosion du trafic de données ;
- les réseaux informatiques, orientés données, comprenant également les réseaux locaux d'entreprise (LAN - Local Area Network) ;

- les réseaux câblés de télédistribution, initialement orientés image et destinés aux usagers résidentiels.

Ces différents réseaux évoluent aujourd'hui pour s'appuyer sur des technologies et des infrastructures communes et convergentes pour apporter tous les services à l'utilisateur (voix, données, image). De par ses caractéristiques de transmission longue distance sans régénération, sa faible latence et sa transmission très large bande, la fibre optique s'impose petit à petit comme le médium commun à tous ces types de réseaux et applications. Associée au protocole IP (Internet Protocol), elle permet la mise en œuvre de réseaux multiservices appelés « réseaux de communications électroniques ». Son usage a maintenant atteint le réseau d'accès vers les utilisateurs. Il s'agit des technologies FTTH pour Fiber To The Home (la fibre jusqu'au domicile).

2.1.1 - USAGERS RESIDENTIELS

Pour les usagers résidentiels, il est nécessaire que l'infrastructure puisse supporter une offre « triple-play » qui comprend des services de vidéo, gourmands en bande passante, de téléphonie et d'accès à l'Internet. Les débits nécessaires pour les services de télévision dépendent des technologies de codage et de compression utilisées (tableau 2.1).

Programme TV / Qualité	Codage MPEG-2	Codage MPEG-4 / AVC
SD – Définition Standard	4,5 Mbit/s	2,5 Mbit/s
HD – Haute Définition	16 à 20 Mbit/s	8 à 12 Mbit/s
HD 3D		16 à 25 Mbit/s
UHD - Ultra Haute Définition (4k)		25 Mbit/s

Tableau 2.1 : débit nécessaire par programme TV

La fourchette des besoins relatifs aux usagers résidentiels est très large puisqu'elle dépend du nombre et de l'âge des personnes occupant chaque logement. On a maintenant tendance à se référer au nombre d'écrans présents dans le logement, qu'il s'agisse de postes de télévision, d'ordinateurs fixes et portables ou de tablettes, auxquels il faut ajouter les smartphones qui basculent sur le réseau WiFi du logement.

Les besoins **moyens** associés à chaque logement sont fondés sur les hypothèses suivantes :

- Programmes de télévision : en moyenne quatre terminaux (écrans ou enregistreurs)

pour des services simultanés de programmes de télévision diffusés (broadcast) ou dédiés (VOD), en qualité numérique, avec prise en compte de l'Ultra Haute Définition (UHD) ;

- Accès Internet à haut débit : navigation, télétravail, transfert de fichiers, Cloud Computing, jeux en réseau, visiophonie IP ;
- Téléphonie (VoIP).

Par conséquent, les besoins moyens par logement s'expriment conformément au tableau suivant :

Service / débit par logement	Voie Descendante	Voie de Retour
4 TV UHD (MPEG4)	100 Mbit/s	-
Accès Internet (Web)	3,5 Mbit/s	1,5 Mbit/s
Téléphonie	< 0,5 Mbit/s	<0,5 Mbit/s
Autres services : visiophonie, télétravail, Cloud Computing, jeux, etc.	6 Mbit/s	18 Mbit/s
TOTAL	110 Mbit/s	20 Mbit/s

Tableau 2.2 : débit nécessaire par logement « moyen »

Il convient de souligner que ces hypothèses évoluent en permanence à la hausse, notamment en ce qui concerne le « nombre d'écrans » par logement. On voit bien que la définition « officielle » du Très Haut Débit doit rapidement évoluer pour atteindre au minimum 100 Mbit/s pour la voie descendante ; il serait d'ailleurs souhaitable de définir également une valeur minimum pour la voie remontante.

Soulignons que le caractère asymétrique des besoins exprimés dans ce tableau va rapidement s'atténuer en raison de l'importance grandissante des applications nécessitant la mise en œuvre de débits plus élevés dans le sens remontant, comme l'échange de fichiers photos, vidéo et audio, les jeux en réseau, le développement de blogs vidéo ou encore la visiophonie. Le « Cloud Computing » encourage le déport des données et des applications dans des centres d'hébergement raccordés à l'Internet.

Le trafic de téléphonie sur IP est, quant à lui, peu gourmand en bande passante mais demande un temps de latence du réseau relativement faible et constant.

Au-delà du caractère « grand public » des usages des clients résidentiels, il convient de souligner la forte augmentation des usages professionnels à l'intérieur même du domicile, qu'il s'agisse de petits professionnels, des personnes mettant en œuvre le télétravail, ou tout simplement celles désirant retrouver à la maison la qualité des services dont elles disposent au sein de leur entreprise. Les critères de qualité de service « améliorée » sont donc également à prendre potentiellement en compte dans les raccordements de tous les logements dans le cadre de la BLOM.

2.1.2 - USAGERS PROFESSIONNELS

La plupart des entreprises, même de petite taille, disposent d'un réseau LAN (Local Area Network) pour interconnecter leurs PC et les périphériques associés. Par ailleurs, les communications téléphoniques sont traditionnellement gérées à travers un PABX. L'accès individuel à l'Internet est traité à travers le réseau LAN via un serveur connecté avec le monde extérieur, sans oublier la convergence voix/données/images à travers des PABX fondés sur IP (Internet Protocol) ou ToIP (Telephony over IP), les solutions de visioconférence et la diffusion d'images vidéo sur IP. Au-delà du réseau d'entreprise limité à un territoire privé, il est nécessaire de mettre en œuvre des solutions à couverture plus large permettant la mise en place d'applications telles que l'Intranet et l'Extranet sans oublier l'interconnexion avec les télétravailleurs distants ou nomades.

On parle alors de WAN (Wide Area Network) ou de VPN (Virtual Private Network). Le WAN est établi sur la base de lignes spécialisées louées à un opérateur. C'est une pratique très répandue, mais coûteuse. La notion de VPN permet d'offrir une alternative aux WAN, par le déploiement des liaisons sur des infrastructures partagées.

Evidemment, les besoins des entreprises varient fortement en fonction du nombre de postes de travail et du type d'échange avec le monde extérieur. Pour la majorité des entreprises, le besoin dépassera plusieurs dizaines de Mbit/s d'ici les prochaines années. La demande s'oriente vers des liaisons symétriques, c'est-à-dire que les débits sont équivalents sur la voie descendante (vers l'utilisateur) et la voie retour (vers le cœur du réseau).

Il faut noter que de plus en plus de collaborateurs dans les entreprises se retrouvent en situation de télétravail ou en situation de travailleur nomade numérique pour des durées de connexion sans cesse croissantes. Les télétravailleurs utilisent souvent un accès Internet domestique à haut débit (de l'ADSL au FTTH). Les nomades numériques utilisent de préférence un « Hotspot Wi-Fi » ou un accès Internet mobile (3G, 3G+, 4G et 4G advanced) qui se réduit parfois à un accès EDGE dans les zones moins denses.

Le télétravail a un impact environnemental positif en limitant les déplacements mais poserait un problème social d'isolement du télétravailleur. C'est pourquoi, de nombreuses sociétés s'orientent vers un télétravail partiel avec des temps de présence

au sein de l'entreprise.

Le trafic engendré par les entreprises croît fortement d'une part à cause du trafic engendré par les utilisateurs et, d'autre part, à cause du trafic engendré par les répliques et sauvegardes des données hébergées dans les centres d'hébergement (data center). En effet, suite au 11 septembre 2001, les entreprises ont élaboré des Plans de Reprise d'Activité basés sur des architectures à haute disponibilité mettant en œuvre la redondance de deux sites distants reliés par une liaison à très haut débit et faible latence.

Pour les usages et applications destinés aux professionnels, il faut souligner que les besoins ne se résument pas à des caractéristiques de débits descendant et remontant, mais que d'autres critères sensibles doivent être satisfaits, relatif à la qualité de service (QoS). En particulier, la disponibilité du service requise par certains professionnels impose des contraintes de conception et d'exploitation des réseaux d'accès. Une disponibilité de 99,98% correspond à une indisponibilité cumulée inférieure à 2 heures par an. Les engagements des opérateurs de services en termes de GTI (Garantie de Temps d'Intervention) et de GTR (Garantie de Temps de Rétablissement) doivent trouver une réponse sur les installations empruntées par les liaisons concernées.

Les causes potentielles d'indisponibilité du service peuvent provenir de plusieurs origines qu'il convient de hiérarchiser pour prévoir les solutions les plus adaptées ; ils sont présentés ci-après par ordre de fréquence croissante :

- La défaillance des équipements insérés dans la chaîne de transmission ; on se réfère alors au MTBF annoncé par les constructeurs ;
- Les interventions intempestives des équipes techniques intervenant sur les différents nœuds du réseau d'accès (NRO, SRO et PBO), notamment sur la partie optique passive ;
- Les ruptures accidentelles intervenant sur les câbles optiques eux-mêmes, qu'ils soient installés en souterrain (coups de pelleuses malencontreux) ou en aérien (chute des appuis).

La redondance et la sécurisation (maillage) des liens optiques jusqu'à un niveau proche des utilisateurs est alors nécessaire pour garantir ces caractéristiques de GTI et GTR. Néanmoins, le caractère arborescent natif des réseaux FTTH impose la prise en compte ciblée de ces contraintes en adaptant/complétant les architectures de base,

notamment pour la desserte des zones d'activités économiques.

2.1.3 - USAGERS INSTITUTIONNELS

L'administration, l'éducation, la culture, la santé, la recherche et bien d'autres secteurs utiliseront les technologies de l'information pour valoriser le tissu socio-économique et dynamiser les bassins d'emplois :

- l'administration électronique couvre des domaines d'applications aussi variés que les systèmes d'information territoriaux (SIT) de l'Etat, l'interconnexion de sites au sein d'un GFU (Groupe Fermé d'Utilisateurs) ou les télé-services publics (démarches administratives en ligne, consultation de données d'urbanisme, relevé de délibérations) ;
- la gestion des équipements collectifs (télé-surveillance des feux tricolores, vidéosurveillance urbaine, transports urbains) ;
- le raccordement des établissements d'enseignement et de formation, pour atteindre chaque salle de classe sans négliger l'enseignement à distance ;
- les services de santé pour lesquels on peut citer un grand nombre d'applications tels que le télé-diagnostic, l'hospitalisation à domicile, le maintien à domicile, la télé-chirurgie et les échanges de fichiers d'imagerie médicale ;
- ce panorama partiel des besoins des collectivités ne doit pas occulter l'élément moteur de développement que constitue le rôle des Collectivités Territoriales en matière d'**Aménagement du Territoire**. Il est important de considérer le cas spécifique des ZAC, qui constituent un terrain particulièrement attractif pour les applications professionnelles dans la mesure où elles concentrent plusieurs utilisateurs dans une zone limitée. L'aménageur de la ZAC doit apporter à ses clients la connectivité haut débit grâce à un **réseau de desserte** local se raccordant avec les autres **réseaux d'accès** existants.

2.1.4 - AUTRES USAGES

Au-delà des usages liés aux différentes catégories d'utilisateurs directs des services en très haut débit, il est nécessaire de balayer quelques usages que l'on peut qualifier de « techniques » dans la mesure où des objets techniques installés sur le territoire nécessitent la mise en œuvre d'une connectivité à très haut débit. Leur prise en compte lors des études peut impacter le dimensionnement des artères ainsi que le graphe du réseau de desserte.

La première catégorie concerne la desserte des points hauts qui constituent les nœuds des stations de base assurant la couverture du territoire pour des services variés comme la diffusion des programmes de télévision (TNT) ou la téléphonie mobile. Le déploiement de la 4G puis, demain, de la 5G induit une augmentation significative des échanges entre les stations de base et le cœur du réseau, conduisant à imposer les technologies fibre optique pour réaliser ces liens. Ce domaine est décrit sous le vocable FTTA (Fibre To The Antenna).

La seconde catégorie concerne le raccordement des armoires « actives » qui assurent un certain nombre de fonctions liées à la vie des territoires, telles que l'éclairage public, l'illumination des monuments ou la gestion des feux de signalisation. Les considérations liées aux économies d'énergie conduisent les opérateurs spécialisés à introduire des fonctions de contrôle/commande de façon à réguler ces dispositifs de façon optimisée. Même si le débit des données qui sont échangées est particulièrement faible par rapport aux définitions du très haut débit, l'existence d'un réseau mutualisé de télécommunications milite en faveur d'une évolution forte des pratiques d'exploitation.

Enfin, on peut ajouter les systèmes de vidéo protection pour lesquels les liens de transmission pourraient également s'appuyer sur un réseau mutualisé en fibres optiques.

Tous ces usages rentrent dans l'environnement des **territoires connectés**, adaptation de la notion de « Ville Intelligente » (ou « Smart City »).

2.2 - TYPOLOGIE DES RESEAUX DE COMMUNICATIONS ELECTRONIQUES

Les réseaux de communications électroniques permettent la mise en relation des usagers à travers des offres de service. La fourniture d'un service s'appuie sur un ensemble de ressources matérielles et logicielles.

L'interconnexion des **différents niveaux hiérarchiques** des réseaux (figure 2.1) correspond à différents niveaux d'agrégation des flux de données des différents utilisateurs, et souvent à différentes technologies. Ceci peut se faire au sein du réseau global d'un opérateur unique, ou bien correspondre à une interface entre les réseaux de deux opérateurs, l'un disposant d'un réseau sur un niveau (par exemple la desserte), l'autre étant présent sur un autre niveau (par exemple la collecte). Les deux opérateurs relient alors l'un à l'autre leurs POP (point of presence, généralement un local ou une salle abritant des serveurs et équipements nécessaires à l'interconnexion).

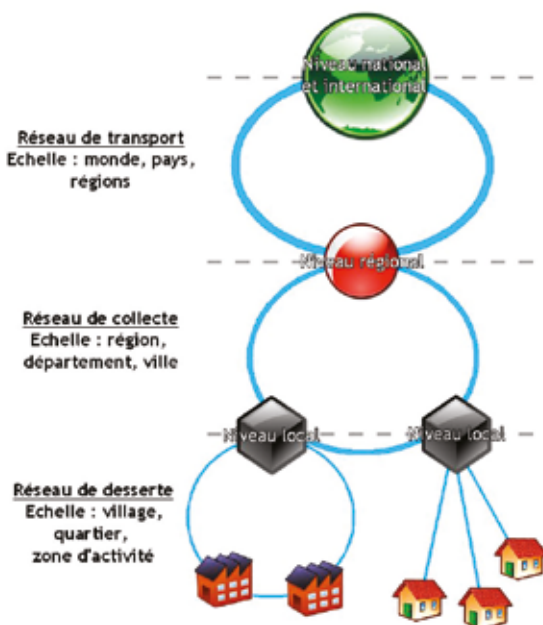


Figure 2.1 : représentation des différents niveaux hiérarchiques des réseaux (source CEREMA)

En première approche et quelle que soit sa nature, un réseau pourra être modélisé à partir de deux éléments de topologie : des nœuds et des arcs.

Les nœuds abritent les éléments de réseaux (brasseurs, multiplexeurs, routeurs, commutateurs, etc.) assurant principalement des fonctions d'agrégation (multiplexage) et d'aiguillage (commutation, brassage, etc.) de trafic.

Les arcs, matérialisés par les supports de transmission relient les nœuds entre eux.

Il existe trois grandes familles de supports de transmission :

- Supports métalliques : paires cuivre, câbles coaxiaux ;
- Liaisons radioélectriques : faisceaux hertziens, boucle locale radio (BLR), satellites ;
- Fibres optiques.

2.2.1 - LES RESEAUX PUBLICS DE TELECOMMUNICATIONS

Les réseaux d'opérateurs sont déployés autour d'un backbone ou réseau dorsal qui constitue l'épine dorsale du réseau. Il relie les points de présence (POP) de l'opérateur sur un territoire.

Le backbone peut lui-même être subdivisé en cœur de réseau constitué des liens interurbains longue-distance et des réseaux métropolitains couvrant une agglomération ou un département. Le cœur de réseau est essentiellement un réseau de transport. Il interconnecte les réseaux métropolitains qui assurent une fonction de collecte entre les nœuds d'accès. Les réseaux d'accès permettent quant à eux le raccordement des clients (particuliers, entreprises) sur le backbone.

Ces différentes strates de réseau (cœur, métropolitain, accès) peuvent être caractérisées, en première approche, par :

- leur fonction (transport, collecte, desserte) ;
- la distance entre les nœuds ;
- le débit par port.

Ces caractéristiques déterminent très largement les choix technologiques dans la mise en œuvre de ces réseaux : support, architecture, technique de transport, etc.

Réseau	Fonction	Distances	Débit/port
Réseau Cœur (longue distance, interurbain, WAN)	Interconnexion	Quelques centaines de km	Quelques 100 Gbit/s
Réseaux métropolitains (régional, MAN, ...)	Collecte	Quelques dizaines de km	Quelques Gbit/s
Réseaux d'accès	Desserte	Quelques km	Quelques Mbit/s

Tableau 2.3 : les différentes couches de réseau et leurs caractéristiques

En ce qui concerne l'infrastructure, les backbones nécessitent des architectures à haute disponibilité, de type maillé ou en anneau. Le support privilégié est la fibre optique. Les faisceaux hertziens y sont déployés lorsque les conditions environnementales l'exigent.

Les nœuds d'accès, qualifiés de NRA (Nœuds de Raccordement d'Abonnés) dans le réseau cuivre de l'opérateur historique, matérialisent la frontière entre les réseaux dorsaux et les réseaux d'accès.

Capacité	Nombre de NRA	Nombre de lignes
Moins de 2000 lignes	77 %	22 %
Entre 2000 et 10000 lignes	17 %	26 %
De 10 000 à 30 000 lignes	5 %	31 %
Plus de 30 000 lignes	1 %	21 %

Tableau 2.4 : répartition des NRA d'Orange par capacité

Remarque : les NRA de plus de 10 000 lignes représentent 6 % du nombre de NRA mais plus de 50 % des clients.

2.2.2 LES RESEAUX PRIVES DE TELECOMMUNICATIONS

Les réseaux locaux d'entreprise ou LAN (Local Area Network) sont des réseaux privés répondant aux besoins internes de l'entreprise. La fibre optique y occupe une place de plus en plus importante et la technologie Ethernet s'y est imposée pour des raisons à la fois économiques et technologiques. Le protocole Ethernet s'avère en effet parfaitement adapté au transport des datagrammes IP qui constituent aujourd'hui l'essentiel du trafic sur ces réseaux.

L'interconnexion des LAN distants est un des grands enjeux des années à venir. La traversée des backbones d'opérateurs nécessite une évolution technologique importante de la technologie Ethernet qui ne répond pas encore aux exigences de la classe opérateur. Une évolution significative s'amorce donc aujourd'hui à travers le Carrier

Class Ethernet qui prend en compte les contraintes de traversée des réseaux d'opérateurs à savoir l'évolutivité, la sécurité des flux, la montée en débit, la mise à disposition de mécanismes OAM (Operation, Administration & Maintenance) et la mise en œuvre de mécanismes de protection.

2.3 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES RESEAUX D'ACCES

2.3.1 - LES DIFFERENTES TECHNOLOGIES DES RESEAUX D'ACCES

Les réseaux d'accès constituent le dernier lien ("the last mile") vers les utilisateurs du réseau. Ils représentent généralement le maillon crucial du réseau en termes économiques et de performance. A ce niveau, on dispose d'une panoplie importante de technologies filaires ou hertziennes qui ont chacune leurs avantages et inconvénients en

fonction des applications. Leur mise en œuvre répond à des critères très variés selon que l'on s'adresse à des usagers résidentiels, des petits professionnels (SOHO - Small Office Home Office) ou à des entreprises.

Pour les infrastructures filaires, citons :

- la boucle locale cuivre d'Orange, accessible aux opérateurs alternatifs via le dégroupage. L'introduction des technologies xDSL présente un certain nombre de contraintes, notamment vis-à-vis de la portée. L'évolution des normes et l'apparition de différentes variantes (ADSL 2+, SDSL, VDSL) permettent d'augmenter les débits ou encore d'introduire de la symétrie dans ces débits, mais la contrainte de portée demeure importante. Certaines solutions mixtes alliant la fibre optique et le xDSL permettent de s'affranchir de ces limitations de portée (par exemple la solution de Montée en Débit sur cuivre à la sous-boucle) ;
- les réseaux câblés de télédistribution, centrés sur les zones urbaines. Ces réseaux disposent d'une capacité multiservices ; ils mettent en œuvre une combinaison de technologies large bande sur fibre optique et sur câble coaxial (HFC) ;
- les réseaux optiques passifs qui sont, entre autres, le support privilégié d'Ethernet à haut débit (Fast Ethernet ou Gigabit Ethernet). Ils peuvent être déployés sous la forme de liaisons louées (point à point) ou à partir d'architectures partagées telles que les PON (Passive Optical Network = Réseau Optique Passif) dans des configurations comme le FTTH (Fiber To The Home).

Du côté des réseaux radio, on trouve une panoplie assez large de technologies comprenant :

- les réseaux satellitaires, notamment ceux dédiés à la diffusion directe, qui proposent maintenant des solutions bidirectionnelles pour les services de données ;
- la télévision numérique terrestre (TNT), qui remplace le réseau de diffusion de télévision analogique sur les antennes individuelles ou collectives ;
- la boucle locale radio (BLR), avec les normes MMDS (à 3,5 GHz), LMDS (à 26 GHz) ou MVDS (à 40 GHz) ; la nouvelle norme générique (WirelessMAN™) qui couvre ces systèmes est le IEEE 802.16, dont la version 802.16d correspond au label WiMAX d'interopérabilité des matériels dans la bande des 3,4 – 3,6 GHz. La norme 802.16e permet d'introduire les fonctionnalités liées à la mobilité (WiMAX mobile) ;
- la téléphonie mobile avec les versions successives du GSM de deuxième génération, GPRS (Global Packet Radio Service), EDGE (Enhanced Data rate for GSM Evolution) puis de l'UMTS (Universal Mobile Télécommunication System) ou HSDPA, la 4G (LTE) et bientôt la 5G ;
- les réseaux locaux radio-électriques (RLAN), avec des normes comme le Wi-Fi (IEEE 802.11b, et ses dérivées 802.11a, 802.11g, 802.11n et 802.11i) pour lesquelles les bandes de fréquence utilisées sont libres ;
- les liaisons optiques non guidées FSO (Free Space Optic) en point à point pour des applications spécifiques.

Solutions « standard »	Boucle local cuivre – ADSL
	Les réseaux câblés (HFC : Hybrid Fibre Coax)
Solutions alternatives	Sans fil <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi (IEEE 802.11) • WiMax (IEEE 802.16) • Téléphonie mobile • Satellite
	Courants Porteurs en Ligne (CPL)
	Liaisons optiques (FSO : Free Space Optics)
Les solutions optiques FTTH	Point-à-point
	Active Optical Network (AON)
	Passive Optical Network (PON)

Tableau 2.5 : panorama des solutions d'accès

Il est bien sûr tout à fait inutile d'opposer les différentes technologies dans le réseau d'accès. Les technologies se doivent d'être neutres. Elles ne doivent pas constituer le fond du débat.

2.3.2 - LE RESEAU D'ACCES CUIVRE

En France, le réseau cuivre ou boucle locale téléphonique est propriété de l'opérateur historique, devenu entreprise privée depuis 1997. Ce réseau déployé sur l'ensemble du territoire constitue la partie terminale du réseau entre les clients et les points d'accès (NRA) de l'opérateur historique. Sauf exception, il s'agit d'un réseau en étoile conver-

geant vers les NRA soit au total, près de 100 millions de kilomètres de paires de cuivre. La distance moyenne est de 2,5 km. 50 % des abonnés sont à moins de deux kilomètres.

Du NRA au client, le réseau d'accès est segmenté en trois parties : transport, distribution, branchement (Figure 2.2).

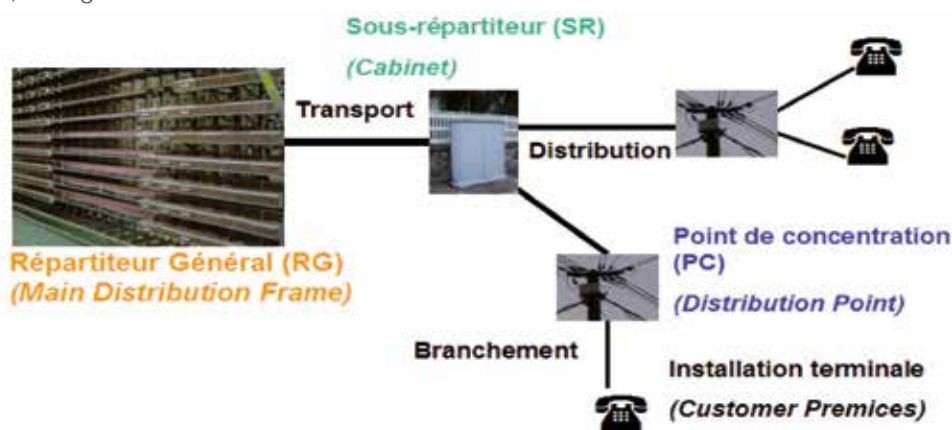


Figure 2.2 : organisation de la boucle locale cuivre

Les statistiques nationales sur le réseau d'accès peuvent être résumées comme suit :

- Réseau de transport
 - Du répartiteur général au sous-répartiteur
 - Longueur moyenne = 1800 m ;
 - Câbles enterrés (98%).
- Réseau de distribution
 - Du sous-répartiteur au point de concentration
 - Longueur moyenne = 600 m ;
 - Câbles enterrés (75%) ou aériens (25%).
- Réseau de branchement

- Du point de concentration à l'installation terminale
 - Longueur moyenne = 40 m ;
 - Câbles aériens ou enterrés (1, 2 ou n paires).

C'est sur ce réseau que transite aujourd'hui les flux xDSL. L'inconvénient essentiel est lié aux caractéristiques du support, est à la forte dépendance entre la longueur et la capacité : les débits diminuent avec la longueur et restreignent l'éligibilité aux services, comme le montre l'illustration de la figure 2.3.



Figure 2.3 : services ADSL disponibles en fonction de la distance au NRA

Aussi, compte tenu de ces limitations, le déploiement de la fibre optique en remplacement de l'infrastructure cuivre existante s'avère être la seule

solution envisageable pour l'offre de services très haut débit.

2.4 - PANORAMA DES ARCHITECTURES DE DESSERTE DE TYPE FTTH

2.4.1 - GENERALITES SUR LE TYPE D'ARCHITECTURES DEPLOYEES

L'introduction des technologies « fibre optique » dans le réseau d'accès découle d'un certain nombre d'éléments convergents :

- l'augmentation des besoins des utilisateurs :
 - les besoins des entreprises en communications symétriques sont en croissance régulière quelles que soient leur taille et leur activité, pour passer de 1 à 10 puis 100 Mbit/s, 1 Gbit/s, 10Gbit/s voire plus ;
 - les besoins des usagers résidentiels combinent l'accès à plusieurs programmes de télévision (en haute définition), la vidéo à la demande, les jeux en réseau, la navigation Internet, le téléchargement et le transfert de fichiers et les communications téléphoniques et visio-phoniques, sans compter la tendance progressive à stocker ses données et à utiliser des applications à distance (Cloud Computing).
- la convergence des applications et des terminaux, favorisée par l'utilisation du protocole IP, conduit à utiliser un média large bande et transparent ;
- Les technologies traditionnelles (cuivre) atteignent leurs limites liées aux lois de la physique, alors que les technologies alternatives (radio, satellite, CPL) ne sont que des solutions d'attente sur des applications ciblées.

Même si tout le monde s'accorde à penser que le réseau cible, satisfaisant tous les critères de

pérennité, est fondé sur la fibre optique jusqu'à l'abonné, les aspects économiques ralentissent son déploiement immédiat. Pour sa part, le coût des équipements optoélectroniques est déjà en forte réduction et bénéficiera encore des effets de volume ; la vraie question est liée au coût du génie civil, bien plus important que celui des composants optiques (câble, connectique, équipements actifs).

Les boucles locales optiques déployées aujourd'hui peuvent être classées en deux catégories : les boucles locales optiques mutualisées (BLOM) et les boucles locales optiques dédiées (BLOD)

- Les boucles locales optiques mutualisées (BLOM) sont mises en œuvre dans un cadre réglementaire défini par l'Arcep :
 - Ces réseaux desservent l'ensemble des locaux, professionnels et résidentiels d'une zone arrière de NRO (Nœud de Raccordement Optique) ;
 - Dans le cas de clients professionnels, la terminologie définit des liens FTTE (Fiber To The Enterprise). L'architecture retenue est de type point-à-point ;
 - Dans le cas de clients résidentiels, on utilise le terme de liens FTTH (Fiber To The Home). La technologie GPON (Passive Optical Network) de type point-à-multipoints est aujourd'hui majoritairement déployée ;
- Les boucles locales optiques dédiées (BLOD) ne s'inscrivent pas dans le cadre réglementaire. Destinés aux entreprises, ces déploiements sont de type point-à-point. On parle dans ce contexte de liens FTTO (*Fibre To The Office*).

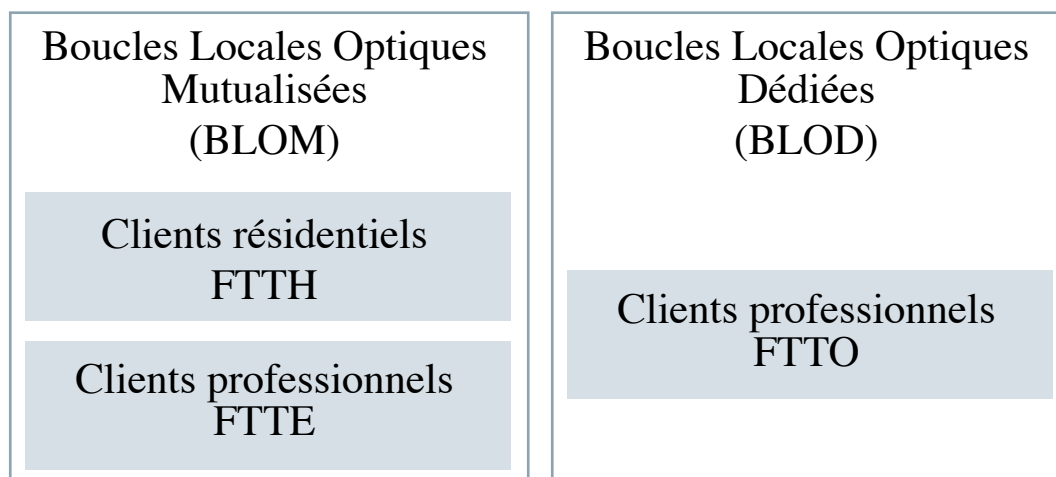


Figure 2.4 : typologie des boucles locales optiques

2.4.2 - TOPOLOGIES INTERMÉDIAIRES FTTx

La configuration FTTH (Fibre To The Home) constitue la cible, à terme, de tout réseau d'accès optique. La terminaison optique (DTIO/PTO) se situe dans le logement, appartement ou pavillon. Le raccordement domestique s'effectue alors via un câblage Ethernet ou sans fil.

Dans les topologies FTTx intermédiaires, la fibre optique n'arrive pas jusqu'à l'utilisateur.

Les réseaux FTTx se distinguent en fonction de la localisation de la terminaison optique côté client, identifié par le terme "x" du sigle FTTx. Un grand nombre de déclinaisons est proposé :

- FTTB : Fiber To The Building
- FTTC : Fiber To The Curb
- FTTCab : Fiber To The Cabinet
- FTTP : Fiber To The Distribution Point
- FTTLA : Fiber To the Last Amplifier
- FTTN : Fiber To the Node

Les technologies intermédiaires de la montée en débit ont fait l'objet d'un guide spécifique édité par le CREDO en février 2014, téléchargeable sur www.cercle-credo.com.

2.4.2.1 - TOPOLOGIE FTTCAB

Ce premier exemple correspond à une évolution de la filière xDSL qui permet de réduire les problèmes liés à la distance NRA – usager. La mise en place par Orange de NRA-HD (prolongée par le NRA-ZO et maintenant l'offre PRM) en zones peu denses au niveau des sous-répartiteurs s'inscrit dans cette approche. Dans certains cas, cette topologie est également appelée FTTN.

2.4.2.2 - TOPOLOGIE FTTLA

Les réseaux câblés constituent un second exemple. Leur architecture générale peut être déclinée en plusieurs catégories selon le niveau de pénétration de la fibre optique vers les usagers, c'est-à-dire en fonction du nombre de prises desservies par un même nœud optique.

Dans le cas où les nœuds optiques desservent de 125 à 250 prises raccordables, on parle de « HFC optimisé ». La cascade d'amplificateurs coaxiaux derrière le nœud optique est alors réduite à 2 ou 3 éléments.

Dans les architectures plus riches en fibres optiques (« deep fibre »), les nœuds optiques alimentent un réseau final coaxial « passif », c'est-à-dire ne comportant aucun rang d'amplificateur. On parle alors d'architecture FTTLA (Fiber To The Last Amplifier).

Ces architectures présentent les avantages suivants :

- la taille des poches est réduite à une vingtaine de logements, améliorant le débit moyen disponible pour chaque usager ;
- le caractère passif du réseau coaxial améliore la fiabilité du système et donc la disponibilité des services.

2.4.2.3 - TOPOLOGIE FTTPD

Les architectures FTTPD (*Fiber To The Distribution Point*) sont basées sur la réutilisation du câblage terminal existant, qu'il soit basé sur des paires « cuivre » ou un câble coaxial. Dans le cas des paires « cuivre », deux technologies sont abordées :

- le VDSL2, déjà autorisé, sous certaines conditions ;
- la technologie G-FAST qui correspond aux normes G.9700 et G.9701.

En France, à la suite d'une phase expérimentale en 2015, l'Arcep a décidé de ne pas valider cette technologie.

2.4.2.4 - TOPOLOGIE FTTN POUR LA MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS RADIO

En alternative aux topologies à base de faisceaux hertziens (13, 18, 23, 26, 38 GHz), la topologie radio FTTN à base de fibre optique sera rendue nécessaire dès lors que les « nœuds » radio (fixe / mobile) de niveau eNodeB basculeront en 4G et plus, en relation avec les contraintes fonctionnelles de l'architecture LTE (liens S1 et/ou X2), et les débits en résultant, ciblant un nombre significatif d'UE, notamment en cas de déploiement de type LTE- Fixe.

2.4.3 - TOPOLOGIES FTTH

Pour les réseaux d'accès optique de type FTTH, on distingue deux types d'architectures : point-à-point ou point-multipoints.

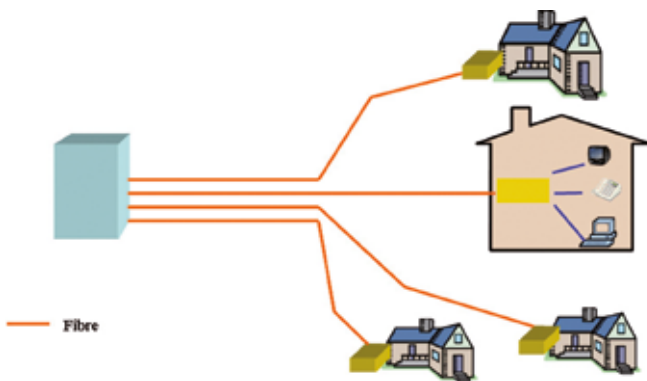


Figure 2.5 : topologie FTTH point-à-point (P2P)

2.4.3.1 - LES LIAISONS DE TYPE « POINT A POINT »

En ce qui concerne les liaisons de type point-à-point (ou P2P pour point-to-point), une fibre ou une paire de fibres est dédiée à chaque client. Ainsi, dans le cas de raccordement de n clients, ce type de déploiement nécessitera donc n fibres (ou $2n$ dans le cas d'un raccordement par paire de fibres), n ports OLT au NRO et n ONU côté clients. Ce type de solution nécessite donc des câbles de forte capacité et compte tenu du nombre élevé d'équipements actifs, induit des conditions d'accueil contraignantes au NRO (surface, consommation, ...). Cette solution est privilégiée pour les applications de type professionnel. Elle est utilisée dans le cadre de raccordements résidentiels lorsque les infrastructures d'accueil le permettent.

En ce qui concerne les applications professionnelles de type point-à-point, il convient d'utiliser le sigle FTTO (Fiber To The Office) lorsque le déploiement est réalisé dans le cadre d'une Boucle Locale Dédiée (BLDD) et FTTE (Fiber To The Enterprise) lorsque le déploiement s'effectue dans le cadre d'une Boucle Locale Mutualisée (BLM). Le sigle FTTH (Fiber To The Home) sera utilisé quant à lui dans le cas d'applications résidentielles lorsque le Dispositif de Terminaison Intérieur Optique (DTIO) est situé chez le client.

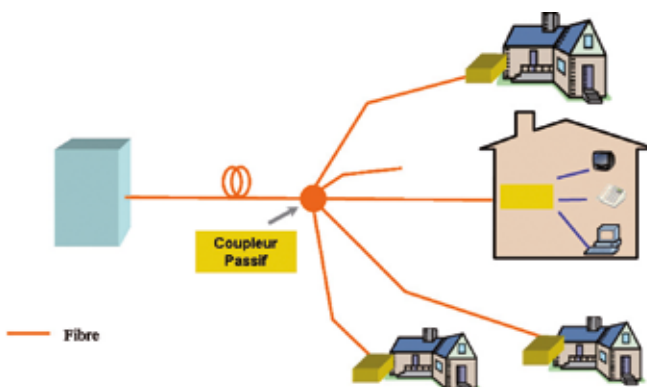


Figure 2.6 : topologie FTTH en PON

2.4.3.2 - LES LIAISONS DE TYPE « POINT A MULTIPOINTS » (PON)

Les réseaux de type point-à-multipoints sont de type partagés. Ils présentent l'avantage de réduire le nombre de fibres ainsi que les équipements actifs présents au NRO. Les réseaux point-à-multipoints aujourd'hui déployés dans les zones moins denses sont de type PON (Passive Optical Network). Un OLT placé au NRO permet de desservir un ensemble de clients via un arbre optique dont les branches convergent vers des coupleurs placés en cascade dans le réseau. Le taux de couplage aujourd'hui proposé est de 64.

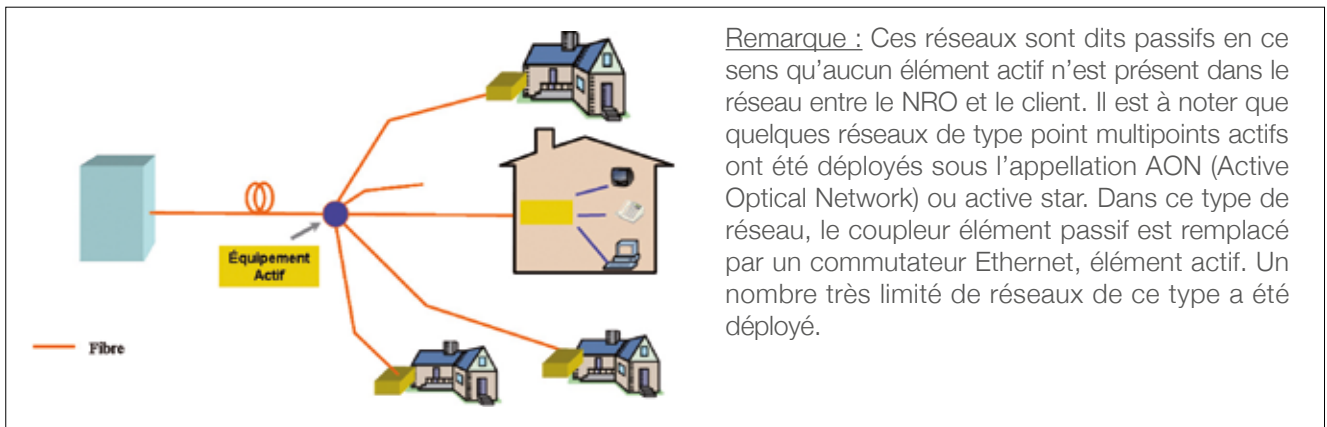


Figure 2.7 : réseau Point-à-Multipoint de type AON

Le marché du FTTH est encore récent mais de grandes tendances se dégagent d'ores et déjà. Au niveau mondial, l'Asie est le plus grand marché du

FTTH et présente un taux de croissance élevé, puis viennent l'Amérique du Nord et l'Europe :

Taille	Région du monde	Technologie envisagée
Premier marché	Asie Pacifique	EPON essentiellement
Deuxième marché	Amérique du Nord	BPON, GPON essentiellement
Troisième marché	Europe	P2P, GPON essentiellement

Tableau 2.6 : marché mondial FTTH

An niveau français, pour le FTTH résidentiel, Orange, Bouygues Télécom et SFR ont choisi la technologie GPON, alors que Free avait choisi

initialement la technologie Point à Point et pourrait utiliser également la technologie GPON pour les zones moins denses.





3

LA PROBLEMATIQUE DU RESEAU D'ACCES

LA PROBLEMATIQUE DU RESEAU D'ACCES

Ce chapitre est consacré aux principes généraux qui guident la conception et le déploiement des réseaux d'accès FTTH sur l'ensemble du territoire à l'exception des zones très denses. Ces règles de conception ont aussi une influence directe sur la définition et l'ingénierie des réseaux de collecte, ceux-ci représentant un niveau très structurant dans le processus général.

3.1 - GENERALITES SUR LES RESEAUX D'ACCES

3.1.1 - ARCHITECTURE CIBLE

Lors de la conception d'une infrastructure d'accès, composée des couches les plus basses (fourreaux, chambres, locaux, appuis aériens, etc.) et de la couche optique passive (câbles, boîtiers, répartiteurs, etc.), il convient de disposer d'une vision à long terme, soit à un horizon de plus de 20 ans, sur les fonctions que celle-ci devra satisfaire. A ce titre, les éléments suivants doivent être pris en considération :

- les couches les plus basses, soit l'infrastructure support (locaux, infrastructure physique, fourreaux, appuis aérien, chambres, etc.) sont des éléments très structurants :
- elles peuvent constituer un élément important du patrimoine des collectivités,
- contrairement aux équipements, notamment actifs, leur amortissement est généralement calculé sur une très longue période, généralement supérieure à 20 ans.
 - ces éléments structurants sont le plus souvent les plus stables et ne font pas l'objet d'une réelle prise de risque :
- le graphe de cheminement des fourreaux et des câbles sera presque toujours calqué sur la topographie des voiries ;
- on peut sans risque garantir qu'au final le réseau sera « tout optique ».
 - la couche optique passive sera, dans la grande majorité des zones moins denses, unique, sous forme mutualisée pour transporter les services fixes.

Dans la plupart des cas, l'architecture cible FTTH sera mise en œuvre dès l'origine par une décision stratégique des acteurs dans une logique d'aménagement numérique du territoire à long terme. Par ailleurs, en fonction des opportunités, on pourra envisager une mise en œuvre par paliers successifs avant d'atteindre la cible. Dans ce

cas, l'architecture devra impérativement autoriser l'évolution des solutions mises en œuvre : les nœuds constituant le graphe du réseau devront éventuellement héberger des équipements actifs ou passifs selon le palier considéré. Pour faciliter la transition d'un palier au suivant, on disposera de points de flexibilité permettant d'articuler les éléments. Certains nœuds seront définis comme points de flexibilité ; ils permettront la transition sans nécessité de modifier l'ensemble.

La question la plus cruciale pour la collectivité est de déterminer jusqu'où elle compte intervenir dans le cadre de la réglementation en vigueur (article L1425-1 du CGCT). Alors qu'il est indéniable que son implication couvre les couches passives, elle doit envisager l'activation de l'infrastructure optique.

L'architecture cible et sa mise en œuvre opérationnelle doivent être au service de la satisfaction des besoins des différents types d'usagers, tels que décrits au chapitre précédent.

A ce stade, il convient également de différencier deux types de déploiements :

- la Boucle Locale Optique Mutualisée (**BLOM**), qui désigne les déploiements capillaires d'accès optiques ; il s'agit des réseaux FTTH déployés dans le cadre de la régulation symétrique établie par l'Arcep, qui doivent desservir à la fois les locaux d'habitation et les professionnels ;
- la Boucle Locale Optique Dédiée (**BLOD**), qui désigne les déploiements de réseaux optiques dédiés à la clientèle professionnelle, également appelés FTTO ; ces réseaux ne sont pas soumis au cadre de régulation du FTTH.

3.1.2 - COMPOSANTES DU RESEAU D'ACCES

Afin de concevoir et de dimensionner les différents éléments qui constituent un réseau à très haut débit, il convient de structurer les différentes composantes dans une description en trois couches :

- **la couche d'infrastructure**, composée notamment des fourreaux, des chambres, des armoires de rue et des locaux techniques,
- **la couche optique passive**, comprenant notamment les câbles optiques, les boîtiers d'épissurage et les baies de brassage,
- **la couche optique active** qui transporte les services. Elle est constituée des équipements actifs.

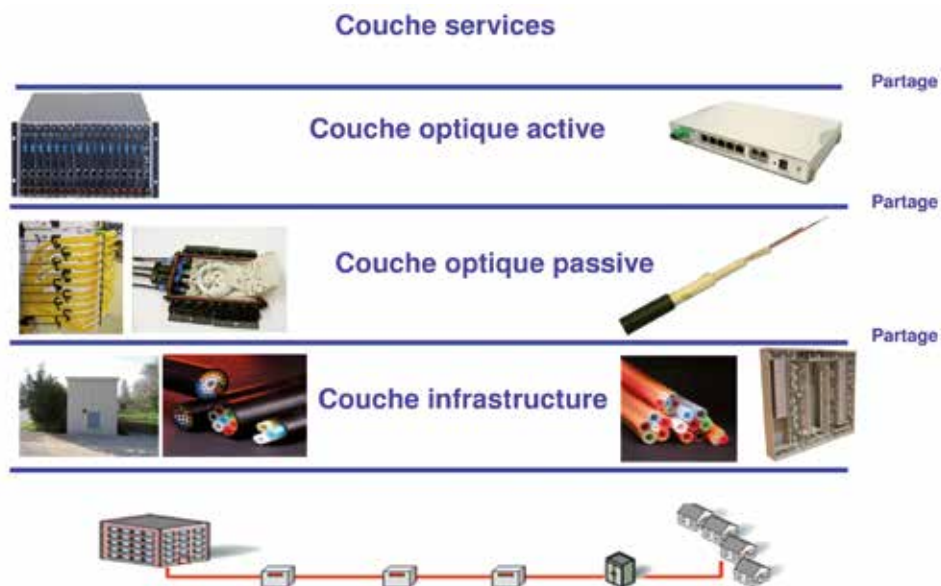


Figure 3.1 : le modèle en couches du réseau d'accès

3.1.3 - CONTRAINTES PARTICULIERES LIEES A LA CLIENTELE ENTREPRISES

Les besoins exprimés par les entreprises clientes en termes de qualité de service (QoS) peuvent s'exprimer de différentes façons :

- Les critères de garantie de temps de rétablissement (GTR) dépendent fortement du type d'incident ayant conduit à une interruption de services :
 - Il convient de distinguer les pannes franches (rupture brutale de liaison) des pannes « aléatoires » (variation anormale du signal) ; ce dernier point peut être très sensible dans le cas où les caractéristiques des liaisons (budget optique) sont tendues ;
 - Dans le cas où un nœud physique du réseau d'accès (NRO, PRDM, SRO/PM, PBO) serait endommagé par une intervention accidentelle ou intempestive, le nombre de clients impactés peut être faible, mais la qualité de service est liée à plusieurs paramètres :
 - La rapidité de la localisation dépend des outils de supervision mis en place, éventuellement automatisés ;
 - La rapidité de l'intervention est principalement liée au type d'organisation mis en place par l'entité en charge de l'exploitation et de la maintenance ;
 - Dans le cas d'une intervention accidentelle sur les liens eux-mêmes (pelleteuse, rupture d'un appui aérien), le nombre de clients impactés est plus important :
- La rapidité de la localisation dépend des outils de supervision mis en place, éventuellement automatisés pour les fibres des clients « sensibles » ;
- La rapidité de l'intervention est directement impactée par le nombre de fibres touchées : dans la mesure où les fibres « sensibles » sont regroupées dans des modules identifiés, les règles d'intervention pourraient privilégier ces derniers ;
- Le taux de disponibilité, généralement calculé sous forme cumulée sur une année, est un critère fondamental pour un certain nombre d'entreprises, notamment lorsqu'elles ont une activité continue (7/7, 24/24) et que leur activité est impossible sans lien réseau pleinement opérationnel :
 - Des engagements de taux de disponibilité très élevés de la part des Opérateurs de Services imposent des contraintes drastiques sur la GTR applicable sur chaque interruption de service ; il faut considérer qu'une disponibilité de 99,95% correspond à 4 heures de coupures cumulées dans l'année ;
 - Les entreprises qui demandent de telles garanties sont encore peu nombreuses mais, d'une part leur nombre va s'accroître progressivement et, d'autre part elles sont géographiquement réparties sur l'ensemble du territoire.

Selon les définitions de l'Arcep, les offres à QoS améliorée (QoS+) doivent correspondre à des engagements de GTR qui sont inférieures à 10 heures ouvrées. Les offres QoS+ sont proposées par les Opérateurs d'Infrastructures (OI) aux FAI qui les transforment en offres à qualité de service spécifique à destination des utilisateurs finals.

Dans le cas de la BLOM, les solutions que l'Opérateur d'Infrastructure peut mettre en œuvre sont de différents ordres :

- Dans les nœuds physiques, les fibres des clients à QoS améliorée peuvent faire l'objet d'un traitement privilégié :
 - Dans le cas du FTTE (point-à-point), un répartiteur optique spécifique peut être mis en œuvre au NRO et des cassettes spécifiques peuvent être isolées au PRDM ; dans ce cas, le SRO/PM est traité en passage, en soudant par exemple les fibres en continuité dans la chambre du SRO/PM, ou pour garder de la flexibilité en réservant un emplacement spécifique et sécurisé dans le SRO/PM ;
 - Dans le cas du FTTH Pro (sur un PON), on pourrait privilégier des connexions sécurisées pour lesquelles les dispositifs de connectique sont différenciés (couleur, verrouillage) de façon à réduire les risques d'intervention intempestive.
 - Dans la partie terminale du réseau d'accès, on peut également envisager de dédier des micro-modules appartenant à un câble optique et de les traiter dans un tiroir dédié ce qui conduit à des points de branchements dédiés, ce qui s'applique dans les zones d'activité où seules des entreprises seront raccordées ;
 - De même, des solutions peuvent être mises en œuvre au niveau des PBO.

- Sur les tronçons eux-mêmes, la difficulté est liée au fait que l'incident impacte généralement la totalité des fibres du câble concerné, et qu'il est illusoire de penser utiliser, même à titre provisoire, des fibres laissées disponibles ;
- Pour être à même de garantir des taux de disponibilité élevés, la seule solution est de mettre en place une sécurisation par double routage (maillage) jusqu'à un point du réseau assez proche des clients concernés ; néanmoins, les règles d'ingénierie utilisées pour la BLOM ne prévoient pas de telles architectures, alors qu'elles sont plus faciles à mettre en œuvre dans le cas de la BLOD ; on peut néanmoins mettre à profit les fibres surnuméraires qui auraient été prévues dans l'ingénierie initiale. Il est aussi possible de prévoir des modules de fibres optiques voire des câbles entre SRO pour assurer une fonction de rocade. Il est aussi possible, même si le niveau de sécurisation ainsi garanti est inférieur, de sécuriser à plat une liaison en utilisant deux fibres placées dans deux modules différents et brassées (ou soudées) dans deux U ou deux cassettes différentes au SRO et NRO.

Les travaux sont encore en cours pour analyser et comparer les différentes solutions, notamment dans le cadre du Comité d'Experts Fibre. Les premiers résultats sont repris dans la dernière version du recueil des spécifications fonctionnelles et techniques des réseaux FTTH en dehors des zones très denses. Ces travaux s'appuient en particulier sur un tableau de classement et d'analyse des défaillances en prenant en compte des critères de gravité, d'occurrence et de durée du défaut, ceux-ci conduisant à qualifier leur criticité.

Le tableau 3.1 est une première comparaison des principales solutions applicables à la BLOM.

Solution et mise en œuvre	SRO/PM	PBO	Avantages	Inconvénients
Identifier et sécuriser au PM (traitement des jarretières)	Jarretières dédiées et connectique spécifique	PBO non spécifique	Réduction des risques sur intervention malencontreuse au PM	Pas de réduction des risques sur intervention malencontreuse au PBO
Isoler les liens optiques concernés (traitement par micro-modules)	Tiroir optique dédié	Cassette dédiées PBO	Réduction des risques sur intervention malencontreuse au PM et PBO	Applicable sur tous les PBO
		PBO dédié épissures	Risques fortement réduits (PM et PBO)	Obligation d'identifier les zones concernées
Identifier et sécuriser au PBO		PBO dédié connectorisé	Risques très fortement réduits	Obligation d'identifier les zones concernées

Tableau 3.1 : comparaison des solutions QoS+ applicables à la BLOM

Il convient encore de qualifier l'impact de ces solutions sur les potentialités d'amélioration des paramètres de la GTR.

3.1.4 - CRITERES DE MUTUALISATION

L'objectif de la mutualisation, applicable aux déploiements de type BLOM, est de permettre la cohabitation de plusieurs opérateurs de services et de plusieurs systèmes « réseau » (Point à Point ou PON) sur l'infrastructure déployée. Elle doit donc être « transparente et non discriminatoire ».

Les conséquences de ces choix diffèrent selon les couches concernées :

- Lorsque le schéma retenu consiste à offrir des accès passifs (fibre « noire »), la situation est particulièrement simple puisque chaque fibre est activée par un seul opérateur qui a la possibilité de proposer une offre « triple play » :
 - La mutualisation se limite alors aux deux premiers niveaux : la couche d'infrastructure et la couche optique passive ;
 - Cette fibre ne peut donc a priori pas être utilisée simultanément par plusieurs opérateurs de services plus spécialisés (offre spécifique « domotique » par exemple) ;
- Dès que la mutualisation concerne des accès activés, on est amené à prendre en compte la couche réseau actif
 - Une approche « Open Access » au niveau de la couche active permettrait de se libérer de la contrainte « une fibre - un seul opérateur de service » en permettant la présence de plusieurs opérateurs et fournisseurs de services en même temps sur un même support physique, chacun avec une qualité de service différenciée ;
 - Une approche au niveau de l'infrastructure activée peut également ouvrir à de nouveaux modèles de mutualisation, de tarification et de partage de l'infrastructure passive entre divers services, privés et publics. Cela pourrait modifier profondément l'innovation dans les services, et libérer les jeux d'acteurs en permettant la création de nouveaux acteurs sur des services spécialisés.

3.1.5 - PROGRESSIVITE DE LA MISE EN PLACE

Dans la plupart des cas, l'architecture cible FTTH sera mise en œuvre dès l'origine par décision stratégique des acteurs dans une logique d'aménagement numérique du territoire. Il faudra néanmoins s'assurer que les opérateurs de service, notamment pour le « triple-play » résidentiel, auront suffisamment d'appétence pour cibler le territoire avec le scénario qui sera retenu par les décideurs. Les conditions économiques de l'intervention de la collectivité, en termes de planification, de participation financière et d'attractivité des offres, devront donc être « acceptables » pour que ceux-ci viennent offrir leurs services sur le territoire.

Le schéma directeur (SDTAN) doit décrire le réseau cible et, le cas échéant, les différents paliers qui permettent de passer du stade initial au réseau cible. Enfin, il décrit le calendrier de mise en œuvre et de déploiement. Pour les aspects techniques, cela comprend l'architecture système, les choix techniques, les règles de transition vers le palier suivant (sans interruption de services). Les aspects économiques comprennent les coûts d'investissement et d'exploitation, ainsi que les coûts de transition.

En fonction des opportunités et contraintes locales, on pourra envisager une mise en œuvre par paliers successifs afin d'atteindre la cible. Plusieurs raisons peuvent conduire à cette stratégie :

- le souci d'étaler dans le temps des investissements lourds ;
- la préexistence d'infrastructures (moyen ou haut débit) satisfaisant les besoins à court terme des différentes catégories d'utilisateurs.

Le phasage des différents paliers peut être accéléré dans une zone particulière si d'autres projets (programme d'enfouissement de réseaux aériens, projet de rénovation urbaine, aménagement de lotissements) permettent de modifier le contexte économique en partageant les coûts avec des projets généraux d'aménagement non spécifiques aux télécoms. La concertation préalable avec les acteurs locaux ou l'opportunité de travaux doivent ainsi permettre d'abaisser les coûts de génie civil.

En cas de paliers intermédiaires, l'architecture devra autoriser l'évolution des solutions mises en œuvre vers la cible FTTH :

- cela peut concerner la pénétration progressive de la fibre pour se rapprocher de l'utilisateur (FTTN ⇒ FTTC ⇒ FTTB/O ⇒ FTTH).

- le type et la localisation des équipements actifs devront être pris en compte :
- les différents nœuds constituant le graphe du réseau devront éventuellement héberger des équipements actifs ou passifs selon le palier considéré,
- certains nœuds initialement actifs pourront devenir passifs et inversement.
- l'alimentation en énergie de ces nœuds devrait être possible.

L'architecture devra donc autoriser l'évolution des solutions mises en œuvre, en permettant d'intervenir sur une des couches sans remettre en cause la ou les couches inférieures.

Dans la mesure où l'on peut envisager la mise en œuvre de paliers intermédiaires basés sur des technologies différentes qui ont vocation à être remplacées à terme par le FTTH, il est fondamental de prendre les mesures nécessaires pour pouvoir réutiliser (« pérenniser ») certains sous-ensembles, comme par exemple les câbles optiques de transport de la montée en débit sur cuivre.

Autre exemple, dans le cas de la modernisation des réseaux câblés, il serait important d'anticiper pour que dès le début de la conception du réseau il soit prévu de respecter à terme, quand le réseau deviendra FTTH, les obligations réglementaires (taille du PM, dimensionnement du nombre de fibres et complétude en particulier).

3.1.6 - LA VALORISATION DES INFRASTRUCTURES EXISTANTES

Etant donné que la part la plus importante des coûts d'investissement relatifs à la création de nouvelles infrastructures est relative au génie civil associé, il est très important de chercher à valoriser des infrastructures existantes, notamment les appuis aériens et les fourreaux, lorsqu'ils sont accessibles à des conditions opérationnelles et tarifaires acceptables. Orange, notamment dans le cadre de la régulation dont il fait l'objet, a publié des offres détaillées, dans un document unique dénommé « offre d'accès aux installations de génie civil et d'appuis aériens d'Orange pour la boucle locale optique ».

Evidemment, la recherche de la valorisation de ces infrastructures implique un important travail au niveau du schéma d'ingénierie conduisant à superposer les graphes des réseaux cuivre et optique sur une grande partie des parcours.

En ce qui concerne les infrastructures aériennes, il convient de rechercher la réutilisation des appuis existants, ceux appartenant à Orange ou ceux servant à la distribution de l'électricité en moyenne tension (HTA) ou en basse tension (BT), ces derniers appartenant aux Collectivités regroupées au sein de la FNCCR (Fédération Nationale des Collectivités

Concédantes et Régies), ENEDIS (anciennement ErDF) assurant le rôle de concessionnaire du service public de la distribution de l'électricité. Des modalités techniques d'utilisation de ces supports communs ont été élaborées et doivent faire l'objet de conventions :

- Via l'offre GC-BLO d'Orange en vigueur ;
- Via la convention dite « appuis communs » qui définit les règles à suivre, tant au niveau du piquetage et des études qu'au cours du déploiement ou lors de l'exploitation.

La mise en œuvre de ces règles implique que l'ensemble des personnels intervenant dans le processus dispose des formations et qualifications adéquates.

De même, la mutualisation de locaux techniques peut s'avérer très attractive pour les territoires afin de réduire les investissements au moment du déploiement initial des réseaux et favoriser éventuellement l'émergence de Data Center à proximité des nœuds du réseau optique.

Enfin, une certaine forme de mutualisation peut être recherchée au niveau de la couche active. On peut par exemple envisager d'insérer des cartes optiques destinées à l'accès dans un DSLAM multi technologies existant. Une mutualisation active peut aussi être envisagée par exemple sur certaines zones d'activité, pour permettre de cumuler l'accès haut débit et le raccordement à un data center de proximité des entreprises à coût réduit.

3.2 - L'ARCHITECTURE GÉNÉRIQUE DES RESEAUX D'ACCÈS FTTH

3.2.1 - MODELISATION DE L'ARCHITECTURE FTTH

Il est nécessaire à ce stade de définir avec précision les différents éléments que l'on peut trouver sur un tel réseau d'accès en commençant par la terminaison « usager » pour remonter jusqu'à l'interface avec le (ou les) réseau(x) de collecte.

3.2.1.1 - ARTICULATION DES LIAISONS

En ce qui concerne les liaisons qui relient ces différents éléments entre eux, le CREDO a retenu une terminologie très proche de celle utilisée pour la boucle locale cuivre (figure 3.2) :

- le **réseau d'accès** est composé du réseau de transport, de distribution et de branchement (ou de raccordement) ;
- le **réseau de desserte** optique concerne un sous-ensemble du réseau d'accès : la partie mutualisée du réseau, du SRO/PM (ou PRDM) au DTIO.

Le nœud de raccordement optique est généralement installé dans une salle technique adaptée, éventuellement dans un local en béton préfabriqué (« shelter »), voire en armoire. Il héberge les équipements actifs et passifs du réseau d'accès et ceux qui assurent l'interface avec le réseau de collecte.

Selon la configuration de l'habitat, ces différentes fonctions ne sont pas positionnées au même endroit, notamment quand on distingue les zones d'habitat collectif et individuel.

3.2.1.2 - LES PRINCIPAUX NŒUDS DU RESEAU D'ACCES

La figure 3.2 présente les principaux nœuds sous forme schématique.

optoélectronique du signal (ONT : Optical Network Termination).

Dans le cas des logements neufs équipés dès l'origine d'un coffret de communications, le DTIO sera localisé dans ce coffret.

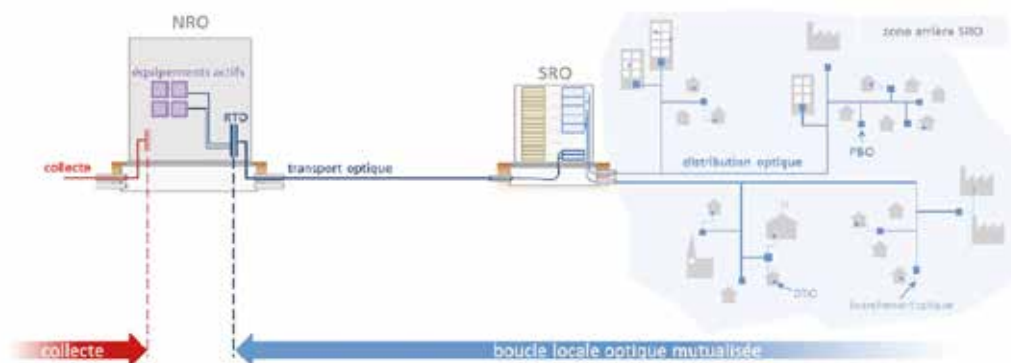


Figure 3.2 : architecture cible FTTH (source Mission France THD)

On décrit ci-après les différents éléments qui constituent le réseau d'accès en partant des abonnés pour remonter progressivement jusqu'au NRO.

Dispositif de terminaison intérieure optique (DTIO)

Le DTIO est placé à l'intérieur du logement. Il constitue le point de terminaison du câblage optique et, en ce sens, la limite de responsabilité entre le client final et le fournisseur d'accès en ce qui concerne la maintenance du réseau. Il assure donc l'interface avec le réseau domestique qui fait partie de l'installation d'abonné.

Il est constitué d'un boîtier, généralement placé au niveau du tableau de communication, dans la Gaine Technique Logement (GTL) lorsqu'elle existe, qui permet le lovage de la fibre et la mise en place du connecteur optique sur lequel se raccordera l'adaptateur de média assurant la conversion

Selon l'emplacement de l'équipement récepteur ou passerelle multimédia (box) à l'intérieur ou non de ce coffret, une prise optique (PTO) pourra être branchée depuis ce DTIO jusque dans la pièce où se trouvent les équipements terminaux.

Dans le cas des logements anciens non pourvus de coffret de communication, le DTIO pourra se situer dans la pièce où se trouve l'équipement FTTH ; dans ce cas, le DTIO et la PTO (Prise Terminale Optique) forment un seul et même dispositif.

Point de Démarcation Optique (PDO)

Le PDO est l'interface qui détermine la limite de pénétration dans les locaux privés, notamment dans le cas des immeubles collectifs. Il peut accueillir des fonctions de protection d'épissures (principalement en pavillonnaire) ou n'être qu'un simple point de passage.

Point de Branchement Optique (PBO)

Le PBO est l'interface obligatoire pour les actions de raccordement des abonnés individuels à partir de câbles élémentaires. Il permet un raccordement au fil de l'eau ou exceptionnellement à 100% des locaux raccordables dès le début. Si, pour des raisons économiques, le raccordement final (PBO-

DTIO) doit être plutôt effectué à la demande qu'a priori, les coûts seront d'autant plus optimisés que les pré-études de raccordement correspondantes auront été réalisées lors des études de déploiement en amont. Le PBO n'est pas nécessairement situé sur le domaine public.

Les figures 3.3 et 3.4 montrent respectivement ces deux situations.



Figure 3.3 : PBO avec raccordement au fil de l'eau

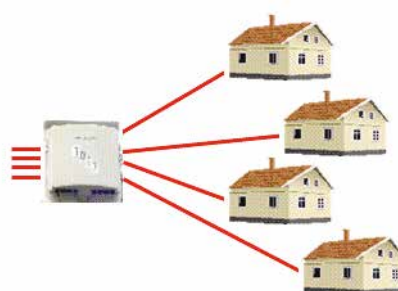


Figure 3.4 : PBO avec pré-raccordement à 100%

Dans le cas d'un raccordement au fil de l'eau, le PBO doit être facilement accessible. Le coffret, en fonction de la configuration de l'habitat, peut être situé dans l'immeuble hébergeant les abonnés pour les logements collectifs, en façade, sur le trottoir ou sur poteau. Le PBO ne contient pas de matériel actif.

Dans le cas des immeubles collectifs, le boîtier d'étage, généralement installé dans les gaines techniques verticales (figure 3.5), correspond à la fonction de point de branchement optique.

Les PBO peuvent donc être localisés différemment selon le type de raccordement :

- PBO intérieur dans la gaine technique de l'immeuble ;
- PBO intérieur apparent pour les immeubles plus anciens ;
- PBO extérieur en façade ou sur poteau pour une distribution aérienne ;
- PBO souterrain pour une adduction souterraine.

Par rapport aux règles de déploiement initial des infrastructures, on définit une zone de raccordement, qui s'étend des DTIO aux points de branchement optique (PBO) de la zone ;

tous les logements appartenant à cette zone sont qualifiés de logements raccordables dès lors que le PBO est posé.

Boîtier de pied d'immeuble (BPI)

Dans le cas des immeubles collectifs, les câbles optiques appartenant au câblage vertical peuvent être regroupés en pied d'immeuble dans un boîtier de transition qui assure la continuité avec le réseau déployé sur le domaine public. La figure 3.5 présente l'articulation de ces différents sous-ensembles.

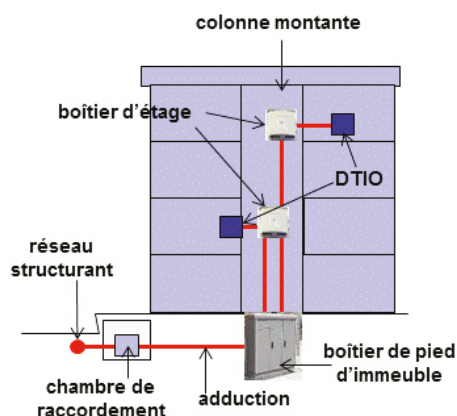


Figure 3.5 : le câblage des immeubles collectifs

Dans les immeubles collectifs, le boîtier d'étage est un PBO ; un tel boîtier d'étage peut desservir des DTIO situés sur plusieurs étages. Dans certains cas, un seul PBO (situé en pied d'immeuble) dessert la totalité des DTIO de l'immeuble.

Point de Récupération Fibre (PR)

Lorsque tous les PBO d'une zone ne sont pas réalisés, par exemple en cas d'absence d'accord avec les copropriétés, les câbles sont réservés en attente dans un PR (Point de Récupération Fibre), anciennement appelé PA (Point d'Attente ou Point d'Aboutement). Cette fonction s'apparente à celle d'un boîtier de protection d'épissure (BPE) et ne peut pas être utilisée à des fins de raccordement d'abonnés.

Cette même notion s'applique dans le cas où un immeuble neuf aura construit son réseau optique (conformément à la loi) avant que la zone dans laquelle il est implanté ne fasse l'objet d'un déploiement effectif du réseau horizontal auquel il devra être rattaché.

Sous-Répartiteur Optique (SRO)

Des dispositifs intermédiaires peuvent exister entre le répartiteur optique principal (RTO) du NRO et les PBO pour des raisons de dimensionnement et de construction de l'infrastructure du réseau d'accès, mais surtout de façon à anticiper l'implantation des PM à l'occasion de la mise en service des réseaux et la mise en œuvre des obligations réglementaires correspondantes (voir § 3.2.3). Il s'agit de points de flexibilité qui peuvent assurer des fonctions d'affectation ou de brassage des fibres entre les câbles amont et aval. Leur fonction est liée à la vie du réseau et peut donner lieu à des interventions régulières (notamment pour les tâches d'exploitation et de maintenance), mais leur présence n'est pas obligatoire. Ils peuvent héberger des câbles optiques en attente. Selon les objectifs opérationnels, le raccordement des fibres peut être prévu par soudure ou par connectique, les soudures pouvant être hébergées dans le SRO lui-même ou dans sa chambre avec des boîtiers de protection d'épissures (BPE).

Boîtier de Protection d'Épissures (BPE)

Sur les segments qui relient les nœuds fonctionnels décrits précédemment, on peut trouver des Boîtiers de Protection d'Épissures qui ont pour fonction d'accueillir les dispositifs de raccordement de câbles optiques entre eux. Ces dispositifs ne peuvent pas être utilisés à des fins de raccordement d'abonnés.

Nœud de Raccordement Optique (NRO)

Le NRO est le local qui accueille les équipements actifs de transmission et de commutation et qui joue le rôle d'interface entre les réseaux de collecte et d'accès. Sa dénomination montre une analogie directe avec le NRA (nœud de raccordement d'abonnés) de la boucle locale cuivre. Il comprend trois types de fonctions :

- les organes de terminaison et d'interface du réseau de collecte ;
- les équipements optoélectroniques du réseau d'accès (nommés « actifs » par la suite) ;
- les organes passifs de répartition optique (RTO).

Suite aux décisions réglementaires de l'Arcep relatives à la mutualisation des infrastructures, deux éléments supplémentaires interviennent dans la chaîne de transmission : le Point de Mutualisation (PM) et le Point de Raccordement Distant Mutualisé (PRDM). Ils sont décrits au § 3.2.3.

3.2.2 - CONCEPTION DU RESEAU DE COLLECTE ET OPTIMISATION DES SITES NRO

3.2.2.1 - GENERALITES

L'objectif est de définir un réseau de collecte permettant d'interconnecter les futurs NRO : on cherche à optimiser le nombre et la position des futurs NRO en fonction de contraintes et de paramètres réglementaires, opérationnels ou liés aux systèmes mis en œuvre par les opérateurs :

- les paramètres « système » qui conduisent à des contraintes technologiques, comme le type de laser qui sera utilisé sur les fibres pour raccorder les clients ;
- les paramètres « opérationnels » et économiques liés à l'objectif consistant à présenter les plus grandes synergies possibles avec l'existant sur la sous-boucle locale cuivre pour :
 - faciliter la mise en place de solutions intermédiaires (provisoires) telles que la montée en débit (MeD) en intervenant au niveau du sous-répartiteur (SR) ;
 - réutiliser au mieux les infrastructures (fourreaux, poteaux, locaux,...) mobilisables dans le réseau d'accès, en particulier dans le cadre de l'offre d'accès au génie civil de l'opérateur historique ;

- réutiliser au mieux les équipements de transmissions et réseaux de collecte existants utilisés depuis les NRA, par Orange et les divers opérateurs dégroupés (y compris RIP)
- les paramètres réglementaires qui découlent de la notion de point de mutualisation (PM), édictée par l'Arcep (décision n°2010-1312).

Les paragraphes suivants décrivent ces paramètres.

3.2.2.2 - CONTRAINTES TECHNOLOGIQUES

Comme les infrastructures FTTH mises en place dans le cadre de réseaux d'initiative publique (RIP) doivent être neutres et non discriminatoires vis-à-vis des technologies des opérateurs de services, le positionnement des NRO doit permettre de déterminer des poches (zones de couvertures) dont les dimensions sont compatibles avec les bilans optiques autorisés par les technologies actuelles.

Le calcul du bilan optique d'une liaison dans le réseau d'accès dépend d'un grand nombre de paramètres. Le budget optique disponible entre l'émetteur optoélectronique et le récepteur est imputable à plusieurs éléments : la connectique au niveau des différents nœuds du réseau, les pertes liées à l'insertion éventuelle d'un coupleur optique et l'atténuation propre de la fibre.

Les pertes liées à la connectique dépendent du type de connectique (épissure soudée, épissure mécanique, connecteur) et des fonctions (brassage, insertion de multiplexeur optique) que l'on veut mettre en œuvre aux différents nœuds du réseau (NRO, PM, PBO, DTIO) et sur les lignes elles-mêmes (atténuation propre à la fibre et épissures en ligne).

Pour les calculs de bilan optique, on prend généralement les valeurs suivantes :

- Affaiblissement de 0,35 dB par connecteur ;
- Affaiblissement de 0,1 dB par soudure ;
- Affaiblissement linéique de 0,5 dB/km (intégrant les soudures) ;
- Affaiblissement de 1 dB pour tenir compte du vieillissement.

En combinant une puissance de laser (type B+ ou C+) et un taux de couplage (typiquement 1:32 ou 1:64), on est en mesure d'activer un accès dans des conditions normales jusqu'à un niveau d'atténuation donné.

Les recommandations de la Mission France Très Haut Débit (recommandations portant sur la conception et la topologie de la BLOM – version 1.0 du 9 juillet 2015) conduisent à ne pas dépasser des longueurs de lignes de 16 km, les performances étant atteintes en combinant un laser B+ avec un couplage 1:32, ou un laser C+ avec un couplage 1:64.

Il faut souligner que le chiffre référence de 16 km peut être amendé en réduisant le taux de couplage pour satisfaire ponctuellement la desserte de sites situés au-delà de la limite théorique, sachant que les problèmes de dispersion chromatique commencent alors à apparaître.

3.2.2.3 - OPTIMISATION DES NRO

Après prise en compte de toutes les contraintes décrites dans les paragraphes précédents, il devient possible de positionner et d'optimiser les sites NRO. Le tracé du réseau de collecte consiste à relier ces sites par maillage, en s'appuyant sur le réseau routier et les infrastructures mobilisables et en s'assurant qu'il passe à proximité des principales ZAE (Zones d'Activités Économiques). Comme on l'a vu précédemment, ce réseau de collecte constitue un sous-ensemble très structurant pour un schéma directeur du très haut débit sur un territoire donné.

De plus, on identifiera au moins plusieurs sites privilégiés qui correspondront aux Points de Présence Opérateur (POP). Ils permettront de réaliser une collecte primaire entièrement sécurisée et assureront l'interface avec les réseaux longue distance permettant de rejoindre les GiX. Ces points sont complémentaires des NRO dans la mesure où une offre de collecte est disponible sur cette portion.

Par ailleurs, il est souhaitable d'optimiser le nombre de NRO de façon à réduire les coûts d'exploitation du réseau ; en effet, la multiplication de sites actifs sur le territoire peut lourdement grever le poste de dépenses d'exploitation / maintenance.

Enfin, la co-localisation des NRO dans les NRA peut être un élément favorable à la réussite commerciale du réseau, dans la mesure où elle peut faciliter l'appétence des opérateurs commerciaux, lorsque ceux-ci sont déjà présents sur le site concerné. Si cette co-localisation peut paraître souhaitable en zone dense où le choix de l'architecture est avant tout dicté par la concentration des abonnés, elle paraît moins évidente en zone rurale où l'architecture fibre optimisée peut se révéler très différente de l'architecture cuivre existante.

3.2.2.4 - CONTRAINTES OPERATIONNELLES ET ECONOMIQUES

Les paramètres opérationnels et économiques sont liés à l'objectif consistant à présenter les plus grandes synergies et réutilisations possibles avec les infrastructures support existantes.

Cela facilite aussi la mise en place de solutions intermédiaires (provisoires) telles que la montée en débit (MeD) en intervenant au niveau du sous-répartiteur (SR) et en réutilisant les infrastructures passive cuivre en aval de ce SR.

Il s'agit, dans une optique de réduction des coûts, par exemple de réutiliser les fourreaux et poteaux mobilisables ainsi que les locaux techniques existants. S'installer dans ou à proximité de NRA dégroupés permet aussi de réutiliser les infrastructures de collecte et les équipements de transmission existants du Haut-Débit xDSL, dans la limite des compatibilités d'architectures cuivre-fibre exposées ci-dessus.

3.2.3 - LE ROLE ET LE POSITIONNEMENT DU POINT DE MUTUALISATION (PM)

La convergence de tous les éléments à caractère technique, topologique, économique et financiers présentés ci-avant doit tenir compte des obligations réglementaires, en particulier dans le cadre de la mutualisation des réseaux et de l'obligation d'offres d'accès.

La notion de point de mutualisation (PM) a été introduite par l'Arcep pour encourager les acteurs privés et publics à mutualiser les infrastructures sur la partie aval (soit jusqu'au DTIO) dont les coûts de déploiement sont élevés et qui peuvent représenter jusqu'à 90% des coûts totaux de la nouvelle boucle locale optique.

Selon les définitions actuelles, en aval du point de mutualisation jusqu'au DTIO, un réseau mutualisé point à point, dimensionné *a minima* à 100% et passif est à déployer. Dans le cas de la mise en œuvre de systèmes PON, ceci devrait conduire à positionner les coupleurs optiques en amont du réseau mutualisé, c'est-à-dire dans le PM, son installation étant à la charge de l'opérateur. Compte tenu de cette contrainte, certaines architectures, telles les PON utilisant des amplificateurs optiques, ne peuvent pas être mises en œuvre dans cette portion du réseau, en positionnant par exemple les amplificateurs optiques (large bande) au niveau d'un répartiteur optique. Cette contrainte est dommageable dans la mesure où les technologies

de PON-WDM pourraient faciliter des architectures où les points de mutualisation seraient moins nombreux. La notion de transparence et de non-traitement du signal permet toutefois de préserver la neutralité, même si cela peut représenter in fine un surcoût non négligeable.

Les opérateurs commerciaux (OC) peuvent souhaiter installer directement leurs équipements actifs au niveau du PM et s'interfacer avec le Sous-Répartiteur Optique (SRO) qui constitue le cœur de ce PM.

Evidemment, les opérateurs commerciaux (OC) peuvent également accéder au réseau mutualisé en amont du PM, en recourant à un Point de Raccordement Distant Mutualisé (PRDM), avec deux variantes :

- Les opérateurs raccordent leurs équipements actifs sur le répartiteur optique (RTO) de l'opérateur d'infrastructures (OI) celui-ci assurant la fonction de PRDM ; ces équipements actifs peuvent être soit hébergés par l'Opérateur d'Infrastructure, soit maintenus dans son propre NRO, ce qui implique l'établissement d'un lien de transport optique ;
- Alternativement, les opérateurs raccordent leur lien de transport optique sur un boîtier passif appartenant au réseau d'accès, celui-ci assurant la fonction de PRDM.

Lorsque le PM est au niveau du NRO (zones très peu denses ou zones à proximité immédiate du NRO), il convient d'être attentif aux limitations introduites par la capacité des câbles optiques, notamment dans le cas où les infrastructures retenues pour la section de transport sont aériennes ; en effet, selon le nombre de départs dans différentes directions, les règles d'utilisation des appuis (poteaux) peuvent conduire à des limitations quant au nombre total de fibres traitées de cette façon.

De nombreuses configurations peuvent être trouvées selon les situations opérationnelles.

Elles s'appuient toutes sur le schéma fonctionnel de la figure 3.6.

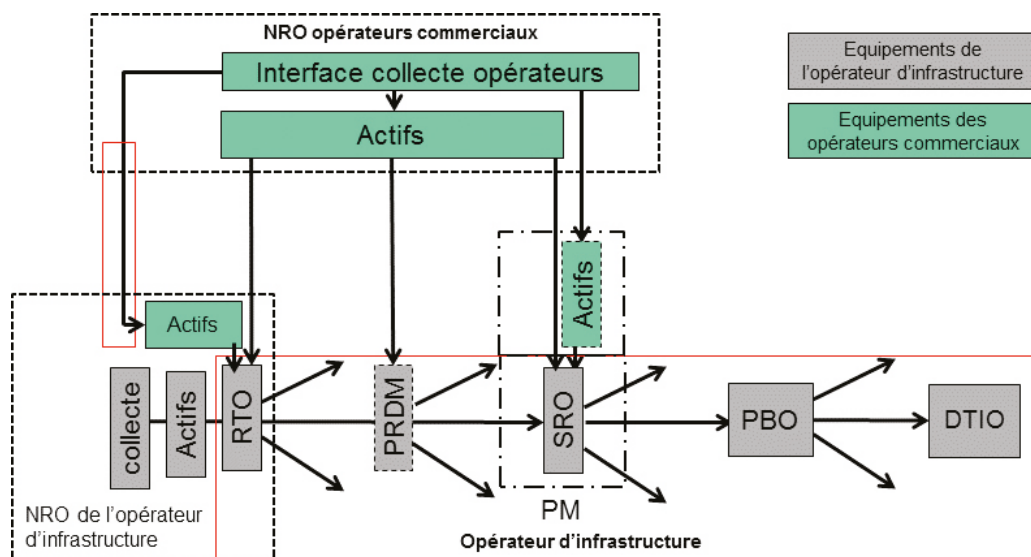


Figure 3.6 : schéma général des différentes configurations possibles

Le PM peut être situé au niveau d'une armoire intermédiaire sur le réseau d'accès, à condition que son dimensionnement satisfasse aux règles de définition du PM (> 1000 logements ou locaux professionnels ou > 300 si offre de raccordement distant).

Il est à souligner que l'armoire doit être capable d'accueillir des actifs, si demande ab initio, notamment en termes de dimensions, d'énergie et de climatisation. Si l'on examine les déploiements FTTH actuels, on peut constater que les actifs des autres opérateurs sont la plupart du temps hébergés dans leurs propres NRO et disposent d'un lien de transport. Dans ce cas, les armoires SRO sont petites que dans le cas d'armoires actives et que les contraintes d'exploitation (énergie par exemple) sont plus légères. Néanmoins, il est souhaitable qu'une telle armoire « passive » puisse être complétée ultérieurement par une seconde armoire adjacente active, avec énergie et climatisation, à la charge exclusive du demandeur. Evidemment, les opérateurs peuvent également accéder au réseau mutualisé en amont du PM avec deux variantes :

- les opérateurs raccordent leurs actifs sur le répartiteur optique (RTO) de l'opérateur d'accès, celui-ci assurant la fonction de PRDM ;
- alternativement, les opérateurs peuvent faire héberger leurs actifs dans le NRO de l'opérateur d'accès et doivent disposer d'un lien de transport.

Dans certains cas, le PM doit être situé au NRO de l'opérateur du réseau d'accès en raison des contraintes et des règles de dimensionnement des PM, les actifs des autres opérateurs étant éventuellement hébergés dans le NRO de l'opérateur historique.

3.2.4 - DIMENSIONNEMENT DES INFRASTRUCTURES

3.2.4.1 - PRINCIPES DE DIMENSIONNEMENT

Les travaux de dimensionnement des infrastructures sont initialisés par le recensement des locaux. Le principe retenu s'appuie sur la base adresse nationale (BAN) qui a pour vocation à recenser l'intégralité des adresses sur le territoire national ; les travaux sont en cours pour finaliser cette base.

Par ailleurs, il convient de prendre en compte des fibres surnuméraires de façon à pouvoir raccorder à terme les locaux qui n'existeraient pas lors de la conception du réseau (futurs lotissements, futures zones d'activité) et qui n'apparaîtraient pas dans les PLU.

On pourrait également prendre en compte les particularités liées aux locaux professionnels dont les contraintes particulières ont été décrites au § 3.1.3. Quelques pistes ont été envisagées, notamment la réserve systématique d'un ou deux modules dans les câbles de transport (entre NRO et SRO) pour les offres Point à Point de type Entreprises.

3.2.4.2 - CRITERES DE DIMENSIONNEMENT EN FONCTION DES TYPOLOGIES D'HABITAT

On peut également examiner les critères de positionnement des différents nœuds fonctionnels du réseau d'accès, en fonction de différentes typologies d'habitat, le terme habitat désignant ici aussi bien le bâtiment professionnel que le logement résidentiel.

La déclinaison de l'architecture cible sur le terrain dépend de la configuration et du type d'habitat à desservir. Pour les zones moyennement ou peu denses, on est confronté à de nombreux types d'habitat que l'on peut classer en six catégories principales :

- la desserte en habitat urbain de type « centre-ville » ;
- la desserte en habitat urbain de type « grands immeubles » ;
- la desserte en habitat semi-urbain de type « pavillonnaire » ;
- la desserte en habitat rural de type « bourg » ;
- la desserte en habitat rural dispersé de type « hameaux » ;
- la desserte en zone d'activité économique.

Dans le cas d'un tissu résidentiel semi-urbain constitué de logements individuels (type pavillonnaire), les éventuels répartiteurs optiques intermédiaires (RO) prendront principalement la forme d'armoires de rue. Les Points de Branchement Optiques (PBO) seront matérialisés par des bornes installées sur trottoir ou des boîtiers fixés sur poteau si le réseau emprunte la voie aérienne, ou en chambre souterraine pour les voiries ayant fait l'objet d'un enfouissement des réseaux ou encore pour les zones pavillonnaires.

Dans le cas d'un habitat rural dispersé de type bourg, les zones bâties sont concentrées autour d'un centre-bourg, sans qu'il y ait de fortes discontinuités entre les parcelles.

Le dimensionnement de la partie distribution du réseau d'accès est voisin de ce que l'on trouve en zone semi-urbaine. Les éventuels répartiteurs optiques intermédiaires pourraient être implantés dans, à conditions qu'il soit accessible à toute heure, ou à proximité d'un bâtiment public.

Les Points de Branchement Optiques (PBO) seront matérialisés par des boîtiers installés en façade, sur trottoir, sur poteau ou en chambre.

Dans le cas d'un habitat rural dispersé de type hameaux, on retrouve des zones bâties continues comme dans le cas précédent, mais avec un nombre plus faible de logements pour chacune et en plus grand nombre. Pour modéliser l'ensemble, on place un répartiteur optique théorique au centre de chaque hameau pour assurer la transition entre le transport et la distribution.

Si ces typologies d'habitat influent sur le positionnement des répartiteurs optiques intermédiaires, le positionnement des NRO répond plutôt à des critères de concentration géographique. Il n'existe ainsi aucune contre-indication à rattacher des zones correspondant à des catégories d'habitat différentes sur un même NRO.

Le dimensionnement du réseau FTTH est très sensible à la longueur totale des câbles à installer, et donc du génie civil à réutiliser ou à créer. La modélisation des coûts de construction, qui constitue une étape importante des SDTAN, s'appuie généralement sur la notion de longueur moyenne de câble par logement raccordable. Pour chaque tronçon considéré, cette valeur est le ratio entre la longueur estimée du tronçon et le nombre de logements raccordables desservis par ce tronçon (zone arrière). Par exemple, dans le cas du transport entre le NRO et le PM, si le PM dessert 300 logements raccordables et que la longueur effective du câble est de 600 mètres, la quote-part de longueur moyenne de câble par prise raccordable sera de 2 mètres.

Le tableau ci-après donne (sous la forme de pages) une indication des valeurs rencontrées dans les différents cas envisagés.

Quote-part de longueur moyenne de câble par prise raccordable	Transport	Distribution
Semi-urbain de type pavillonnaire	3-5 mètres	10-20 mètres
Rural type « bourg »	5-15 mètres	10-20 mètres
Rural type « hameaux »	10-20 mètres	30-50 mètres
Urbain de type « centre-ville »	1-3 mètres	5-10 mètres
Urbain de type « grand ensemble »	1-3 mètres	3-5 mètres
Zone d'activité économique	5-15 mètres	20-30 mètres

Tableau 3.2 : longueur moyenne de câble par logement

Lors des études d'ingénierie, on recherche généralement le meilleur compromis technico-économique (portée des liaisons vs coûts de construction et d'exploitation) tout en satisfaisant aux contraintes réglementaires, notamment le positionnement du PM et sa taille (nombre de prises).

Cela peut conduire à des choix techniques différents des règles générales permettant de dépasser les valeurs indiquées au § 3.2.2.2. On peut en particulier jouer sur la classe des équipements optoélectroniques pour augmenter la puissance émise et améliorer la portée ou, dans le cas du PON, utiliser un taux de couplage optique plus faible, conduisant à une augmentation des coûts par ligne dans la zone concernée. Ces choix auront une conséquence directe sur le dimensionnement du réseau, notamment le nombre de fibres à prévoir pour les différents tronçons de câbles. Ils pourront conduire également à une augmentation des coûts par ligne dans la zone concernée.

3.3 - PALIER INTERMEDIAIRE : LA MONTEE EN DEBIT

3.3.1 - INTRODUCTION

En dehors des zones très denses, même si la mise en œuvre opérationnelle de projets Très Haut Débit s'appuie fortement sur les technologies FTTH, certains secteurs géographiques ne disposent pas de solutions à court ou moyen terme, le coût intrinsèque d'investissement ou de contraintes budgétaires conduisant à des décalages dans les délais de réalisation du projet. Il est donc pertinent de rechercher des solutions intermédiaires de montée en débit qui permettraient d'attendre la généralisation du FTTH sur l'ensemble du territoire. C'est le sujet abordé par le guide CREDO de janvier 2014 intitulé « Guide sur la Montée vers le Très Haut

Débit des Territoires – Une étape transitoire vers le FTTH ». Son propos est d'identifier, de qualifier et de comparer ces solutions intermédiaires :

- Les évolutions du réseau téléphonique et la montée en débit suivie (ADSL2+ et VDSL2)
- Les réseaux câblés, notamment avec l'architecture FTTLA
- Les solutions radio fixes (WiMAX, WiFi) et mobiles (notamment les offres 4G « fixes »)
- Les solutions satellitaires

Les différentes options sont présentées selon plusieurs éclairages : technologies, performances, conditions et contraintes de mise en œuvre, aspects économiques, capacité d'évolution vers des débits plus élevés et possibilités d'ouverture à la concurrence.

On reprend ci-après les principales caractéristiques de ces solutions.

3.3.2 - MONTEE EN DEBIT SUR CUIVRE

3.3.2.1 - INTRODUCTION

En ce qui concerne la boucle locale cuivre, la longueur moyenne nationale des lignes se situe aux alentours de 2500m. Sur la totalité des lignes, une moitié seulement se caractérise par un affaiblissement inférieur à 30dB et peut prétendre accéder à un débit de 10Mbit/s, confortable pour avoir un service Triple Play TVHD.

Pour ce qui concerne les zones rurales, la longueur des lignes est doublée, avec une plus forte augmentation des longueurs de lignes en transport qu'en distribution. On peut donc parler de lignes avoisinant les 4 km en transport pour 1 km en distribution, d'où le gain important en débit amené par une injection des signaux DSL au SR (offre PRM d'Orange). Cette augmentation de la longueur des lignes est accompagnée d'une diminution de

la taille des SR : environ la moitié des SR de zone rurale éligibles à la MeD raccorde moins de 150 lignes.

Avec l'arrivée de la fibre jusqu'à l'abonné, dès à présent, des débits symétriques (descendant et remontant) de 100Mbit/s sont proposés, avec même des offres dix fois plus rapides en débit descendant, et ces débits pourront fortement évoluer si nécessaire pour répondre aux besoins des services.

Néanmoins, le très haut débit sur fibre mettra 15 à 20 ans à se déployer sur tout le territoire national, alors même qu'avec la société numérique les besoins sont partout aussi importants, voire encore plus prioritaires dans les zones les plus défavorisées du territoire.

Ne pas anticiper cette évolution tendancielle et inéluctable des usages et des débits associés conduirait à aggraver considérablement la fracture

numérique sur le territoire déjà constatée avec le haut débit. Une partie de la population restant longtemps en ~500kbit/s descendant et 100kbit/s remontant, alors qu'une autre serait déjà à plus de 100 000kbit/s soit 100Mbit/s symétriques. Avec un facteur de 200 à 1000, la fracture numérique se transformerait en gouffre numérique. Par exemple, ce qui nécessiterait seulement 1min30 en FTTH pour envoyer ses données vers le réseau prendrait alors 24h en haut débit DSL sur une ligne longue.

Des solutions dites de « Montée en Débit » (MeD) semblent donc nécessaires. Ces solutions de MeD en modifiant les réseaux existants permettront de limiter cette fracture en apportant rapidement de meilleurs débits et services et ainsi d'attendre le déploiement du FTTH qui reste le réseau cible, même s'il ne doit pas trop tarder pour répondre au besoin de confort en débit des usagers.

3.3.2.2 - LES SOLUTIONS TECHNIQUES DE LA MED

Les techniques de la MeD consistent à intervenir sur la boucle locale cuivre de façon à réduire les

distances entre les équipements électroniques des opérateurs (les DSLAM) et leurs abonnés (figure 3.7).



Figure 3.7 : la boucle locale cuivre

Toutes les solutions de Montée en Débit sur la boucle locale cuivre partagent des briques communes, décrites sur la figure 3.8 :

1. Installer un local d'hébergement à proximité immédiate du Sous-Répartiteur (SR), point de flexibilité naturel du réseau cuivre ;
2. Dériver le réseau cuivre (support du DSL) pour réduire sa longueur et renvoyer les lignes cuivre vers ce nouveau local ;
3. Installer un ou des équipements actifs HD au nouveau point d'injection ;
4. Raccorder ces équipements actifs via un réseau de collecte fibre.

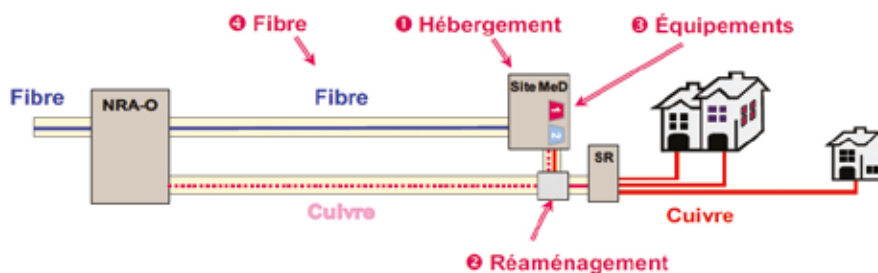


Figure 3.8 : les briques de la montée en débit

Les solutions techniques de MeD sur cuivre nécessitent d'opticaliser le segment de transport entre NRA et SR de la boucle locale. Les parties aval comprenant la distribution (segment SR – Point de Concentration) et branchement (segment PC - abonné) ne sont pas modifiées. Dans la situation initiale, les équipements DSL sont des DSLAM localisés au NRA Origine (appelé NRA-O) qui injectent leurs signaux DSL sur les paires cuivre de la boucle locale, d'injection.

Pour pouvoir connecter en fibre des équipements situés plus en amont dans le réseau, il est important de s'assurer de la disponibilité de la fibre de collecte au NRA d'Origine. Les équipements DSLAM ont évolué et les dernières générations MSAN pour Multi-Services Access Nodes permettraient sur le même équipement d'installer des cartes optiques. Ainsi, il serait possible de raccorder en parallèle à des accès ADSL2+, SDSL voire VDSL2, des accès fibre, aussi bien en point à point qu'en PON, pour raccorder des entreprises ou des éléments de réseaux, par exemple des stations mobiles ou WIMAX. Dans ce cas, le lien de collecte NRA-O – MeD devra être dimensionné pour tenir compte de ces différents besoins.

D'un point de vue général, on peut distinguer deux familles de solutions :

- La bi-injection qui consiste à permettre « l'injection » de signaux DSL indifféremment à la boucle (situation actuelle) et à la sous-boucle. Cela suppose que les signaux DSL injectés au niveau du sous répartiteur soient techniquement modifiés et atténués pour ne pas perturber les signaux DSL injectés au NRA. Cela conduit à limiter techniquement les débits maximum disponibles depuis la sous-boucle, comparativement à une technologie DSL distribuée sans contrainte. A ce stade, la mise en œuvre de cette approche n'a pas été retenue.
- La mono-injection qui consiste en l'injection des signaux DSL au niveau du sous- répartiteur lui-même pour toutes les lignes qui y aboutissent sans contrainte technique ; cette solution n'a pas été retenue par l'Arcep.

3.3.2.3 - LES REGLES D'ELIGIBILITE DE LA MED

Il est rappelé que le FTTH est la cible et que la MeD n'est pertinente que là où le FTTH ne peut arriver dans un horizon de quelques années. Généraliser la transformation en NRA des SR

éligibles à la MeD (atténuation des lignes >30dB) reviendrait à tripler le nombre de NRA actuels avec des nouveaux NRA-MeD en moyenne 10 fois plus petits que les NRA actuels, ce qui ne serait pas sans poser des questions de coûts opérationnels de maintenance, avec un impact d'autant plus fort que plusieurs opérateurs installent des équipements actifs non mutualisés.

Les principaux critères techniques d'éligibilité sont actuellement les suivants :

- le SR doit présenter un affaiblissement supérieur à 30 dB sur la liaison de transport (NRA – SR) ;
- dans le cas où le SR est desservi par plusieurs câbles de transport, 80% des lignes doivent présenter un affaiblissement de transport supérieur à 30 dB ;
- de plus, comme pour l'offre NRA ZO (qui n'est plus commercialisée depuis l'arrivée de l'offre PRM), les SR présentant un minimum de 10 lignes inéligibles (78 dB) sont éligibles à la MeD.

De plus, il faut rappeler que les technologies de la montée en débit sur cuivre peuvent être prises en compte à titre transitoire dans le cadre d'une planification à long terme par paliers successifs vers le FTTH.

3.3.3 - LES POSSIBILITES DES RESEAUX CABLES

L'architecture des réseaux câblés, dits de vidéocommunications, est principalement guidée par le caractère « diffusé » des services initialement offerts sur ces réseaux, c'est-à-dire les programmes de télévision et de radiodiffusion. L'architecture, de type arborescente, consiste à diffuser l'ensemble des services (programmes) sous la forme d'un multiplex fréquentiel qui peut généralement couvrir l'ensemble de la gamme des fréquences VHF et UHF jusqu'à 862 MHz, comme c'est le cas pour la diffusion hertzienne (terrestre) des chaînes de télévision.

Les signaux, véhiculés sur un câble coaxial partagé, sont régénérés régulièrement à l'aide d'amplificateurs large bande de façon à s'affranchir de l'atténuation du câble. Néanmoins, cette amplification présente l'inconvénient de dégrader la qualité du signal, donc de limiter la portée en fonction de la bande de fréquences utilisée.

Les réseaux câblés modernes sont basés sur une architecture nettement plus adaptée à l'évolution de l'offre de services (télévision numérique et services IP) conduisant à prendre en compte les notions de capacité et de disponibilité, ce qui implique des contraintes sur le dimensionnement de l'architecture.

On aboutit alors aux architectures HFC (Hybrid Fiber Coax) dont la partie relative au réseau d'accès combine un réseau arborescent de distribution coaxiale, desservant les prises raccordées à un même nœud optique (NO) avec un réseau de transport optique, basé sur une topologie point à multipoints reliant un nœud d'accès (NA) aux nœuds optiques qui lui sont rattachés.

Selon le niveau physique de pénétration de la fibre optique dans le réseau, on peut décrire plusieurs variantes :

- L'architecture HFC optimisée pour laquelle un nœud optique dessert de 250 à 500 prises raccordables ;
- L'architecture FTTLA (Fiber To The Last Amplifier) pour laquelle un nœud optique dessert de 30 à 50 prises raccordables ; la terminaison coaxiale est alors passive (hors zone privative puisque l'utilisateur peut y mettre en œuvre un amplificateur pour augmenter le nombre de prises desservies).

L'élément clé agissant sur le débit disponible pour l'utilisateur est la taille du nœud à partir duquel les usagers desservis par ce nœud, puisque ceux-ci partagent le même support coaxial. Les performances en termes de services sont également liées à la norme utilisée (EuroDOCSIS 2.0, 3.0 ou 3.1). Les réseaux qui ont été mis à niveau en FTTLA et qui bénéficient de la norme EuroDOCSIS 3.0 permettent aux opérateurs de proposer des offres commerciales (non garanties) jusqu'à 800 Mbit/s en voie descendante. La généralisation des systèmes EuroDOCSIS 3.1 permettrait d'atteindre des offres à 1 Gbit/s en voie descendante et 50 ou 60 Mbit/s en voie retour.

3.3.4 - EVOLUTIONS DES TECHNOLOGIES RADIO FIXES (WIMAX/WI-FI)

Les technologies radio destinées aux liaisons fixes évoluent régulièrement tant du point de vue des débits véhiculés, de la qualité de service (QoS pour les services de données, voix et vidéo)

que de celui de la sécurité des transmissions (encryption avancée, filtres).

En particulier, l'utilisation de technologies OFDM (multiplexage jouant sur la dualité temps/fréquence pour transporter les signaux) pour le WiMAX et multi-antennes MIMO (Multiple-Input Multiple-Output – 802.11n) pour le WiFi améliorent considérablement les débits de ces réseaux radio.

Avec la technologie MIMO notamment, plusieurs canaux peuvent être utilisés simultanément pour la même transmission, alors que pour les technologies classiques de transmission radio, un seul canal est utilisé. Les différents chemins entre antennes ainsi créés (2x2 généralement) autorisent un meilleur contournement des obstacles pour les liens « non à vue » (nLOS).

En conséquence, les débits disponibles pour l'utilisateur final sont améliorés. Généralement, les opérateurs recommandent de ne pas dépasser 18 Mbit/s afin de tenir compte de la problématique de la collecte du trafic.

Alliée à la technique d'accès TDMA (multiplexage temporel) pour une meilleure répartition de charge des points d'accès et avec la gestion de la QoS sur les flux, la technique MIMO permet dans ce cas de réserver une partie de la bande passante pour le service de télévision.

La portée est de l'ordre de 6 km (en ligne de vue) ; on provisionne en général 2x100 Mbit/s en collecte et chaque secteur dispose de 95 Mbit/s (en général 3 ou 4 secteurs par site).

En tout état de cause, la mise en œuvre de cette technologie alternative représente un petit pas en avant en direction du FTTH puisqu'il est indispensable de disposer d'un réseau fibre optique assez maillé pour irriguer correctement les différents points hauts.

3.3.5 - OPPORTUNITES LIEES AUX FUTURES SOLUTIONS DE RESEAUX RADIO MOBILES

Dans le cadre de l'évolution des technologies utilisées pour la téléphonie mobile, il peut être intéressant de considérer la génération 4G (puis la 5G), basée sur la technologie LTE (et LTE-Advanced) dans la mesure où ses performances permettent à l'utilisateur final de disposer d'un débit significatif. Toutefois, le très haut débit qui pourrait être atteint au vu des spécifications techniques de cette nouvelle technologie (avec

des débits de 100 Mbit/s en vraie mobilité et de 1 Gbit/s en faible mobilité ou en situation fixe) doit être relativisé puisque le débit de collecte arrivant au niveau de la station de base (enhanced NodeB) sera partagé entre les utilisateurs alors connectés.

Même si la convergence fixe-mobile s'accroît, les usagers utilisant toujours plus leur terminal en situation fixe (soit à domicile, soit au travail principalement) avec des durées de connexions plus longues, et même si pour autant la vocation première de la téléphonie mobile n'est pas de satisfaire des besoins de raccordements fixes, il sera intéressant de prendre en compte ces évolutions des usages, après analyse de la couverture territoriale sur laquelle pourront s'engager les opérateurs et vérification opérationnelle que les débits théoriques annoncés par les constructeurs sont bien au rendez-vous.

Il est à noter que le WiMAX mobile (norme IEEE 802.16m), avec des débits théoriques partagés de plusieurs centaines de Mbit/s, s'avère un concurrent sérieux de la 4G, dont il pourra également utiliser les fréquences attribuées en 2011.

Comme dans le cas précédent, l'irrigation des stations de base de la téléphonie mobile par les fibres d'un réseau très haut débit est fondamentale pour les opérateurs, compte tenu des débits échangés avec le cœur de chaîne.

3.3.6 - LES SOLUTIONS SATELLITAIRES

Depuis de nombreuses années, les opérateurs satellites tels que SES-Astra et Eutelsat proposent des plateformes bidirectionnelles adaptées aux services d'accès à l'Internet. Des opérateurs de services spécialisés s'appuient sur ces plateformes pour proposer des accès aux usagers grand public à des tarifs raisonnables, même s'ils appliquent quelques contraintes (avec des prix très variables en fonction des quotas alloués sur le débit et le volume de données transmis) que l'on ne trouve pas dans les raccordements fixes terrestres.

Le principal problème de la technologie satellite est lié au partage de la ressource, puisqu'un même transpondeur couvre un territoire important (plus large que le territoire national). La combinaison de ce paramètre avec les données commerciales (nombre d'abonnés sur ce même territoire) conduit à considérer que cette technologie ne peut pas être généralisée

sur l'ensemble du territoire, sauf si un très grand nombre de satellites dédiés à ce service était lancé.

Pour remédier à ce problème, une nouvelle génération de transpondeurs a vu le jour début 2011. Le satellite **KA-SAT**, lancé par Eutelsat, est spécialement conçu pour les services haut débit bidirectionnel par satellite en bande Ka. KA-SAT permet ainsi de s'affranchir des contraintes liées à l'utilisation de la bande Ku et de pouvoir proposer des services nécessitant des débits très élevés comme le cinéma numérique HD et la télévision 3D. Couplé à un système de réseau au sol SurfBeam de ViaSat, KA-SAT est en capacité de fournir un débit total supérieur à 70 Gbit/s avec 82 faisceaux sur toute l'Europe, permettant de desservir plus d'un million de foyer en haut débit, à des vitesses comparables à celles proposées par l'ADSL2 (théoriquement 10 Mbit/s par utilisateur en réception, 4 en émission n'importe où sur le territoire français).

3.4 - COMPARAISON DES TECHNOLOGIES DE MONTEE EN DEBIT

L'élément central du guide est constitué par la comparaison de ces technologies. Pour ce faire, nous avons retenu **huit critères** représentatifs des préoccupations des différents acteurs, notamment les usagers et les investisseurs :

- le débit « marketing » de la voie descendante :

- il s'agit d'un débit non garanti (best effort) qui s'exprime dans les offres commerciales des opérateurs par la formulation « jusqu'à xx Mbit/s » ;

- le débit « marketing » de la voie retour (ou remontante) a une très grande importance pour certains usages qui ont tendance à se développer, notamment les applications proposées sur le Cloud :

- comme dans le cas précédent, il s'agit d'un débit non garanti accessible aux usagers, que les fournisseurs d'accès ont tendance à passer sous silence ;

- l'évolutivité vers des débits plus élevés :

- la notation retenue est basée sur une valeur du débit descendant 10 fois supérieure à celle du premier critère ;
- cela permet de prendre en considération l'évolution possible des besoins, par exemple vers des accès à 10 Gbit/s dans 10 ou 15 ans ;

- **le temps de latence** (également connu sous le nom de « ping ») revêt une grande importance pour les applications de type « jeux en ligne » :

- il dépend du temps de transmission du signal à travers les liens du réseau et du temps de latence introduit par les équipements traversés (serveurs, routeurs, terminaux) ;

- **la possibilité d'ouverture à la concurrence** :

- on a qualifié le type de dégroupage rendu possible par la technologie considérée en regroupant les différentes options décrites pour l'ouverture des infrastructures (bitstream, dégroupage passif) et l'ouverture des services, même s'il est peu pertinent de les rassembler sous le même critère ;
- pour ce dernier point (open access), on a considéré que la technologie FTTH était la plus appropriée à cette évolution, déjà opérationnelle dans plusieurs pays européens ;

- **le coût de couverture territoriale** rend compte du coût moyen pour le raccordement de l'ensemble des logements :

- ce coût doit évidemment intégrer le surcoût correspondant au réseau de collecte et de transport desservant le territoire considéré ;
- il intègre également, le cas échéant, le coût de raccordement de l'abonné ;

- **la rapidité de mise en œuvre du déploiement initial** :

- on intègre les délais techniques et administratifs, mais pas ceux liés à la passation des marchés ;
- on considère ici qu'il s'agit d'une plaque non couverte par les technologies considérées pour le très haut débit ;

- **la valorisation de l'investissement intermédiaire** réalisé pour mettre en œuvre une technologie « transitoire » permet de qualifier sa pérennité ; elle reflète le niveau plus ou moins élevé de l'investissement réutilisable :

- cela peut concerner les câbles optiques (tracé et nombre de fibres) et les fourreaux dans lesquels ils sont déployés ainsi que les armoires ou locaux techniques pouvant héberger des équipements.

D'autres critères auraient pu être retenus, mais ils auraient alourdi la comparaison sans apporter de bouleversements notables dans les résultats de cette comparaison. On peut néanmoins

souligner que le dernier critère de pérennité des investissements intermédiaires pourrait être complété par celui lié à la pérennité de la technologie considérée, mais cette dernière est difficile à quantifier. Au-delà des éléments liés à la durée de vie des matériels associés à chaque technologie, on ne peut pas ignorer les réflexions en cours sur l'avenir du réseau cuivre et les hypothèses temporelles qui seront retenues pour son extinction.

La superposition des graphiques « radar » obtenus pour chaque technologie montre bien que le FTTH est indéniablement la technologie cible qui offre les meilleures performances et répond à tous les objectifs de pérennité, de disponibilité et d'évolutivité.

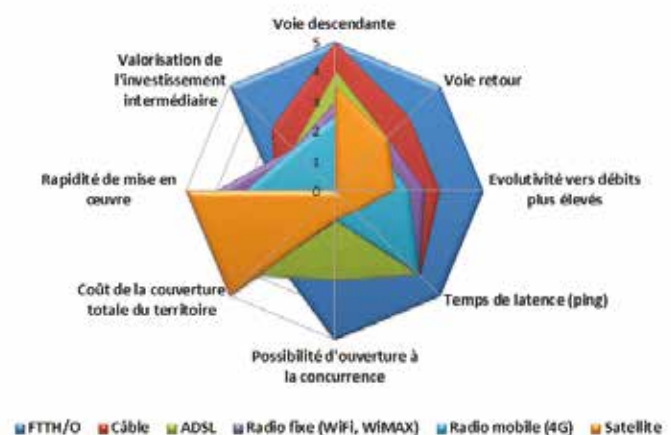


Figure 3.9 : comparaison synthétique

Compte tenu des coûts de déploiement des technologies FTTH, notamment dans les zones moins denses, des solutions transitoires peuvent plus ou moins bien satisfaire les objectifs illustrés par les différents critères de comparaison envisagés. Bien sûr, la combinaison de plusieurs technologies intermédiaires peut permettre d'optimiser la satisfaction de ces objectifs.





4

TECHNOLOGIES ET COMPOSANTS DU RESEAU D'ACCES

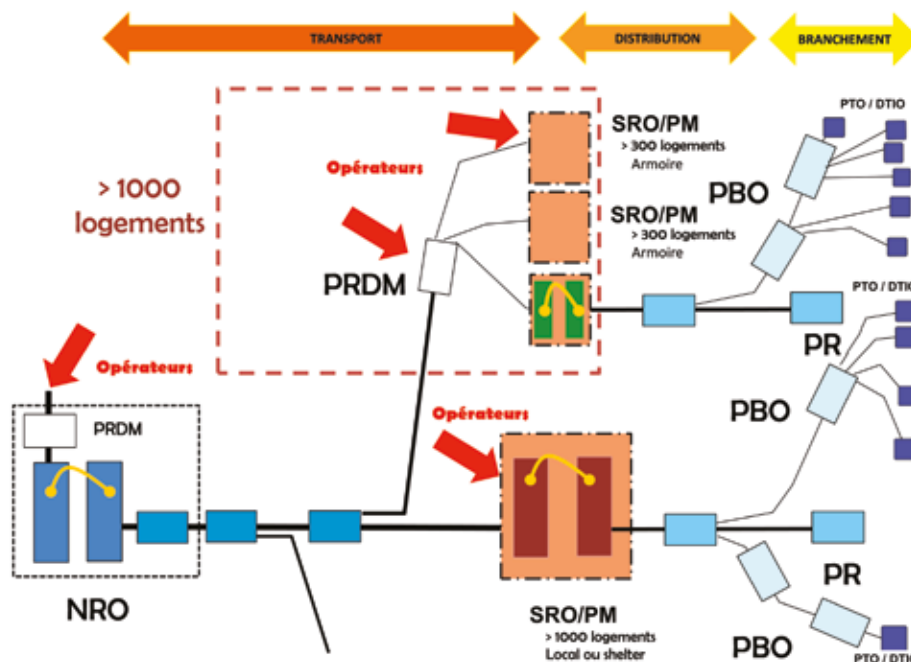
TECHNOLOGIES ET COMPOSANTS DU RESEAU D'ACCES

Ce chapitre présente les matériels des couches infrastructures et optique passive permettant le déploiement des réseaux FTTH. Il décrit les solutions de câblage et de raccordement couramment employées pour les différents environnements (aérien, souterrain...) rencontrés en zone moins dense.

4.1 - COMPOSANTES DU RESEAU D'ACCES

Le schéma en figure 4.1, n'est pas exhaustif, les différents principes d'ingénierie ayant été présentés en détail au chapitre 3. Il représente les différents

points constitutifs du réseau afin de pouvoir détailler les matériels associés ci-après. On notera l'apparition de PR (point de récupération) et des points de dérivation, liés à la construction du réseau, non à son exploitation. Concernant le PR en particulier, certains opérateurs peuvent décider de créer ce point en amont des PBO, afin de réduire les coûts d'investissements initiaux. Les PBO, au cas où un PR est créé, sont installés au fil de l'eau, en fonction de la demande.



	Répartiteur optique pour NRO. Fermes ou baies.
	Boîte de protection d'épissure de transport située dans une chambre (BPE)
	Répartiteur optique pour point de mutualisation supérieur à 1000 clients. Fermes murales ou baies en local technique ou shelter (SRO/PM)
	Répartiteur optique pour point de mutualisation supérieur à 300 et inférieur à 1000 clients. Armoires de rue (SRO/PM)
	Boîtier de protection d'épissures de distribution, situé dans une chambre. Il peut servir de point de récupération (PR)
	Point de branchement optique : boîtier de protection d'épissure aérien, poteau ou façade (PBO)
	Prise terminale optique (DTIO/PTO)

Figure 4.1 : les composantes du réseau d'accès

4.2 - COUCHE INFRASTRUCTURE

Lors du déploiement du FTTH en dehors des zones très denses, les opérateurs chercheront prioritairement à réutiliser les infrastructures existantes : génie civil (GC) existant de l'opérateur historique, appui téléphonique ou électrique (BT/HTA), autres réseaux...

4.2.1 - LES MATERIELS POUR RESEAUX SOUTERRAINS

4.2.1.1 - LES FOURREAUX

Un fourreau est un élément installé initialement directement dans le sol ou en sous tubage pour permettre l'installation d'un câble par tirage, flottage ou soufflage. Il peut être matérialisé par un tube ou un micro-tube.

PVC

Les fourreaux PVC sont déconseillés, sauf sur de courtes distances, leur tenue en pression étant trop faible.

PeHD

Dans le cas d'une infrastructure neuve, les fourreaux seront de type Polyéthylène Haute Densité (PEHD 80) ; ces produits sont adaptés à la pose de câbles optiques ou le sous-tubage par des techniques de soufflage à l'air ou flottage à l'eau. On pourra aussi utiliser du PEHD 100 Haute Résistance qui permettra de réutiliser le remblai sans passer par la phase de la couche de sable. Son coût est plus important mais il permet des économies d'infrastructure. La qualité du PEHD utilisée dans la construction d'un réseau télécom est primordial pour une bonne utilisation durant toute la durée de vie de ce réseau.

Tubes standards PeHD : Ø 18 mm au Ø 90 mm. Ces tubes seront utilisés dans la construction des réseaux télécom (Backbone) mais pourront également être utilisés en sous tubage pour de la desserte.

Micro tubes PeHD : Ø 5 mm au Ø 16 mm. Il faut distinguer quatre familles de micro-tubes :

- les tubes ou multi-tubes pour sous-tubage de fourreaux PeHD ;
- les tubes ou multi-tubes pour sous-tubage de fourreaux PVC, TPC ou béton ;
- les multitubes directement enterrables ;
- les tubes pour la pénétration à l'intérieur des immeubles (FLRS0H).

Ces produits seront plutôt utilisés pour assurer les parties transport, distribution et raccordement du réseau de desserte.

On trouvera le plus gros diamètre sur les parties transport et distribution et les plus petits diamètres sur les parties distribution et raccordement.

4.2.1.2 - LES ACCESSOIRES

ACCESSOIRES POUR FOURREAUX

Pour assurer le raccordement de deux fourreaux entre eux, il faudra disposer d'un coupe-tube, d'un outil de chanfreinage et de manchons.



Figure 4.2 : accessoires pour fourreaux

Les fourreaux en attente sont obturés après réception par des bouchons appropriés.

ACCESSOIRES POUR MICRO-TUBES

Pour les micro-tubes, on trouve une variété d'accessoires tels que connecteurs, bouchons et boîtes de lovage. Une norme Européenne, en cours de rédaction, définira les caractéristiques des bouchons, des raccords droits, des raccords passe câble avec étanchéité à l'eau ou au gaz (pour pénétrer dans les immeubles).

Les raccords et bouchons doivent être garantis pour la même pression d'utilisation que les conduites. La force d'extraction du raccord doit être supérieure à 50N.

Dans le cas de la dérivation d'un ou plusieurs micro-tubes provenant d'un multitube, on protège la ou les dérivation au moyen d'un boîtier assurant une protection mécanique, en chambre ou directement enterré.



Figure 4.3 : boîtier de dérivation pour micro-tubes

Le système de dérivation doit permettre de garantir un rayon de courbure minimal sur les micro-tubes, selon le tableau ci-après.

Il est préférable de choisir des boîtiers étanches (IP68) et résistants à l'écrasement (IP67).

Sans protection étanche, les liquides peuvent très facilement remonter le long du câble en adduction et pénétrer dans des zones avec des éléments actifs.

Diamètre extérieur micro-tube (mm)	Rayon de courbure minimum (mm)
5	60
8	200
10	240

Tableau 4.1 : rayons de courbure applicables aux micro-tubes

4.2.1.3 - LES NORMES APPLICABLES

Le tableau 4.2 récapitule les normes applicables à ces fourreaux.

Normes	Caractéristiques
NFT 54018	Tube PVC : barre rectiligne rigide de plusieurs mètres, faible coût, maniabilité et simplicité d'installation. Tubes PVC pression : installation des câbles par portage eau ou air possible.
Norme NF330	Répond à l'ensemble des exigences qualitatives pour les tubes et accessoires pour les réseaux télécoms : stress cracking, résistance à la pression, à l'écrasement, au poinçonnement, au choc et à la traction.
NFT 54077 est remplacée depuis 2004 par l'ISO 13 480	<u>Le Stress Cracking</u> est une résistance à la fissuration lente. C'est une conséquence du mécanisme de vieillissement sous l'action d'agent tel l'oxygène de l'air (oxydation + UV). La qualité du PEHD permettra une protection + ou - longue durant le stockage en extérieur ou même des agressions liées aux agents chimiques présents dans les tranchées.
NF EN 921	<u>La Résistance à la pression</u> : paramètre primordial. Le tube PEHD peut être contraint à une pression de 14 bars pour le portage d'un câble à l'air voire à 30 bars en instantané à l'eau.
NF EN 50086-2-4	<u>La Résistance écrasement/poinçonnement /choc et traction (ISO 527)</u> Les meilleures propriétés mécaniques sont obtenues grâce à la qualité de l'enchaînement moléculaire du polymère (PE vierge avec des longueurs des chaînes moléculaires optimales).
NF T54-72	Norme obsolète (elle n'est plus en vigueur depuis 2004)

Tableau 4.2 : les normes applicables aux fourreaux télécoms

Pour les micro-tubes, une norme Européenne, en cours de rédaction, qui définit les caractéristiques des bouchons, des raccords droits, des raccords passe-câble avec étanchéité à l'eau ou au gaz

(pour pénétrer dans les immeubles). Les raccords et bouchons doivent être garantis pour la même pression d'utilisation que les conduites. La force d'extraction du raccord doit être supérieure à 50N.

4.2.2 - LES CHAMBRES ET REGARDS

Les différents types de chambres sont les suivantes :

- Chambres sous trottoir (tableau 4.3) :

- Les tampons sont de type 125kN ou 250kN ;
- Chambres sous chaussée (tableau 4.4) :
- Les tampons sont de type 400kN.

Chambres sous trottoir	Dimensions intérieure : L x l x P (cm)
L0T	42x24x30
L1T	52x38x60
L2T	116x38x60
L3T	138x52x60
L4T	187x52x60
L5T	179x88x120
L6T	242x88x120

Tableau 4.3 : chambres sous trottoir

Chambres sous chaussée	Dimensions intérieure : L x l x P (cm)
K1C	75x75x75
K2C	150x75x75
K3C	225x75x75

Tableau 4.4 : chambres sous chaussée



Figure 4.4 : chambre béton et accessoires



Figure 4.5 : regards de branchement

En lieu et place de la plupart des chambres traditionnelles, sous chaussée ou en zone piétonnière, on peut utiliser des chambres et regards en polyester renforcé de verre (PVR ou SMC). C'est un matériau non soumis à la corrosion offrant une tenue élevée aux chocs. Ces chambres se composent de sections complètes de 15 cm de hauteur qui s'emboîtent les unes sur les autres, ou elles sont monoblocs. Très résistantes (40 tonnes à la charge verticale et plus de 200 kg/cm² à la charge latérale), ces chambres sont disponibles en kit à monter ou pré montées. Elles autorisent

une manipulation par une seule personne. La mise en œuvre est simple et rapide avec des gains à l'installation significatifs.

Normes Applicables : les chambres utilisées répondent aux normes NF P 98050 et NF P 98051. La norme NF P 98311 définit plusieurs familles de trappes pour fermeture des chambres. Les regards incluent souvent cuve et tampon en matériaux synthétiques armés de fibres de verre et sont conformes au guide UTE C15-900.

Objet	Normes applicables
Chambres en accotement et sous trottoir	NF P 98-050-1 et NF P 98-050-2
Chambres sous chaussée	NF P 98-050-1 et NF P 98-050-2
Trappes de fermeture	NF EN124
Chambres composites	néant
Sécurisation des chambres	NF EN 1627 - classe 3
Système de localisation	NF S70-003

Tableau 4.5 : normes applicables

4.2.3 - LES MATERIELS POUR RESEAUX AERIENS

L'installation de câbles à fibres optiques sur les réseaux de distribution d'énergie existants doit permettre un déploiement rapide et économique, en particulier dans les zones rurales qui disposent d'un réseau aérien bien maillé. Mais la pose d'un câble additionnel applique une charge mécanique supplémentaire sur les supports. Les poteaux ne disposant pas d'une résistance suffisante pourraient rompre prématurément en cas d'épisode

climatique exceptionnel, notamment les poteaux d'alignement qui sont par construction les plus sensibles à la charge induite par un fort vent latéral. Afin de maintenir une fiabilité optimale des réseaux électriques, il est nécessaire de vérifier l'existence d'une réserve de charge mécanique suffisante sur chaque support préalablement à leur mutualisation. Ces calculs mécaniques sont réalisés à l'aide d'un logiciel spécifique qui intègre les différents paramètres du support, de la ligne et des surcharges climatiques.

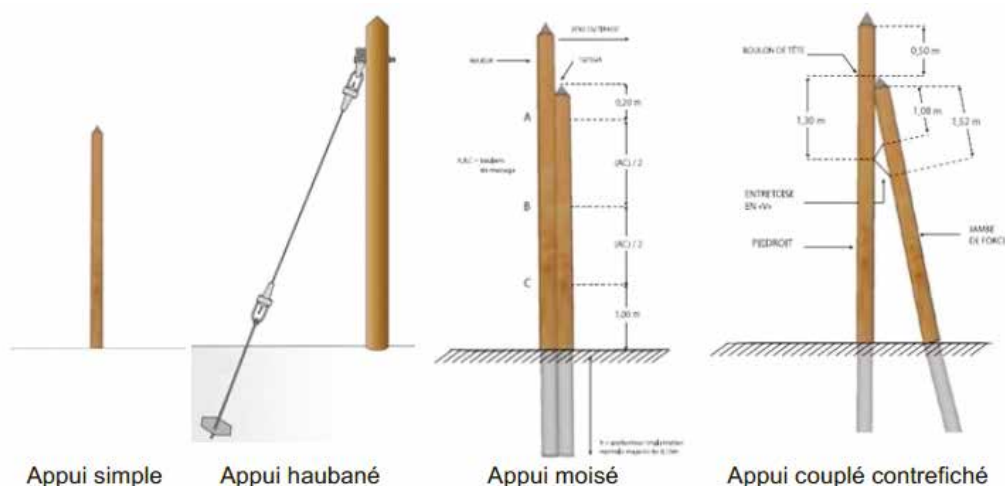


Figure 4.6 : les différents types d'appuis

4.2.3.1 - LES POTEAUX DU RESEAU TELEPHONIQUE

Sur le réseau aérien d'Orange se trouvent des poteaux bois, des poteaux en acier galvanisé et à titre expérimental des poteaux en résine renforcée fibre de verre. Ils sont en majorité de structure simple. La distance moyenne entre les appuis est d'environ 35m. Toutefois selon la configuration, un renforcement peut s'avérer nécessaire, soit en

fonction de la configuration réseau, soit en fonction de la configuration du terrain. En extrémité des artères aériennes d'Orange, en complément des poteaux, sont parfois installés des potelets ou mâts Lorrain qui sont des poteaux métalliques de faible section ou des potelets (figure 4.7). Ils sont constitués de tubes d'acier scellés dans les façades des immeubles ou maisons.

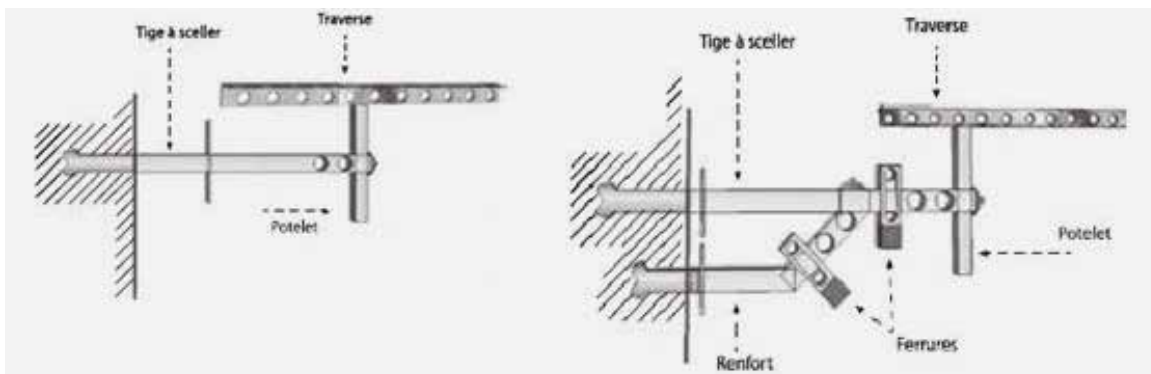


Figure 4.7 : potelets pour façades de distribution électrique

4.2.3.2 - LES POTEAUX DU RESEAU DE DISTRIBUTION D'ELECTRICITE

Les réseaux publics de distribution d'électricité sont la propriété des collectivités. Si elles ne l'assurent pas elles-mêmes par le biais de régies, ces autorités concédantes ont confié la gestion de leurs réseaux de distribution d'électricité à Enedis (pour 95 % des réseaux de distribution du territoire métropolitain continental) ou à des entreprises locales de distribution (ELD). Enedis possède une longue expérience de mutualisation

des supports sur ses infrastructures (cuivre, coaxial, fibre optique, répéteurs, etc.). Les poteaux utilisés par Enedis sont soit en béton, soit en bois (simple ou assemblage de support), soit en métal tubulaire ou pour les plus anciens en treillis.

Chaque poteau sur le terrain fait l'objet d'un étiquetage de couleur bleue comportant un numéro d'identification. D'autres étiquettes peuvent également être rencontrées. Elles donnent des informations d'identification ou de sécurité.

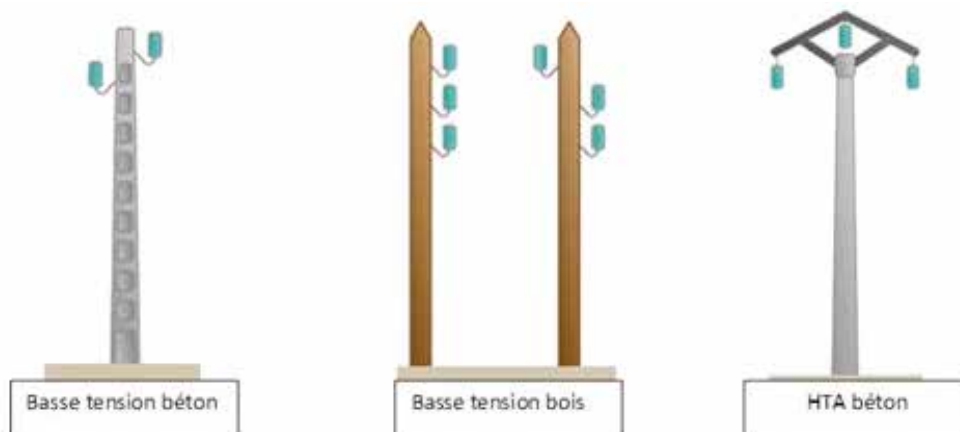


Figure 4.8 : les différents types de poteaux de distribution électrique

4.2.3.3 - ACCESSOIRES DE DEPLOIEMENT SUR POTEAU

Les dispositifs utilisés doivent être adaptés aux caractéristiques du câble lui-même et aux conditions d'utilisation sur le site qui sont étroitement liées aux paramètres d'installation de la ligne, tels que la portée, la flèche, le dénivelé, ainsi que les conditions climatiques. Le maître d'œuvre, qui a la responsabilité de valider la bonne adéquation des produits et des matériaux utilisés pour la réalisation de son ouvrage selon les conditions particulières de son projet, peut demander la réalisation d'essais de qualification.

La mise en œuvre peut nécessiter des précautions particulières pour éviter les blessures du câble, mais surtout, en cas de présence d'une ligne électrique sous tension à proximité, pour éviter tout risque de contact électrique du monteur.

Parmi les accessoires utilisés, on peut citer (liste non exhaustive) :

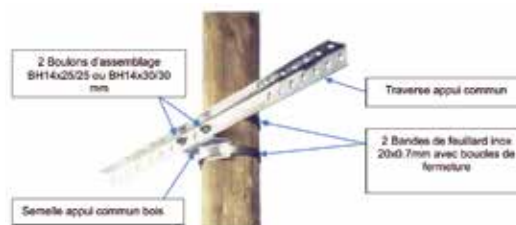
- Les berceaux de descente de poteau, qui servent à fixer le câble, soit en descente de poteau, soit sur une façade ;



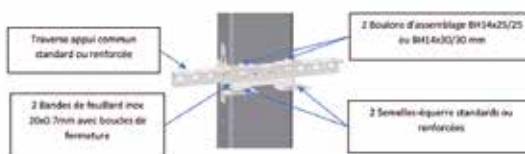
- Les gaines de protection pour transitions aéro-souterraines : la fixation des goulottes sur poteaux se fait soit par vis à bois, soit par feuillard ; des manchons de réduction permettent de traiter les sorties de conduites ;
- Les rehausses de poteau : elles ont pour rôle de séparer la nappe de câbles cuivre existante de la nouvelle nappe de câbles à fibres optiques à installer ; la rehausse est utilisée pour le déploiement d'un réseau optique pour tout appui Orange sur lequel la nappe cuivre déjà présente est placée trop près de la tête de l'appui pour pouvoir implanter une nouvelle traverse avec un écartement minimum de 10 cm (idéalement 15 cm) devant être respecté entre les deux réseaux ;



- Les dispositifs d'ancrage (technologie préformée ou coincement conique) sont utilisés pour l'arrêt des câbles. Elles sont à coincement conique automatique pour les courtes portées ou de type spiralées pour les plus longues portées. La qualification du couple câble-pince d'ancrage est recommandée ;
- Les dispositifs de suspension s'installent sur les poteaux intermédiaires d'un canton, en alignement ou, en cas de déviation, avec un angle maximum de 15° à 25° selon la technologie choisie. Au-delà, la fixation du câble doit être réalisée à l'aide d'un double ancrage ;
- Les traverses sur poteau bois :



- Les traverses sur poteau rectangulaire béton :



- Différents dispositifs d'ancrage : ferrure d'étolement, ferrure d'ancrage renforcée, ferrure de suspension pour appui, ancrage spiralé ;
- Les dispositifs d'alignement pour câbles ADSS sur réseau BT et HTA ;
- Les dispositifs de suspension fusibles sur pince ou console :
 - Le coûteux remplacement de nombreux poteaux ou l'implantation de poteaux intermédiaires peuvent être évités par l'utilisation de pinces de suspension avec fusible mécanique qui relâchent au sol le câble à fibres optiques avant que le support n'atteigne la surcharge ultime telle que définie par le propriétaire du réseau de distribution électrique. Après le déclenchement de la pince fusible, le poteau est déchargé des efforts du câble à fibres optiques, prolongeant ainsi la résistance du poteau pour affronter la tempête. L'étude d'implantation doit s'assurer qu'il n'y a pas de contrainte de passage sous la ligne ;

- Dispositif sensible aux efforts combinés (H+V) : celui-ci est utilisable en dehors des zones où il existe un risque de formation de givre ou neige collante. Le câble ADSS étant léger par construction, la composante horizontale des efforts devient prépondérante en cas de fort vent latéral, ainsi le berceau de pince s'approche de la position horizontale jusqu'à atteindre la valeur fusible. La précision du seuil de déclenchement assure une protection optimale du poteau pendant toute la durée de vie du réseau.



Figure 4.9 : pince fusible H+V fixation sur console



Figure 4.10 : pince fusible H+V fixation sur traverse

- La figure 4.11 illustre le principe de fonctionnement du dispositif fusible ;

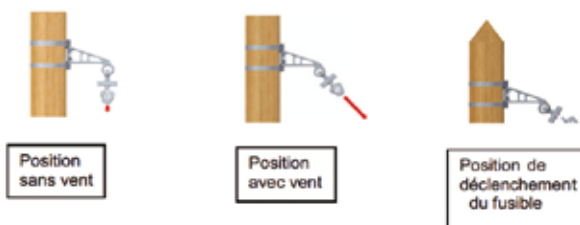


Figure 4.11 : fonctionnement du dispositif fusible

- Dispositif sensible aux efforts horizontaux (H) : utilisé pour la suspension de câbles télécoms sur les appuis ERDF BT et HTA en limite de charge. Le capot de couleur permet d'identifier la plage fusible correspondante (en daN) ;



Figure 4.12 : fusible H sur console

- Les suspensions spiralées : elles peuvent être avec ou sans sous-couche de protection, ou renforcées.



Figure 4.13 : suspensions spiralées standard et renforcée

4.2.3.4 - ACCESSOIRES DE DEPLOIEMENT SUR FAÇADE

Les façades d'immeubles peuvent être utilisées comme support dans différents cas :

- Raccordement en aérien d'un abonné : l'immeuble de l'abonné est relié par un câble aérien tendu et dont la pince d'ancrage est accrochée à une ferrure de fixation telle qu'une console ou un piton d'accrochage adapté au matériau de la façade ;
- Réseau tendu sur façade : la rehausse de potelet permet de déployer un câble optique tendu au-dessus d'un réseau cuivre existant. Des mesures de précautions doivent être prises pour évaluer de la bonne tenue mécanique sur la façade ;
- Réseau non-tendu: utilisation de chevilles murales ou embases avec collier.

4.2.4 - LOCAUX TECHNIQUES ET SHELTERS

Les locaux techniques sont destinés à intégrer les nœuds d'exploitation que sont les NRO et SRO/PM indoor ; ils permettent d'assurer l'hébergement d'équipements des clients opérateurs (actifs ou passifs) ainsi que l'exploitation et le brassage optique des accès clients et peuvent recevoir des équipements actifs et passifs tels que des équipements de transmission et des coupleurs optiques qui sont utilisés par les opérateurs commerciaux utilisant la technologie P2P (Point à Point) ou PON (Point/Multipoint) ; ils peuvent être réalisés dans des bâtiments existants ou neufs ou en utilisant des shelters (= locaux préfabriqués). Ils auront des caractéristiques typiques différentes en fonction de l'application.

Ce local d'hébergement doit être une salle aveugle (absence de fenêtres non opacifiées) ne disposant d'aucune issue à l'exception de portes d'accès ; local réputé non inondable, il doit disposer d'une hauteur sous plafond permettant le passage des chemins de câbles et goulottes optique au-dessus des baies.

4.2.4.1 - APPLICATION NRO

Le local technique assure l'interface entre le réseau passif et les équipements actifs de l'opérateur d'immeuble et des opérateurs commerciaux et est un point de flexibilité au sein même du réseau passif. Les dimensions du local NRO seront de l'ordre de :

Shelter	Longueur	Largeur	Hauteur
18 m ²	7,50 m	2,50 m	3,38 m

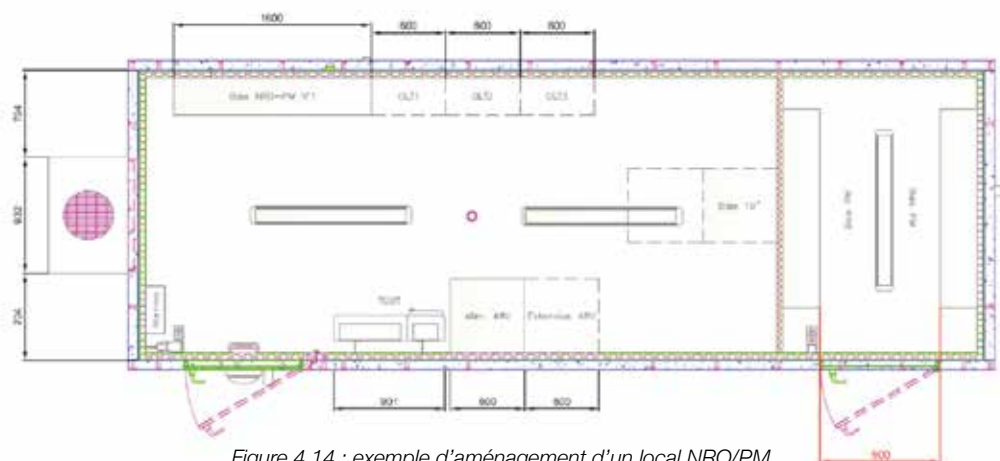


Figure 4.14 : exemple d'aménagement d'un local NRO/PM

4.2.4.3 - APPLICATION SRO/PM

Le local SRO/PM de 6m² sera un local technique passif qui ne contiendra aucun élément tertiaire. Il ne sera pas nécessairement raccordé au réseau d'énergie. Ses dimensions seront de l'ordre de :

Shelter	Longueur	Largeur	Hauteur
6 m ²	2,50 m	2,50 m	3,18 m

Il sera destiné uniquement à l'accueil de matériels optiques passifs. Il accueillera jusqu'à 3 baies répartiteurs optiques.

4.2.4.4 - AMENAGEMENT DU LOCAL

Selon sa fonctionnalité, le local pourra être plus ou moins équipé de :

4.2.4.2 - APPLICATION NRO/PM

Le local NRO de 18m² peut accueillir une cloison pour réaliser une séparation physique entre l'espace où est implanté le répartiteur optique qui accueille les tiroirs têtes de câbles de la zone arrière du PM rattaché au NRO et l'espace énergisé du NRO. Cette cloison permet de donner un accès exclusif au répartiteur de brassage passif, les techniciens n'étant pas habilités à travailler dans un espace électrifié peuvent ainsi accéder au répartiteur de brassage. Les accès à ces deux espaces distincts seront faits par le biais de deux portes d'accès différentes.

L'espace PM de chacun des Shelters NRO/PM regroupe les terminaisons de lignes fibres optiques du réseau de transport rattaché au NRO.

- La climatisation, ou un système de gestion de l'ambiance pour assurer un bon fonctionnement des équipements hébergés dans le local.
- Le TGBT (Tableau Général Basse Tension)
- L'atelier d'énergie et une réserve d'espace pour une baie d'extension atelier d'énergie
- Le TDCC (Tableau de Distribution Courant Continu) : alimentation secourue en 48V
- La GTC (Gestion Technique Centralisée)
- Les réserves d'espace pour l'accueil des baies 19" et baies OLT (Optical Line Termination)
- L'éclairage (Eclairage intérieur ; Eclairage extérieur ; Eclairage de secours)
- La détection incendie
- La gestion des accès au local.

4.2.4.5 - RAPPEL DES NORMES

- NFC 13-100, NFC 15-100, NFC 17-100, NFC 14-100, NFC 61-740, NFC 63-400 et NFC 20-010 relatives aux règles d'installations électriques basse tension.
- Normes EN 55-022 ou NFC 91-022, EN 50-082-1 ou NFC 91-082-1 et EN 50-082-2 ou NFC 91-082-2, relatives à la compatibilité électromagnétique en environnement industriel.
- Décret du 18 Novembre 1988 relatif à la Protection des Travailleurs contre les dangers du courant électrique.

4.3 - COUCHE OPTIQUE PASSIVE

4.3.1 - INGENIERIE ET SYSTEMES DE CABLAGE

L'introduction de la fibre optique, par son faible diamètre, un raccordement plus complexe, le faible poids des câbles a fait naître de nouvelles manières de câbler, comme le piquage ou le soufflage.

Les principaux types de câblage optique sont présentés schématiquement sur le tableau ci- après :

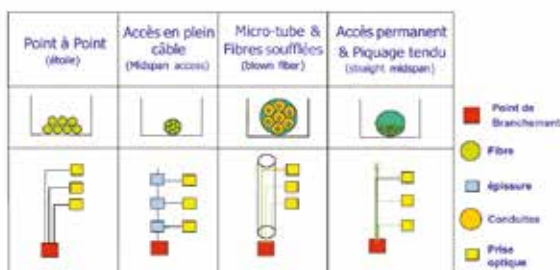


Tableau 4.6 : systèmes de câblage

Chaque projet, à l'échelle d'une commune ou d'un pays, en fonction de l'infrastructure, de la stratégie de déploiement et d'investissements nécessite une analyse technico-économique et des expérimentations avant de choisir une ingénierie adaptée. On pourra noter certaines généralités cependant :

- Lorsqu'il s'agit de créer une infrastructure souterraine sur de grandes longueurs, neuve ou en réhabilitation, les solutions soufflées sont usuellement déployées. Il est plus délicat de les déployer dans du GC traditionnel sur de courtes distances. Le piquage (midspan), en ligne ou sur câble tendu s'est très largement développé avec les réseaux de communications optiques.

- Les solutions de piquage sur câble tendu (accessibilité permanente) se sont imposées dans les immeubles pour des raisons économiques (gain de love de câble aux étages). Elles commencent à se déployer pour les infrastructures façade et sont en cours de développement pour les infrastructures souterraines.

4.3.2 - LA FIBRE OPTIQUE

4.3.2.1 - GENERALITES

La fibre la plus couramment employée dans le domaine des communications électroniques demeure la fibre monomode G652 D (standard UIT-T repris par la CEI 60793). Grâce à son faible affaiblissement linéique et à sa bande passante, elle permet la réalisation de liaisons longue distance à très hauts débits. Ces fibres sont majoritairement utilisées dans les réseaux de collecte.

Afin de 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 IEC 60793-2-50. Leurs avantages en matière de transmission notamment à 1625 nm et leurs aptitudes à la courbure permettent de les utiliser dans des espaces restreints tant dans les boîtiers extérieurs qu'intérieurs. Elles sont donc préconisées et déployées actuellement sur tout le réseau d'accès.

Les fournisseurs de soudeuses optiques proposent aujourd'hui des programmes automatiques simples adaptés au raccordement G657-G657 et G652-G657.

4.3.2.2 - LA FIBRE MONOMODE G 652 D

Les principales caractéristiques de la fibre G652 D sont les suivantes :

- Atténuation à 1310nm et à 1383nm $\approx 0,35\text{dB/km}$;
- Atténuation à 1550nm et à 1625nm $\approx 0,22\text{dB/km}$;
- PMD ($\leq 0.2 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$) ;
- Dispersion chromatique à 1550 nm $\approx 18 \text{ ps/nm.km}$;
- Dispersion chromatique nulle aux alentours de 1310 nm.

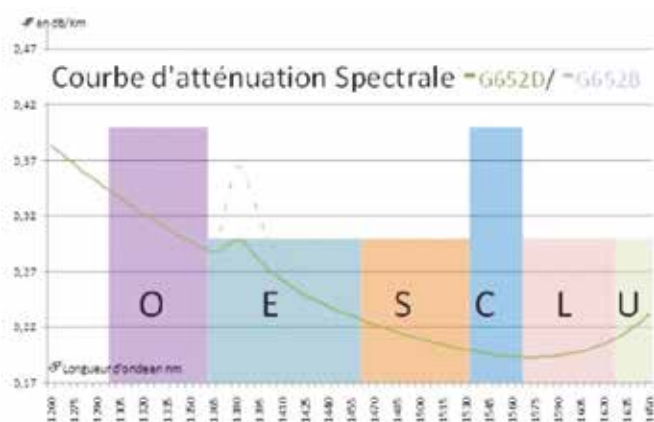


Figure 4.15 : atténuation spectrale des fibres G652 B et D

La fibre G652 D supporte les applications de multiplexage actuelles (WDM : Wavelength Division Multiplexing) utilisant les bandes C et L et des débits de transmission supérieurs au téra-bit/s.

La fibre G652 D dont le pic OH- a été réduit (courbe verte ci-dessus), voire supprimé, permet l'utilisation de la bande E contrairement à la G652B.

La présence de dispersion chromatique permet d'être peu sujet aux effets non linéaires apparaissant à des puissances optiques importantes.

La fibre G652 D à faible PMD (dispersion des modes de polarisation) est compatible avec l'évolution des transmissions vers des plus hauts débits.

4.3.2.3 - INTERET DE LA FIBRE G 657 A2 DANS LE RESEAU D'ACCES

La fibre G657A2 possède quelques caractéristiques qui permettent d'envisager à l'usage et sur la durée un coût total moindre.

MACRO-COURBURES ET MICRO-COURBURES

Du point de vue de la courbure, la fibre G652 D est qualifiée pour un rayon de courbure de 30 mm, la fibre G657 A2 pour un rayon de courbure de 15mm. Le tableau ci-dessous recense quelques mesures d'atténuation qui ont été effectuées.

	G657A2		G652D	
Wo¹ 1310	8,9 µm		9,1 µm	
Wo 1550	9,9 µm		10,2 µm	
Macro-courbure	1 Tour	10 Tours	1 Tour	10 Tours
Rayon 7.5 mm	0,19 dB	1,45 dB	3,50 dB	35,00 dB
Rayon 10 mm	0,02 dB	0,25 dB	0,44 dB	4,70 dB
Rayon 15 mm	0,00 dB	0,02 dB	0,01 dB	0,08 dB
Rayon 20 mm	0,00 dB	0,00 dB	0,00 dB	0,00 dB
Micro-courbure²	0,79 dB		1,80 dB	

¹ Wo : diamètre de champ de mode

² Mesure effectuée avec la méthode SandPaper

INSENSIBILITE THERMIQUE

Une fibre G652 D, présente comparativement à une G657 A2 des variations d'atténuation qui sont 5 fois plus élevée, après deux cycles thermiques à -40°C + 70°C.

Cette caractéristique demeure somme toute importante dès lors que nous considérons des armoires de rue ou des PBO, qui sont exposés aux variations climatiques journalières et saisonnières, et ce d'autant plus, que la fibre dans ces points de flexibilité n'est plus protégée par les gaines du câble.

ATTENUATION OPTIQUE

Les spécifications d'atténuations des fibres G657A2 à 1550nm et 1625 nm sont inférieures aux spécifications pour les fibres G652D. Les valeurs réelles sont aussi très inférieures aux valeurs spécifiées. L'intérêt de ces fibres réside alors dans l'anticipation de cette évolution des débits et ainsi de ne pas être dans l'obligation de redéployer une nouvelle infrastructure, et changer uniquement les équipements d'extrémité.

RESEAUX ET MISE EN ŒUVRE

Les caractéristiques en macro-courbures apportent un vrai plus notamment sur la partie finale, lors du raccordement client pour lequel les passages sont très contraignants.

RE-EXPLOITATION DES INFRASTRUCTURES EXISTANTES

En conséquence, d'un point de vue de la transmission, utiliser les fibres G657A2 dans le réseau FTTH présente un intérêt dans le cadre de la ré-exploitation des infrastructures existantes, et de la nécessité de miniaturiser ou diminuer la taille des composants de ces réseaux, et permettant ainsi, sans impacter les aspects transmissions.

DIMINUTION DES SEUILS DE RISQUES

La réduction des coûts de déploiement passe principalement par une optimisation des temps d'installation. Aussi, augmenter les cadences de pose présente des risques d'erreurs dans les raccordements (permutation de fibre) mais aussi des risques de sur-solliciter les câbles lors de la pose, liés à des conditions de terrains difficiles ou liés à des personnels formés récemment.

Le meilleur comportement des câbles grâce à l'augmentation du seuil d'insensibilité en transmission versus la contrainte mécanique des fibres en micro-courbures et macro-courbures, donne une marge de sécurité supérieure.

CONCLUSION

La fibre G657 A2 a un réel impact dans le FTTH. Elle possède des qualités intrinsèques qui sont exploitables directement par le gestionnaire du réseau en matière d'optimisation des espaces

(dans les chambres et dans les boîtes de protection d'épissures), et permet de garantir des faibles valeurs d'atténuation tout en anticipant les évolutions des matériels actifs de transmission.

4.3.3 - LES CABLES

4.3.3.1 - GENERALITES

Dans l'histoire du câble optique les différentes structures de câbles qui sont apparues répondaient à des problématiques différentes. Les câbles « loose tube » ont été conçus pour les réseaux longue distance ou l'encombrement des fourreaux, et la compacité des matériels de raccordement n'étaient pas une problématique. De plus, ces réseaux correspondaient à des liaisons point-à-point avec peu de fibres.

Le FTTH a fait apparaître de nouveaux besoins :

- la densification en fibres ;
- un encombrement et dimensionnel réduit ;
- un accès plus aisé et rapide aux fibres ;
- une possibilité d'accès en plein câble (midspan access) pour permettre le piquage en ligne sur un câble optique tendu (accessibilité permanente avec la réalisation d'une ou deux fenêtres d'ouverture pour accéder rapidement à la fibre).

Les micromodules. Contrairement aux structures « loose tube » rigides, les câbles à base de micromodules souples « pelables » ou « déchirables » permettent un accès aux fibres sur un mètre en moins d'une minute, sans outil spécifique, par simple pression et tirage entre les doigts. Ces micromodules sont de contenances variables, de 1 à 24 fibres.

Ils permettent de réaliser des accès en plein câble et des piquages en ligne très aisément.

Repérage des couleurs : Le code couleurs des fibres et modules le plus souvent utilisé est le suivant : à partir de la 13^{ème} couleur, les micromodules sont de même couleur que les 12 premiers avec 1 anneau noir, sauf pour le micromodule noir modifié en vert clair :

Couleur fibres et modules		
N°	Couleurs 1 à 12	
1	Rouge	
2	Bleu	
3	Vert	
4	Jaune	
5	Violet	
6	Blanc	
7	Orange	
8	Gris	
9	Marron	
10	Noir	
11	Turquoise	
12	Rose	












Couleur fibres et modules			
N°	Couleurs 1 à 12		
13	Rouge		1 anneau
14	Bleu		1 anneau
15	Vert foncé		1 anneau
16	Jaune		1 anneau
17	Violet		1 anneau
18	Blanc		1 anneau
19	Orange		1 anneau
20	Gris		1 anneau
21	Marron		1 anneau
22	Vert pâle		1 anneau
23	Turquoise		1 anneau
24	Rose		1 anneau

Tableau 4.7 : code des couleurs – fibres et modules

Dans le cas particulier des câbles de la colonne montante, dès les 12 premiers modules un marquage anneau est employé et le module noir n'existe pas, il est remplacé par le vert clair.

L'étanchéité : pour les applications extérieures, une étanchéité longitudinale est nécessaire.

Elle est de préférence assurée par des éléments gonflant à l'eau. Cette étanchéité sèche permet une bonne accessibilité à chacun des micromodules, sans gel à nettoyer.

Protection contre les rongeurs : Pour un niveau de risque faible, l'armure à base de fibres de verre est suffisante. Dans tous les cas, l'utilisation des mèches d'aramide seules est insuffisante pour assurer une résistance aux attaques de rongeurs.

Pour un niveau de risque très élevé, la protection FRP (Fiber Reinforced Polymer : éléments rigides en fibre de verre) est considérée comme la meilleure protection. Cependant, cette solution présente un coût très élevé et confère au câble une rigidité qui rend son utilisation en réseau d'accès très difficile ; une armure acier est aussi envisageable, mais elle va alourdir le câble, le rendre plus difficile à mettre en œuvre.

Pour un niveau de risque élevé, les câbles à structure diélectrique avec renforcement fibre de verre "hot melt" réalisent un optimum prix / performance. Le renforcement à base de mèches

de verre enduites est nettement préférable dans le cas des réseaux d'accès, de par sa légèreté et sa facilité de mise en œuvre.

Il existe aussi depuis peu une nouvelle génération de câble avec des gaines anti-rongeur qui agissent comme répulsif sur ces nuisibles mais sans risque pour la santé. Cette technique innovante permet d'obtenir une bonne protection tout en gardant une grande souplesse des câbles similaires aux gammes sans protection.

La diversité des solutions existantes est présentée ci-après en fonction des infrastructures dans lesquelles les câbles sont déployés et les méthodes de pose utilisées.

4.3.3.2 - LES CABLES POUR POSE EN SOUTERRAIN

CABLES SOUTERRAINS FORTE CONTENANCE



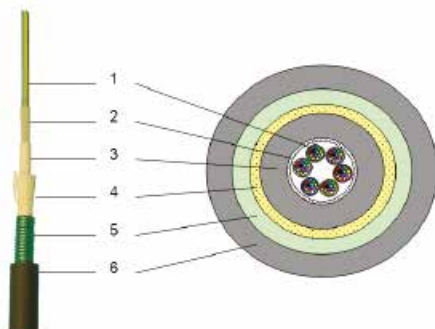
Le tableau 4.8 présente les principales caractéristiques de ces câbles.

		432 fibres	432 fibres	720 fibres	864 fibres
Gamme de température :	Transport et stockage	-40 / +70 ° C			
	Installation	-5 / +45 ° C			
	Fonctionnement	-30 / +60 ° C			
Traction maximale (N)		2800	3000	4000	4400
Résistance à l'écrasement (N/cm)		250			
Rayon de courbure mini (mm)		200	200	200	200
Diamètre nominal du câble (mm)		16.5	18	18.5	19.5
Poids nominal (kg/km)		180	210	230	270

Tableau 4.8 : caractéristiques des câbles à forte contenance

CABLES POUR POSE PLEINE TERRE / EGOUT

La pose d'un câble optique en pleine terre exige une structure dotée d'une armure en acier ou en FRP (Fiber Reinforced Polymer: élément en fibre de verre). Disposée généralement entre les 2 gaines du câble, cette armure assure une très bonne protection des fibres aux chocs et à l'écrasement. La gaine extérieure sera systématiquement de type PeHD, l'étanchéité longitudinale de l'ensemble des éléments du câble est nécessaire.



- 1 • **Micromodules** : 6, 8 ou 12 fibres optiques sous peau thermoplastique déchirable
- 2 • **Etanchéité sèche** : Ruban hydrogonflant
- 3 • **Central Unit** : Tube thermoplastique
- 4 • **Renforts souples** : Mèches de verre
- 5 • **Armure** : Acier copolymère
- 6 • **Gaine finale** : Polyéthylène Haute Densité noir

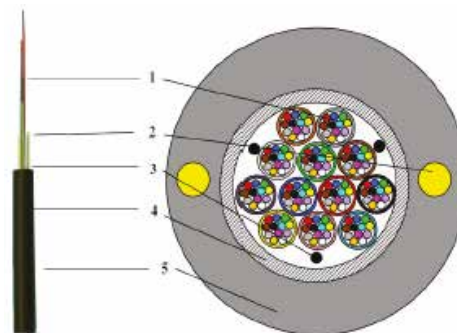
Protection très renforcée contre les rongeurs

CABLES POUR POSE EN FOURREAUX

L'encombrement des fourreaux impose des câbles légers et denses en fibres.

La gaine extérieure est en PeHD ou en tout type de matériau à faible coefficient de frottement.

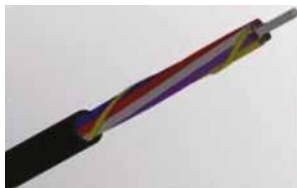
Néanmoins, dans le cas où le câble pénètre dans un immeuble ou une zone de vie, il est nécessaire d'avoir une gaine LSOH.



- 1 • **Micromodules** : 2 à 12 Fibres optiques sous peau thermoplastique déchirable.
- 2 • **Renforts rigide** : 2 renforts en FRP
- 3 • **Etanchéité sèche** : éléments hydrogonflants
- 4 • **Renforts souples** : mèche de verre
- 5 • **Gaine finale** : Polyéthylène Haute densité Noire

MICRO-CABLES POUR POSE PAR PORTAGE A L'AIR/EAU EN MICRO-CONDUITE

Spécialement étudiés pour le réseau d'accès qui exige des câbles toujours plus petits, ces câbles très compacts bénéficient d'une enveloppe polyéthylène à faible coefficient de frottement pour un meilleur glissement dans la microconduite.



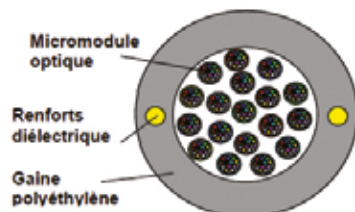
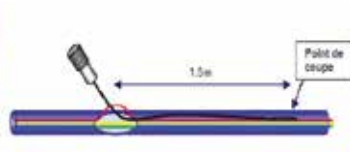
CABLES A ACCESSIBILITE PERMANENTE

Selon la typologie du réseau un des deux cas sera préféré : l'accessibilité permanente avec ou sans épissure. Ces câbles ont la particularité d'avoir des éléments en long sans assemblage permettant un accès aisé aux micromodules et donc aux fibres optiques.

Le câble à accessibilité permanente avec épissure

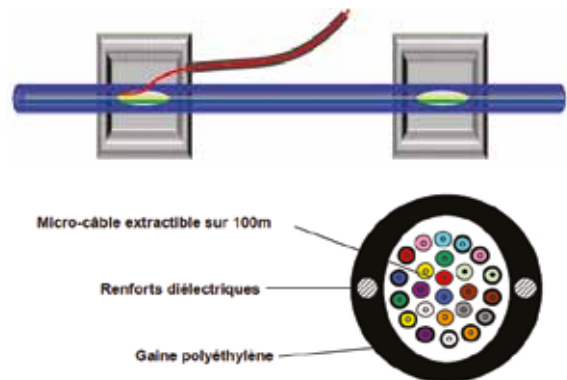
Ce câble permet l'extraction d'un module optique sur 1.5m par une seule fenêtre. Cette solution a l'avantage de ne pas utiliser un boîtier d'étanchéité supplémentaire, d'utiliser des boîtiers d'épissures de faible encombrement, de raccorder les clients au fil de l'eau.

Le câble et les modules optiques sont spécialement conçus pour réaliser l'opération d'extraction en toute sécurité et sans perturber les fibres éclairées.



Le câble à accessibilité permanente sans épissure

Ce câble permet l'extraction d'un micro-câble optique sur 100m. Une coupe du micro-câble est réalisée dans une chambre et on extrait le micro-câble coupé 100m plus loin. Ce microcâble est ensuite poussé, soufflé ou tiré dans une microconduite allant à l'abonné.



4.3.3.3 LES CABLES AERIENS

GENERALITES

Les exigences de déploiement FTTH en zone moins denses imposent de ré-exploiter les infrastructures aériennes existantes et de pouvoir accéder rapidement à la fibre optique afin de pouvoir raccorder les abonnés de ces réseaux « au fil de l'eau ».

C'est pourquoi les structures de câbles autoportés diélectriques (ADSS, All Dielectric Self Supporting) à micromodules sont les câbles les plus adaptés (par opposition aux structures Loose Tube).

LE DIMENSIONNEMENT DES CABLES AERIENS

Le dimensionnement des câbles aériens prend en compte les conditions topologiques d'un poteau à l'autre (portée différente, dénivelé, ...) dans lesquelles il va être installé et les conditions climatiques (température, vent, neige, glace en fonction de la zone géographique) qu'il devra ensuite endurer.

PRISE EN COMPTE DES CONDITIONS TOPOLOGIQUES ET CLIMATIQUES

Afin de ne pas multiplier les références câbles pour minimiser le risque d'erreur d'emploi de câbles non adaptés au réseau en cours de construction, **les câbles aériens sont idéalement conçus pour des portées allant jusqu'à 70 mètres**, permettant une utilisation sur poteau d'énergie ou poteau de télécommunication.

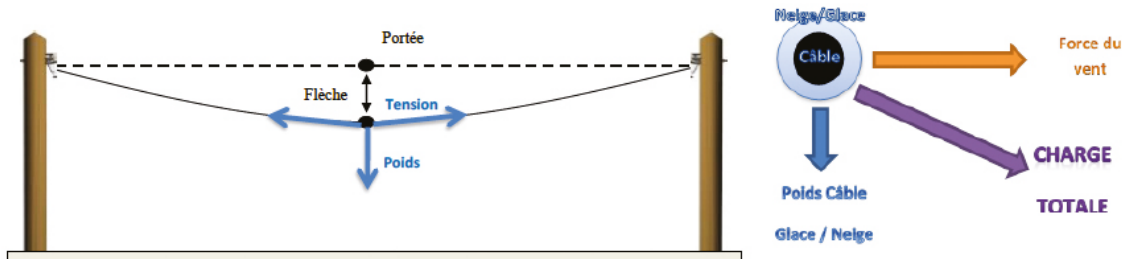


Figure 4.16 : répartition des forces liées à la charge d'un câble suspendu

Les logiciels de calcul des câbles aériens permettent donc, connaissant les caractéristiques des poteaux soutenant les câbles, et les caractéristiques des câbles en fonction d'hypothèses climatiques pour la zone géographique considérée, de déterminer si les appuis existants sont aptes à supporter de nouvelles lignes aériennes, et le cas échéant,

donnent des orientations techniques sur le renforcement ou le remplacement à opérer.

De fait, les conditions climatiques prises en compte pour le dimensionnement des câbles sont présentes dans ces logiciels, et sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Hypothèse	Description	Température (°C)	Pression de vent (Pa)
A1	Zone Vent Normal (ZVN)	15	427,5
A2	Zone Vent Fort (ZVF)	15	480
B1	Hiver zone froide	-10	135
B2	Hiver zone très froide	-20	135
G1	Hiver froid avec 1 kg/m de glace, vent normal pour BT	-5	360

Tableau 4.9 : prise en compte des conditions climatiques (hypothèses)

GRANDEURS CARACTERISTIQUES DES CABLES

Les caractéristiques des matériels sont intégrées dans les bases de données des logiciels de calcul. Il est également possible de saisir des données manuellement dans l'éditeur pour simuler un nouveau câble. Les câbles à fibres optiques sont décrits par les grandeurs physiques suivantes :

- Le diamètre du câble en mm ;
- La section réelle en mm², qui représente la section réelle de matière de renforcement,
- La masse linéique, exprimée en kg/m ;
- Le module d'Young réel, exprimé en daN/mm², qui est le module d'Young de l'ensemble des renforts présents dans le câble ;
- Le coefficient de dilatation, exprimé en 10⁻⁶ /°C ;
- La charge à la rupture, exprimée en daN.

CABLES AERIENS POUR RESEAU ELECTRIQUE HTA

Ce type de câble est généralement posé sur les réseaux électriques aériens haute tension de type A (typiquement entre 1000 et 50 000 volts alternatifs). La protection est généralement constituée de méplats en fibre de verre résinée qui apportent une résistance à la traction ainsi qu'une résistance aux impacts (notamment aux plombs de chasse). On trouve aussi des mèches d'aramide qui offrent un excellent ratio module/poids.



CABLES AERIENS DE DISTRIBUTION SUR APPUIS TELECOM OU BT

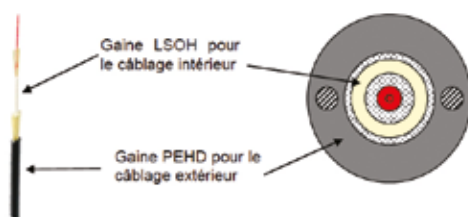
Pour la partie distribution d'un réseau aérien, on utilise des câbles conçus pour utiliser les réseaux aériens électriques basse tension (BT) ou bien les réseaux aériens télécoms déjà existants.

Selon que le câble soit déployé en milieu urbain ou rural, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser un câble muni d'une protection balistique, dans ce cas des méplats en fibres de verre résinés sont câblés sous la gaine, comme dans le cas des câbles pour portée HTA.



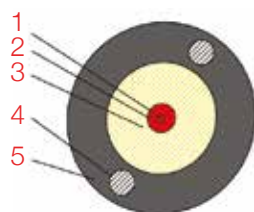
La géométrie des câbles est préférentiellement cylindrique pour limiter la prise au vent ; La gaine du câble, est une gaine de PEHD dans laquelle sont noyés deux renforts FRP de section suffisante pour s'affranchir des variations climatiques et conférer au câble des performances à la traction. Cette résistance à la traction peut être augmentée si nécessaire par des renforts d'aramide présent dans l'âme optique.

CABLES DE BRANCHEMENT INTERIEUR / EXTERIEUR AERIEN ET CONDUITE



Ces câbles permettent le raccordement de l'abonné du point de branchement extérieur (PBO) jusqu'à la Prise Terminale Optique (PTO) dans le logement.

CABLES DE BRANCHEMENT EXTERIEUR AERIEN ET CONDUITE



- 1 • Fibre optique : fibre optique 250µm
- 2 • Micromodule de 1 à 4 fibres
- 3 • Renforts : Fibre d'aramide hydrogonflantes
- 4 • Renfort : diélectrique, 2 FRP verre.
- 5 • Gaine finale : Polyéthylène HD conforme NF EN 50290-2-24

Ces câbles permettent le câblage de l'abonné du point de branchement extérieur (PBO) jusqu'au point de transition (boîtier de transition ou DTIO) à l'entrée du logement. Ils ont une gaine extérieure en polyéthylène Haute Densité à faible coefficient de frottement pour un meilleur glissement dans les conduites.

CABLES FAÇADE A ACCESSIBILITE PERMANENTE

En façade, un soin esthétique doit souvent être apporté au câblage. Les câbles sont de faibles diamètres, souples et discrets. Leur structure permet de parcourir des façades en prenant des angles relativement serrés et en longeant des corniches.



Figure 4.17 : câble optique en façade

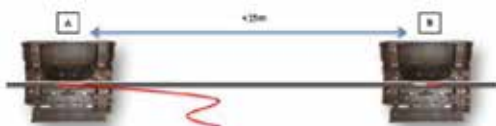
Les câbles sont constitués d'une gaine en Polyéthylène Pe anti-UV apportant une bonne résistance aux chocs et à l'écrasement. Typiquement le diamètre n'excédera pas 12mm pour une contenance de 72 fibres.

Le câble et les modules optiques sont spécialement conçus pour réaliser l'opération d'extraction en toute sécurité et sans perturber les fibres éclairées. Il permet l'extraction d'un module optique par la création **de deux fenêtres**. La première permet de mettre en place le boîtier d'épissure de faible encombrement et de raccorder les clients et la deuxième sert à couper le module sélectionné et de reconstituer l'étanchéité du câble par la mise en place d'un clip obturateur.

a. Méthode de piquage N°1

Le parcours du câble est rectiligne et la distance entre les boîtiers A et B est inférieure à 15m.

Les micromodules sont coupés en B et exploités en A (soudure boîtier)



b. Méthode de piquage N°2

Le parcours du câble entre les boîtiers A et B n'est pas rectiligne.

Les micromodules sont coupés en C à une distance de 1.2m de A

Un clip obturateur étanche vient protéger la fenêtre C

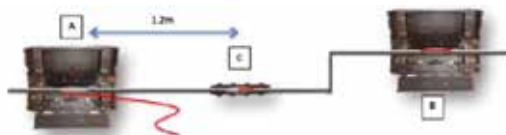


Figure 4.18 : principe de l'accessibilité permanente

Caractéristiques du câble à accessibilité permanente :

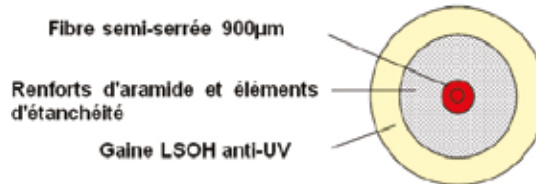


Figure 4.19 : vue en coupe d'un câble à accessibilité permanente

- Contenance typique de 12 à 72 fibres optiques ;
- Température d'installation : -5 à +50°C ;
- Température de fonctionnement : -30 à +60°C ;
- Résistance à la traction : > 650 N ;
- Résistance à l'écrasement : 2000 N/10cm.

CABLES FAÇADE DE BRANCHEMENT EXTERIEUR

Le câble de branchement extérieur pour le raccordement de l'abonné contient de 1 à 4 fibres optiques. Il est protégé par une gaine Zéro Halogène anti-UV. Pour une installation aisée, ce câble souple peut aussi être collé et agrafé.



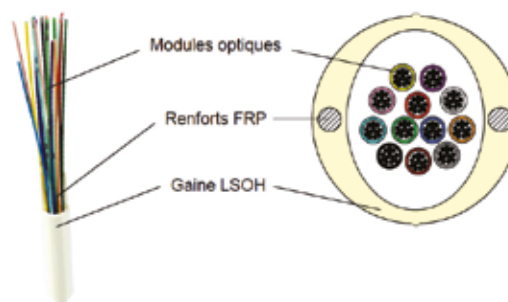
4.3.3.4 - LES CABLES POUR LES IMMEUBLES

CABLES INTERIEURS DE COLONNE MONTANTE

Ces câbles sont définis pour assurer la distribution des logements à l'intérieur d'un immeuble et font la jonction avec le réseau extérieur. Ils sont généralement posés verticalement du local technique en pied d'immeuble au dernier étage en cheminant à travers les colonnes techniques ou les cages d'escalier lorsque les colonnes techniques n'existent pas dans le cas des immeubles anciens.

A chaque point de branchement, ils permettent une accessibilité permanente en piquage tendu des fibres optiques par une ouverture de quelques centimètres (6 à 8 centimètres) réalisée sur la gaine extérieure du câble, à l'aide d'un outil spécifique.

Ces câbles sont dotés d'une gaine sans halogène non propagatrice de la flamme (NF C 32070 2.1). Selon la Pr EN 50 399, le classement Euroclasses de ces câbles est B2ca s1a d1 a2. Ces câbles sont conformes aux directives européennes : REACH et RoHS.

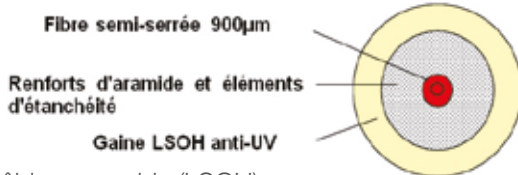


CABLES IMMEUBLE DE BRANCHEMENT

Ces câbles vont généralement du PBO Immeuble jusqu'au DTIO ou la Prise Terminale Optique (PTO).

Câble d'abonné standard (LSOH) :

Ce câble pour le raccordement de l'abonné contient de 1 à 4 fibres optiques. Il est protégé par une gaine Zéro Halogène anti-UV qui est non propagatrice de la flamme (C2 suivant la NFC 32070-2-1). Il est aussi possible de le coller ou de l'agrafer.



Câble poussable (LSOH) :

Ce câble a la particularité de pouvoir être poussé en conduite entre le PBO et le DTIO (ou la PTO), sans avoir à utiliser une aiguille. Il peut très bien être mis dans un fourreau encombré par un autre câble type coaxial ou Ethernet par exemple.



CORDON ABONNE

Par « cordon d'abonné », on entend le cordon allant de la prise optique d'abonné PTO jusqu'à l'équipement terminal ONT. Ces cordons (de 2 à 5m) renferment généralement une fibre optique à faible rayon de courbure (ITU-T G657) et sont équipés d'un connecteur à chaque extrémité, typiquement : SC/APC. La gaine est en matériau sans halogène.

4.3.4 - LA CONNECTIQUE OPTIQUE

4.3.4.1 - LES TECHNOLOGIES

Quatre technologies de connectique sont aujourd'hui couramment utilisées sur le territoire :

- L'épissure fusion : raccordement en ligne fibre à fibre et de pigtails, garantit une fiabilité de transmission à long terme.



Figure 4.21 : exemples d'épissures mécaniques et outillages de mise en œuvre

4.3.3.5 - LES CABLES PRE-CONNECTORISES

L'utilisation de câble pré-connectorisé s'est développée depuis quelques années pour le câblage des immeubles. Elle simplifie le travail des installateurs et limite le risque d'erreurs de câblage sur le terrain par une préparation de l'extrémité du câble en usine (SC/APC). Ces câbles sont en général livrés sur tourets ou en couronne, parfois avec une prise optique ou des accessoires (kits). Ci-dessous quelques exemples de câbles pré-connectorisés :

- Câbles ou kit de branchement intérieur :

Le câble pré-connectorisé est livré en couronne ou dans un carton dévidoir en longueur inférieure à 50m. Dans sa version kit, il est accompagné d'une prise optique, déjà montée ou non sur l'extrémité du câble.



Figure 4.20 : câble de branchement pré-connectorisé

- Câbles ou kit de branchement extérieur / intérieur : Produit conçu de la même manière que les câbles intérieurs.

- L'épissure mécanique : principalement utilisée en partie branchement (sous réserve que le boîtier permette son intégration) et est une alternative à l'épissure par fusion, compte tenu du coût réduit de l'outillage et de la simplicité de mise en œuvre.

- Connectique standard SC ; dans le cas de services sur réseau PON à 1550 nm, l'usage de connecteurs de type APC (Angled Physical Contact) à fort taux de réflexion (>60dB) est recommandé. Ce n'est pas le cas dans les réseaux point-à-point, où un connecteur de type UPC (Ultra Physical Contact > 50 dB) est suffisant.



Figure 4.22 : connecteurs SC/PC et SC/APC (vert)

- Connectique LC ; la mutualisation des réseaux impliquant l'implantation de nœuds de flexibilité de forte capacité, intégrés dans des locaux techniques de faible surface, peut impliquer l'utilisation de connecteur de type LC de plus faible volume (ferrule céramique de 1,25 mm) notamment au niveau des équipements actifs.

Les connecteurs sont classés en fonction des performances IL (Grade A à D) et RL (Grade 1 à 4). Ces grades sont définis par IEC 61753-1 Ed 1 (2007) et par rapport à des méthodes de mesures normalisées qui permettent de définir une qualité de fabrication sur un même lot selon 2 paramètres statistiques pour l'IL (Moyenne sur l'ensemble des mesures et Max sur 97% de l'ensemble des mesures) et 1 paramètre pour le RL (Max sur l'ensemble des mesures). Mais ces valeurs de grade ne sont en aucun cas des valeurs de recette : les valeurs de grade « IL » indiquent un niveau de qualité du matériel livré. Les valeurs IL de recette sont à définir par les contractants en cohérence avec le matériel installé.

L'utilisation de connecteurs SC/APC classés Grade C1 est recommandée, compte tenu de l'exigence technico-économique visée dans les réseaux FTTH.

4.3.4.2 PIGTAILS ET JARRETIERES

Les pigtails et jarretières existent avec tous types de fibres. Le terme « cordon » est également utilisé pour désigner une jarretière optique ainsi que demi-cordon pour pigtail.

LE PIGTAIL 900µm

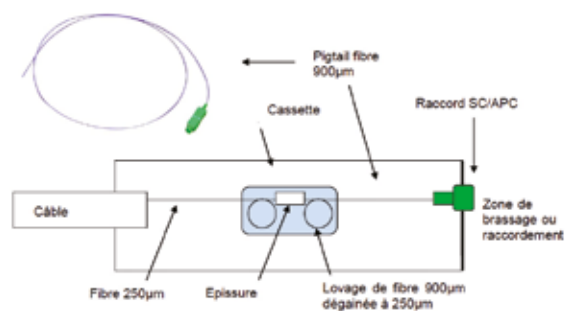


Figure 4.23 : schéma de câblage d'un pigtail 900µm

Les pigtails sont utilisés pour équiper l'extrémité d'un câble avec des fiches optiques, ceci afin de raccorder les fibres d'un câble pour accéder à une zone de brassage ou de raccordement.

Ils sont composés d'une fibre optique gainée à 900µm sur laquelle est montée une fiche en usine et ont une longueur d'environ 1,30m. L'utilisation d'une fibre 900µm permet une manipulation plus sécurisée de la fibre pour l'accès en partie "arrière" des zones de brassage. Cette gaine 900µm (structure « semi-serrée » ou « easy strip ») doit être retirée à l'aide d'une pince de dénudage pour l'accès à la fibre 250µm. Après avoir retiré leur gaine sur la longueur désirée, les pigtails sont épissurés par fusion en extrémité des fibres du câble, la protection d'épissure et la fibre 250µm étant ensuite rangés dans une cassette. Un exemple type de ce genre d'installation est illustré ci-dessous par une cassette de répartiteur :

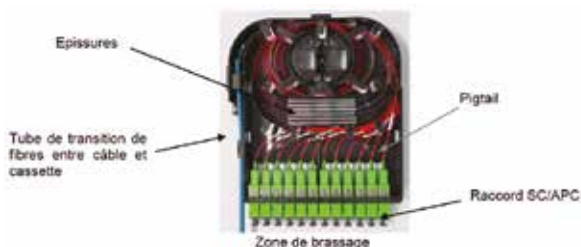


Figure 4.24 : illustration de l'installation d'un pigtail 900µm

LE PIGTAIL 1,6 ou 2 mm

Son principe d'utilisation est identique au pigtail 900 μ m mais il présente des caractéristiques mécaniques supérieures pour l'environnement du répartiteur où il est utilisé et sollicité de manière plus intensive.

Il présente également l'avantage, par rapport à l'ancienne structure de 2,8 ou 3 mm, de diminuer de plus de 50% le volume occupé par les cheminements de stockage de ces jarretières.

La figure ci-dessous le principe d'utilisation de ce type de pigtail 1,6 ou 2mm :

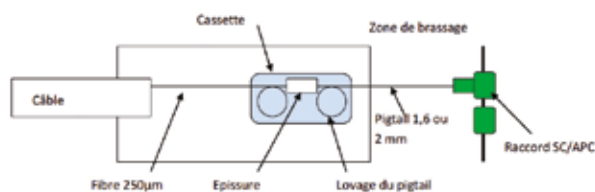


Figure 4.25 : schéma d'installation d'un pigtail 1,6 ou 2mm



Figure 4.26 : illustration de l'installation d'un pigtail 2mm en sortie de cassette

LES JARRETIERES 1,6 OU 2 mm

Les jarretières 1,6mm ou 2 mm sont utilisées dans une zone de brassage comprise entre deux panneaux de raccords. Elle est réutilisable contrairement au wrapping cuivre et peut être utilisée indépendamment à chacune de ses extrémités.

Principe de brassage :



Figure 4.27 : principe de brassage d'une jarretière 1,6 ou 2mm

4.3.4.3 - LES CONNECTEURS MONTES TERRAIN

Dans une logique de réduction des coûts d'intervention et de logistique, deux technologies FMC (Field Mountable Connector) sont actuellement disponibles sous réserve que les boîtiers permettent leur intégration :

- Connecteur préfabriqué : l'association d'un micro pigtail et d'une épissure mécanique ; mise en œuvre très simple qui ne nécessite pas de collage à chaud ou à froid, ni de polissage et utilise les principes éprouvés de l'épissurage mécanique.
- Polissage sur le terrain : connecteur optique sans gel d'indice et sans colle ; la mise en œuvre se fait méthodiquement à l'aide d'outillages pré réglés avec des vérifications de bonne exécution et utilise une polisseuse mécanique (train épicycloïdal) légère.

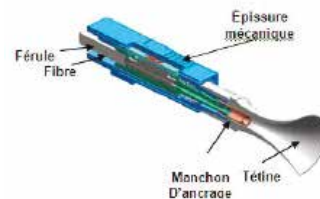


Figure 4.28 : exemple de connecteur monté terrain

4.3.4.4 TABLEAU RECAPITULATIF

Caractéristiques principales	Connecteur LC	Connecteur SC	Epissure Fusion	Epissure mécanique	Connecteur montage terrain
Diamètre des câbles et fibres connectorisés	2 mm, 1,6mm, 900 µm	2,8mm, 2 mm, 1,6 mm, 900 µm	250 µm, 900 µm	250 µm, 900 µm	250 µm, 900 µm
Perte d'insertion à 1310 et 1550 nm (valeur indicative moyenne pour grade C1)	< 0,3 dB max	< 0,3 dB max	< 0,1dB max	< 0.1 dB (moyenne)	< 0,3 dB typique, max 0,6 dB
Réflexion	< -60 dB (APC) < -50 dB (UPC)	< -60 dB (APC) < -50 dB (UPC)	NA	< -55 dB (moyenne à 20°C)	< -40 dB (moyenne)
Traction	900 µm: 7 N 2 mm: 70 N	900 µm: 7 N 1,6 mm: 50 N 2 mm: 70 N 2,8 mm: 70 N	> 5 N	> 4 N	900 µm: 7 N
Plage de température	-25°C, +70°C	-25°C, +70°C	-25°C, +70°C	-25°C, +70°C	25°C, +70°C

Tableau 4.10 : caractéristiques principales des épissures et connecteurs

4.3.5 - LES COMPOSANTS OPTIQUES SPECIFIQUES

Ces composants peuvent être de différents types et permettent la mise en œuvre des technologies WDM, PON ou WDM-PON.

Ils peuvent être implantés au niveau du Nœud de Raccordement Optique (NRO) et au niveau des Sous Répartiteur Optique / Point de Mutualisation (SRO/PM).

4.3.5.1 - LES COUPLEURS OPTIQUES ET LES COMPOSANTS WDM

Les coupleurs optiques sont spécifiques des systèmes GPON. En conséquence, ils sont décrits au § 7.2.5.3 du chapitre consacré à la couche active.

Des multiplexeurs optiques WDM (Wavelength Division Multiplexer) peuvent également être utilisés pour assurer la surveillance du réseau en terme de bilan optique ou pour transmettre un signal sur une longueur d'ondes spécifique (1550 nm, 1625 nm, 1650 nm) mais aussi pour permettre l'injection de plusieurs technologies PON (G-PON, XG-PON, NG-PON2).

Ces composants se présentent sous la même forme qu'un coupleur optique mais en assurant la fonction de filtre de longueurs d'onde permettant d'isoler une longueur d'ondes spécifique par rapport aux longueurs d'ondes. Dans le cas où ce type de composants est utilisé, il se trouve installé au niveau du NRO.

4.3.5.2 - INTEGRATION DES COUPLEURS OPTIQUES

Les différentes configurations de coupleurs décrites précédemment peuvent donc être directement intégrées en usine dans différents types de contenants par exemple :

→ Dans un tiroir au standard 19" avec connecteurs sur bandeaux raccords en face avant.



Figure 4.29 : tiroirs 19 pouces hauteur 1.5U (1 coupleur 1x64) et 3U (2 coupleurs 1x64)

→ Dans un module de répartiteur optique en ferme (non au standard 19") sur bandeaux raccords en face avant.



Figure 4.30 : modules coupleurs 2x2 (sortie sur raccords, et 1 des 2 entrées sur raccords)

4.3.6 - LES NŒUDS D'EXPLOITATION DU RESEAU

Les nœuds d'exploitation de réseaux sont les installations qui permettent d'intégrer les équipements passifs et actifs de transmission, de gérer toutes les terminaisons optiques et de faciliter l'interconnexion entre les fibres optiques et les équipements des opérateurs.

Leurs dimensions physiques sont déterminées par l'étendue et la capacité de la zone FTTH à couvrir en nombre de clients et évolutions futures à prendre en compte.

Ces nœuds de réseaux peuvent être installés dans des bâtiments existants ou constituer de nouvelles installations à déployer (armoires de rue ou shelters) dans les villes et les campagnes.

Pour les zones moins denses, il est conseillé d'installer ces équipements dans des locaux ou contenants sécurisés. Le degré de sécurisation dépend de la présence ou non d'équipements actifs pour lesquels une protection contre l'incendie est préconisée.

On se reportera à la figure 4.1 pour situer précisément les positions des nœuds d'exploitation

4.3.6.1 - LE NŒUD DE RACCORDEMENT OPTIQUE (NRO)

LES APPLICATIONS

Le NRO situé en tête du réseau de distribution sera dimensionné pour desservir plusieurs milliers de lignes raccordables. Il peut être installé dans un shelter (cf paragraphe 4.2.7), dans un local existant ou au sein d'un répartiteur téléphonique NRA.

Ce nœud de raccordement optique est l'interface entre le réseau passif et les équipements actifs de l'opérateur d'immeuble et des opérateurs commerciaux.

→ **Raccordement direct** vers têtes de câbles Transport (NRO -> SRO).

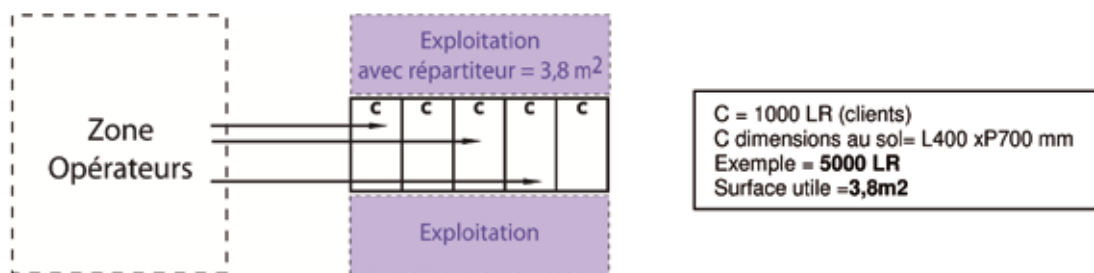


Figure 4.31 : ingénierie type raccordement direct

NRO et SRO/PM, dont les fonctions sont définies dans le chapitre 3.

Dans le cadre des raccordements en zone moins dense, chaque client sera a minima raccordé par une fibre optique dédiée entre le SRO/PM et la PTO ou DTIO (réseau dit de type point à point).

L'accès à la mutualisation des différents opérateurs commerciaux s'effectuera au niveau des SRO via la fonction PM. Les fonctionnalités de ces deux nœuds NRO et SRO/PM du réseau FTTH et les produits de raccordement et de brassage permettant d'y répondre peuvent être similaires, dans certains cas, selon le nombre de fibres optiques à gérer.

Des points de collecte (PRDM : Point de Raccordement Distant Mutualisé) proposés par l'opérateur d'infrastructure aux opérateurs commerciaux peuvent être également mis à disposition, afin de pouvoir accéder (par mutualisation des câbles) en amont des points de mutualisation de moins de 1000 lignes raccordables. Au vu des déploiements réalisés par les opérateurs d'immeuble, la fonction PRDM est dans la plupart des cas intégrés au NRO.

Le répartiteur optique intégré au NRO est un point de flexibilité au sein même du réseau passif. Il permet notamment d'insérer des coupleurs optiques, de modifier la topologie du réseau, d'affecter des ressources en fonction de la demande et d'effectuer des tests.

LA CONFIGURATION DU NRO

Dans le NRO, deux types d'ingénierie de raccordement entre les opérateurs et le réseau de distribution sont déployés actuellement :

Les liaisons entre les équipements opérateurs se font par jarretières directement sur les fibres de transport. Il n'existe pas dans le répartiteur de notion de brassage entre les points équipements et n'importe quel point du réseau.

Avantage / Inconvénient : Nombre de têtes optiques plus faible dans le répartiteur (local plus petit) mais brassage délicat et difficilement modifiable au fil du temps (solution déconseillée car peu flexible ; à utiliser éventuellement dans une configuration de mini- NRO)

→ **Raccordement indirect** par passage par des têtes de câble équipements « miroirs » intermédiaires intégrées avec les têtes de câbles réseau.

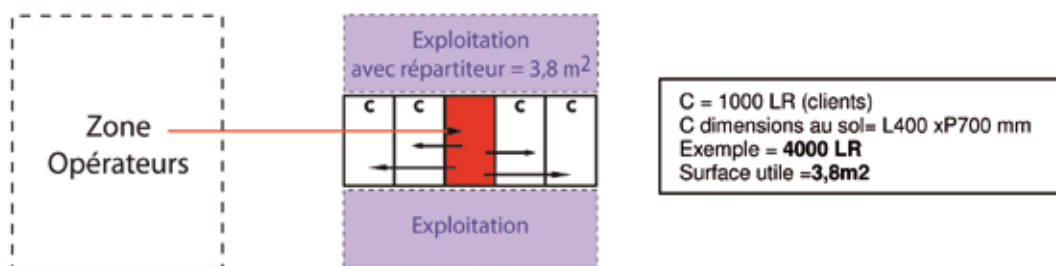


Figure 4.32 : ingénierie type raccordement indirect

Nota : Les dimensions de la zone en rouge peuvent varier en fonction du nombre d'opérateurs commerciaux

La distribution optique entre les câbles réseau et les équipements autorise l'affectation des ports des équipements vers n'importe quelle fibre du réseau.

Avantage / Inconvénient : Brassage entre tous les points possible et modifiable facilement mais nécessitant une surface au sol plus importante pour intégrer le répartiteur.

C'est la solution qui est aujourd'hui la plus utilisée et celle que nous recommandons afin d'assurer une pérennité d'exploitation du réseau dans le temps.

CRITERES DE CHOIX

Dans le cas de l'installation d'un NRO en dehors des NRA historiques, la configuration d'un local NRO doit tenir compte, d'une part, de la capacité finale de fibres optiques devant être raccordées et d'autre part de l'influence des critères suivants :

- Nombre et capacités des câbles fibres à raccorder ;
- Majoration due à la modularité des câbles utilisés sur le réseau entraînant un nombre de fibres en surnuméraire;
- Méthodologie du raccordement des équipements actifs des opérateurs commerciaux sur le répartiteur optique ;
- Type et surface du local afin de laisser une libre circulation et une accessibilité aisée au niveau du répartiteur lors des phases d'exploitation ;
- Evolutivité du répartiteur dans le temps (définie lors de sa construction) afin de pouvoir le gérer pendant la durée de vie (de l'ordre de 20 à 30 ans) :

- L'implantation de coupleurs au fil de l'eau en fonction de l'arrivée des opérateurs commerciaux ;
- L'arrivée de nouveaux câbles fibre optique résultant du développement du réseau initial ;
- La mise en place de nouvelles têtes de câbles.

Le répartiteur doit être évolutif sans compromettre sa gestion et son exploitation et offrir la possibilité de faire cohabiter sur un même répartiteur des générations différentes de têtes de câbles.

- Dissipation thermique des équipements actifs devant y être installés par mise en place d'un dispositif de climatisation ou ventilation adapté garantissant une nuisance sonore respectant la réglementation en vigueur.
- Génie civil permettant une pénétration facile des câbles et une gestion de sur-longueurs de réserves dans une chambre d'accès (appelée communément « chambre zéro ») ou dans le répartiteur.

RACCORDEMENT OPTIQUE

Concernant la gestion du brassage optique, deux familles de produits assurant le brassage des fibres répondent aujourd'hui à ce type de besoin :

- Répartiteurs sur fermes
- Répartiteurs en baies

Ces deux types de répartiteurs sont tous deux modulaires et permettent de répondre à des capacités variables et évolutives au cours du temps. Ils intègrent des têtes de câbles, de capacités variables et peuvent également, recevoir des têtes avec coupleurs optiques.

De manière générale, les hauteurs sont d'environ 2,00m afin de garantir une exploitation aisée et sécurisée au niveau du brassage optique.



Figure 4.33 : répartiteurs sur fermes

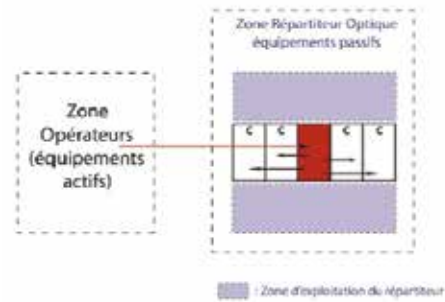


Figure 4.34: répartiteur en baie

A titre d'exemple, on présente ci-après l'implantation de différentes configurations dans une salle de répartition en utilisant des systèmes sur fermes ou en baies **en raccordement indirect uniquement**.

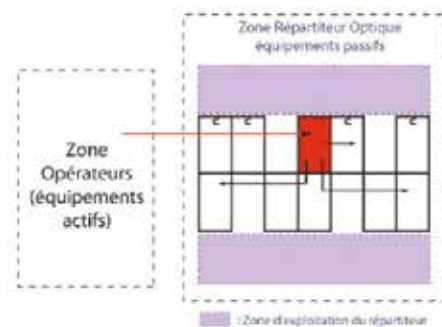
Répartiteurs sur fermes (Utilisation en simple ou double face).

→ Raccordement indirect (Miroir)



SIMPLE FACE

C = 1000 points optiques de transport
 C dimensions au sol= L400 xP700 mm
 Exemple = 4000 points optiques de transport
 Surface occupée avec zone exploitation = 3,8m²



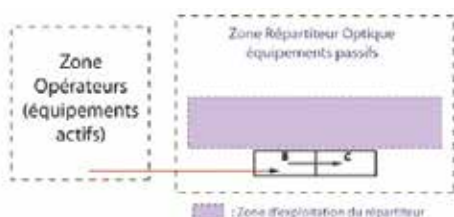
DOUBLE FACE

C = 1000 points optiques de transport
 C dimensions au sol= L400 xP700 mm
 Exemple = 8000 points optiques de transport
 Surface occupée avec zone exploitation = 7,3m²

Figure 4.35 : répartiteurs sur ferme en raccordement indirect

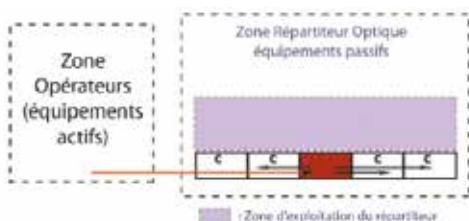
Répartiteurs en baies (Utilisation de répartiteur simple ou de baies communicantes)

→ Raccordement indirect (Miroir)



REPARTITEUR SIMPLE

C = 800 points optiques de transport
 B = 800 points optiques de renvoi OLT
 BC dimensions au sol= L1600 xP350 mm
 Exemple = **800 points optiques de transport**
 Surface utile = 1,5m²



BAIES COMMUNICANTES

C = 800 points optiques de transport
 C dimensions au sol= L800 xP300 mm
 Exemple = **3200 points optiques de transport**
 Surface utile = 2,7m²

Figure 4.36 : baies en raccordement indirect

Nota : Les dimensions de la zone en rouge peuvent varier en fonction du nombre d'opérateurs commerciaux

Le choix entre un répartiteur sur fermes ou un répartiteur en baie doit être considéré en fonction de l'espace disponible dans le local. Il n'est pas opportun par exemple d'installer un répartiteur sur ferme si la zone d'exploitation avant/arrière n'est pas assurée.

Le répartiteur en baie est privilégié dans un NRO en shelter du fait de la largeur limitée de ce type d'ouvrage. Le choix entre le répartiteur simple ou les baies communicantes est à définir en fonction de la taille de la zone arrière de ce dernier (<5000 lignes raccordable : répartiteur simple ; >5000 lignes raccordable : baies communicantes).

L'exploitation à 100% de la capacité est le point le plus déterminant dans la mise en place d'un répartiteur haute densité tel qu'un NRO et concerne le choix du système de gestion de sur-longueurs de jarretières optiques.

La pose et la dépose des jarretières sont courantes en phase d'exploitation. Elles doivent constituer des opérations simples sans risque de perturbation pour les circuits actifs. A ce stade du choix, il faudra privilégier des répartiteurs aérés et fonctionnels avec les circuits bien visibles. Attention à la trop haute densité qui se révèle souvent difficile à exploiter.

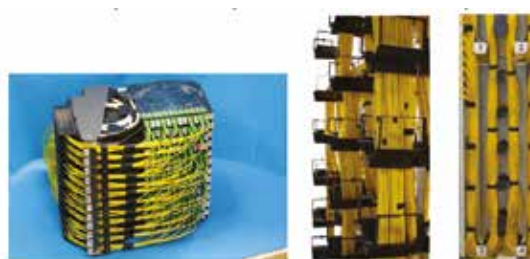


Figure 4.37 : câblage d'un répartiteur en ferme ou en baie à 100% de jarretières

4.3.6.2 - LES SOUS-REPARTITEURS OPTIQUES / POINTS DE MUTUALISATION

Le sous-répartiteur optique est le point de départ du réseau de distribution qui va jusqu'à l'abonné. C'est à ce niveau que peut s'accomplir la fonction de brassage entre les différents opérateurs présents sur la zone et les clients (Point de Mutualisation).

En dehors des zones très denses, le sous-répartiteur optique pourra abriter un opérateur P2P (notamment pour les besoins FTTE) et des opérateurs PON. Les armoires seront de type double paroi (dites actives) pour accepter les équipements actifs des opérateurs commerciaux (OC) qui en font la demande auprès de l'opérateur d'immeuble (OI). Dans ce cas, chaque sous-répartiteur optique nécessitera une étude particulière en fonction de son environnement climatique, des équipements installés, de leur plage de fonctionnement et de leur puissance de réjection thermique. En fonction des contraintes d'alimentation électrique, il sera nécessaire de prévoir un atelier d'énergie.

Le sous-répartiteur optique est donc un point de flexibilité au sein du réseau. Il permet notamment :

- De modifier la topologie du réseau ;
- D'affecter des ressources en fonction de la demande ;
- D'insérer des étages de coupleurs ;
- D'insérer des équipements actifs le cas échéant ;
- D'effectuer des tests.

LES SRO/PM EN ARMOIRE DE RUE

D'après les recommandations de l'autorité de régulation et les directions données par les opérateurs, une armoire de rue sera dimensionnée pour permettre le raccordement d'au moins 300 logements (LR: lignes raccordables) en distribution mono-fibre.

La partie gauche de l'armoire sera au format 19" pour recevoir les équipements des opérateurs commerciaux (coupleurs). La partie droite

sera également au format 19" et réservée au raccordement des fibres clients avec en partie inférieure une fonction tête de câbles de transport. La partie centrale sera quant à elle dédiée au cheminement et à la gestion des surlongueurs des jarretières de brassage.

L'armoire de rue sera un point de mutualisation opérateurs permettant la mise en place d'équipements passifs (coupleurs pour réseau PON) et actifs, si nécessaire.

La configuration de l'armoire de rue

La capacité d'une armoire de rue doit tenir compte du nombre de fibres en surnuméraire dû à la modularité des câbles utilisés et aux réserves permettant de répondre aux évolutions futures. On distingue essentiellement deux types de fonctions influençant l'architecture de l'armoire de rue : l'armoire de rue passive et l'armoire de rue active.

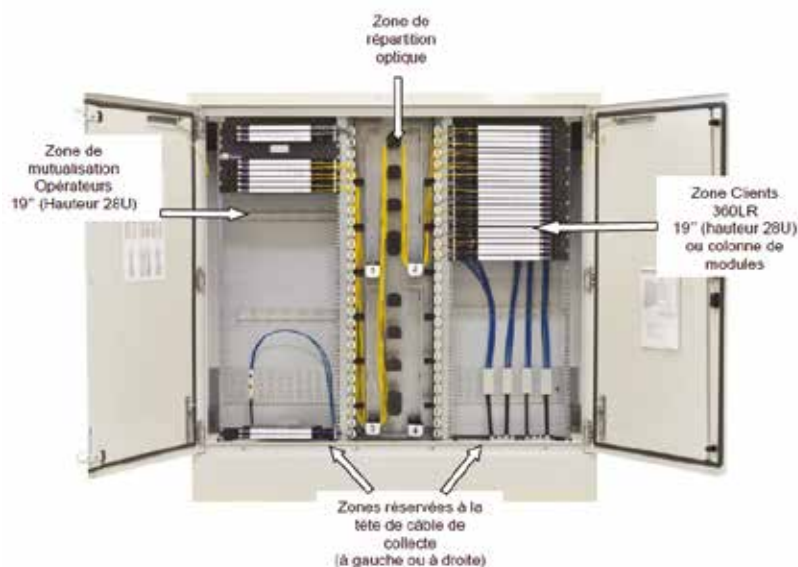


Figure 4.38 : armoire de rue passive 2x28U RAL7035 anti graffiti

→ Armoire de rue passive (simple paroi)

Ce type d'armoire passive ne peut pas recevoir d'équipements actifs car sa structure constituée de parois simples ne permettrait pas d'assurer une isolation thermique suffisante quelles que soient les conditions climatiques.

Pour autant, c'est ce type d'armoires qui est déployé majoritairement sur le territoire français du fait de l'utilisation de la technologie PON par les opérateurs nationaux.

Elle est donc dédiée à recevoir des équipements passifs tels que des coupleurs optiques qui sont utilisés par les opérateurs commerciaux.

Armoire de rue passive 2x28U outdoor (576 cordons max)

Il s'agit d'une armoire de rue simple paroi dite « passive ». Les dimensions sont les suivantes :

- H : 1 600mm (avec socle 200mm) environ
- P : 350mm maximum
- L : 1 600mm maximum

Les caractéristiques mécaniques de l'armoire, matériaux des différents éléments la constituant, peinture..., devront permettre de lui assurer la meilleure longévité possible.

L'armoire respectera les spécifications suivantes :

- Indice de protection à respecter : IP 54, IK10,
- Température utilisation : -30/70°C,
- Peinture anti-graffiti (ex RAL 7035 (gris clair) ; RAL1015 (ivoire claire) ; RAL 6009 (vert sapin) avec en option la possibilité de mettre en place des dispositifs anti affichages (type pointes de diamants par exemple)

Support : Le socle préfabriqué en CCV (ciment composite verre) est souhaité plutôt que les gabarits de pose en acier pour assurer une parfaite planéité de la dalle et se prémunir ainsi des problématiques d'exploitation ultérieures (déformation des ouvertures, et casse des tringleries).



Figure 4.39 : socle CCV pour armoire de rue passive 2x28U outdoor

L'armoire se composera des éléments suivants :

- D'une enveloppe en aluminium et d'une structure en acier traité anti-corrosion ;
- D'une colonne gauche équipée de deux montants 19" avant et d'un montant 19" arrière (donc trois points d'encrages), de 28U utiles, dédiée à l'installation des tiroirs splitter/coupleur des opérateurs commerciaux ;
- D'une colonne droite équipée de deux montants 19" avant et d'un montant 19" arrière (donc trois points d'encrages), de 28U utiles, dédiée à l'intégration des tiroirs optiques pour le réseau de distribution, et le réseau de transport ;
- D'une zone au centre de l'armoire qui doit permettre le brassage des flux de jarretières optiques entre les zones abonnés et opérateurs. Cette zone est équipée de résorbeurs utilisés pour gérer la sur-longueur des jarretières (longueur de cordon unique 3,5 m, diamètre 1,6mm) ;
- De parois verticales entourant le résorbeur et empêchant le brassage non autorisé ;
- D'un toit, de panneaux latéraux et arrière et deux portes : 2 portes (maitre-esclave), permettant une ouverture sur toute la largeur de l'armoire. La porte de droite sera munie d'une poignée escamotable. Les portes sont munies d'arrêteurs assurant un maintien en ouverture à 120° des deux portes ;
- D'un système de fermeture trois points. La serrure sera équipée d'un canon européen standard ;
- D'un socle d'une hauteur d'a minima 200 mm avec trappes d'accès, pour gérer les arrivées de câbles au sein de l'armoire.

Tous les éléments constituant l'armoire (portes, flancs latéraux, toit, socle, panneaux arrières....) seront entièrement démontables pour en permettre le remplacement en cas de dégradation, et ce sans qu'il soit nécessaire de déconnecter les cordons d'abonnés entre les tiroirs de droite et les coupleurs de gauche. La pérennité recherchée pour ce type de produit est supérieure à 30 ans.

Armoire de rue passive 2x40U outdoor (800 cordons max)

Il s'agit d'une armoire de rue simple peau dite « passive ». Les dimensions sont les suivantes :

- H : 2 160mm (avec socle 200mm) environ
- P : 500mm maximum
- L : 1 600mm maximum

Ce type d'armoire reprend les mêmes caractéristiques mécaniques que l'armoire de rue passive 2x28U outdoor (576 cordons). La différence principale réside dans le fait que les deux zones 19" sont de hauteur 40U et non 28U et que le résorbeur central peut accueillir 800 cordons de longueur unique 4,00m et non 576 cordons de 3,50m.

→ Armoire de rue active (double paroi)

Cette armoire peut recevoir des équipements actifs. Sa structure est constituée d'une double paroi permettant d'assurer une isolation thermique suffisante quelles que soient les conditions climatiques. Elle permet de recevoir des équipements actifs et passifs tels que des équipements de transmission et des coupleurs optiques qui sont utilisés par les opérateurs commerciaux utilisant la technologie P2P (Point à Point) ou PON (Point/Multipoint). Elle peut recevoir, si nécessaire, un extracteur d'air mécanique ainsi qu'un filtre.



Figure 4.40 : armoire de rue active 2x28U RAL1015 anti graffiti

Pour les deux configurations d'armoire, les raccordements des points opérateurs avec l'ensemble des abonnés se feront par des cordons abonnés de diamètre 1,6mm de longueur unique dont les sur-longueurs seront gérées par un système de brassage adapté et facilement utilisable par l'ensemble des intervenants.



Figure 4.41 : armoire de rue passive 2x40U RAL7035 anti graffiti

Un visuel indiquant le cheminement des jarretières en fonction des positions des deux extrémités à raccorder devra être fourni avec l'armoire de rue (abaques).

Ces deux types d'armoires permettent de répondre à l'ensemble des besoins pour réaliser des SRO/PM.

LES SRO/PM INDOOR

D'après les recommandations de l'autorité de régulation et les directions données par les opérateurs, le point de mutualisation installé dans un local technique ou un shelter (voir chapitre 4.2.7) sera dimensionné pour permettre le raccordement d'au moins 1000 lignes raccordables (LR: lignes raccordables) en distribution mono-fibre.

Ce local hébergera un ou plusieurs répartiteurs indoor ayant chacun la fonctionnalité SRO/PM. La partie gauche du répartiteur sera au format 19" pour recevoir les équipements des opérateurs commerciaux (coupleurs). La partie droite sera également au format 19" et réservée au raccordement des fibres clients avec en partie inférieure une fonction tête de câbles de transport. La partie centrale sera quant à elle dédiée au cheminement et à la gestion des sur-longueurs des jarretières de brassage.

Chaque répartiteur SRO/PM sera un point de mutualisation opérateurs permettant la mise en place d'équipements passifs (coupleurs pour réseau PON).

Figure 4.42 : exemple d'implantation de répartiteurs SRO/PM en local



La configuration du SRO/PM indoor

La capacité des répartiteurs optiques installés dans le shelter ou dans le local doit tenir compte du nombre de lignes raccordables en aval des SRO/PM et du nombre de fibres en surnuméraire dû à la modularité des câbles utilisés et aux réserves permettant de répondre aux évolutions futures.

Les dimensions du shelter ou du local seront adaptées à l'intégration des répartiteurs optiques et éventuellement des équipements actifs des opérateurs commerciaux.

Les répartiteurs optiques utilisés en tant que SRO/PM indoor doivent être de type symétrique double zone 19". Les dimensions sont les suivantes :

- H : 2 000mm (avec socle 100mm) environ
- P : 350mm maximum
- L : 1 600mm maximum

Les caractéristiques mécaniques de l'armoire, matériaux des différents éléments la constituant, peinture..., devront permettre de lui assurer la meilleure longévité possible. Le répartiteur optique indoor se composera des éléments suivants :

- D'une structure en acier ;
- D'accès câbles par le bas ou par le haut en fonction du local ;
- D'une colonne gauche équipée de deux montants 19" avant et d'un montant 19" arrière (donc trois points d'encrages), de 40U utiles, dédiée à l'installation des tiroirs splitter/coupleur des opérateurs commerciaux ;
- D'une colonne droite équipée de deux montants 19" avant et d'un montant 19" arrière (donc trois points d'encrages), de 40U utiles, dédiée à l'intégration des tiroirs optiques pour le réseau de distribution, et le réseau de transport ;
- D'une zone au centre de l'armoire qui doit permettre le brassage des flux de jarretières optiques entre les zones abonnés et opérateurs (800 cordons max). Cette zone est équipée de résorbeurs utilisés pour gérer la sur longueur des jarretières (longueur de cordon unique 4 m) ;
- De parois verticales entourant le résorbeur et empêchant le brassage non autorisé ;
- En option la possibilité d'installer un toit, des panneaux latéraux et arrière, des portes (maitre-esclave), permettant une ouverture sur toute la largeur de l'armoire ;

- D'un socle d'une hauteur d'a minima 100 mm avec trappes d'accès, pour gérer les arrivées de câbles au sein de l'armoire, dans le cas de l'arrivée des câbles par le plancher.



Figure 4.43 : exemple d'un répartiteur SRO/PM

4.3.7 - LES BOITIERS DE RACCORDEMENT DE CÂBLES

Sur les réseaux FTTH, les boîtiers de protection d'épissures sont utilisés pour différentes configurations telles que joint droit entre câbles identiques, éclatement de câbles, distribution et piquage sur des câbles de tailles plus petites. Ces boîtiers peuvent être utilisés sur les réseaux de collecte et tous les types de réseaux de distribution (souterrain, aérien, façade et intérieur).

Les normes régissant les boîtiers de raccordement FTTH sont établies par le Sous-Comité 86B de l'IEC, le comité 86BXA du CENELEC pour les normes EN et la commission UF 86 Fibronique de l'AFNOR pour les normes NF.

Il est nécessaire de s'assurer que le constructeur de boîtier ait la capacité de fabriquer ses produits dans le bon respect des normes. Il est important de s'assurer du bon passage des tests associés avec la demande de rapport de tests détaillés.

Rappelons que le bon respect des normes permet à un fabricant de boîtier de protection d'épissures de garantir une qualité fonctionnelle du produit, sous réserve d'une installation et d'une mise en œuvre conforme à la notice de mise en service.

La norme en vigueur est : IEC61753-1 Ed 1 « Fiber Optic Interconnecting Devices and Passive Components » : norme "chapeau", générique de référence de 2007.

Les critères de choix sont :

- **L'environnement :**

- Boîtes de raccordement étanches IP 68 (environnement G) pour chambres et égouts (tout en tenant également compte de la convention de partage des fourreaux) ;
- Boîtes d'extérieur IP44 pour bornes et IP55 (environnement A) pour poteaux et façades ;
- Boîtes d'intérieur IP40 (environnement C) pour colonne montante, cages d'escalier, intérieur chez l'abonné ;

- **La capacité :** nombre d'épissures et types d'épissures au point de raccordement ;

- **Les câbles :** nombre de câbles arrivant au nœud de raccordement avec leurs caractéristiques (capacité, type de structure, diamètre). Possibilité ou non de traiter des fibres ou des tubes non coupés en passage dans les points de piquage ;

- **La fonction du boîtier :** BPE (boîtier de protection d'épissures), PBO (Point de branchement optique).

4.3.7.1 - LES BOITIERS SOUTERRAINS DE COLLECTE ET TRANSPORT

Ce sont des BPE (boîtier de protection d'épissures). Pour la partie collecte/transport en dehors des zones très denses, les boîtiers de jonction et de piquage des câbles offrent la possibilité aux opérateurs d'accéder à la zone arrière du NRO, constituée de plusieurs points de mutualisation (PM).

Ces boîtiers seront de capacités diverses selon le type de topologie : par exemple dans le cas d'un réseau point à point avec colocalisation des PM au NRO, ces boîtiers seront de grande capacité (de l'ordre de 576 à 720 fibres).



Figure 4.44 : boîtier de jonction et piquage

En général ces boîtiers sont installés en souterrain et doivent être conformes à la norme EN50411-2-10 : boîtier étanche en environnement G pour application FTTH.

En sortie de ces boîtiers, des câbles d'une capacité de 144 ou 288 fibres seront utilisés. Le nombre de sorties dépendra de l'architecture de la zone.

4.3.7.2 - LES BOITIERS SOUTERRAINS DE DESSERTE

Plusieurs fonctionnalités sont importantes pour le choix du produit :

Entrées / Sorties : Le FTTH hors des ZTD sous-entend des raccordements au fil de l'eau des clients, l'augmentation des capacités de l'infrastructure et la création de nouvelles artères dans le temps. Ceci impose d'installer de nouveaux câbles au fil de l'eau sur des boîtiers en service. Il faut aussi veiller à ce que, lors de chaque opération d'insertion d'un nouveau câble de distribution, la retenue des câbles déjà en place ne soit pas perturbée. En dehors des zones très denses, vue l'incertitude dans le nombre de nouvelles artères à créer au fil du temps ou le nombre de raccordements à réaliser, il sera conseillé de choisir un contenant offrant un nombre de ports suffisants (au-delà de 6 par contenant).



Figure 4.45: entrées et sorties de câbles

Ouverture et Fermeture : Préférer des systèmes d'ouverture fermeture de l'enveloppe sans réglage et si possible sans outil spécifique. Faire également attention à la qualité des joints et leur possibilité de remplacement.



Figure 4.46 : exemples de système d'ouverture d'un boîtier

Adaptabilité aux infrastructures en dehors des zones très denses : Dans cette partie du réseau, des contenants de taille modérée sont recommandés afin de permettre un maniement aisé dans des chambres de communications électroniques existantes de petites tailles. Le PR sera avantageusement installé dans une chambre de type L2T ou L3T, alors que le PBO sera quant à lui installé dans des chambres type L1T.

Pour la partie desserte extérieure (en aval du PM), en dehors des zones très denses, il faut distinguer 2 types de boîtiers :

- les boîtiers de Point de Récupération (PR) ;
- les boîtiers de branchement optique qui s'installeront en souterrain, en aérien et en façade (PBO).

Le point de récupération (PR)

Il correspond à un BPE (boîtier de protection d'épissures). Dans la construction du réseau, l'opérateur va déployer des câbles généralement d'une capacité de 144 fibres de l'armoire de mutualisation (PM) vers plusieurs contenants « PR » montés en cascade afin de potentiellement couvrir une zone de clients qui deviennent ainsi « adressables ».

En général ces boîtiers sont installés en souterrain et doivent être conformes à la norme EN50411-2-10 : boîtier étanche en environnement G pour application FTTH.

Du fait de ré-interventions au fil de l'eau sur le boîtier pour connecter tous les « PBO », celui-ci doit être muni d'un système d'ouverture / fermeture rapide tout en garantissant une étanchéité parfaite, mais aussi le raccordement facile des fibres laissées en passage à l'intérieur du boîtier.

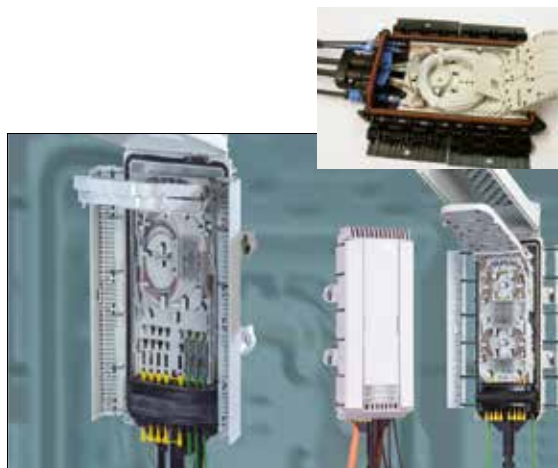


Figure 4.47 : exemples de point de récupération

Le point de branchement optique (PBO) extérieur

Véritable point névralgique du réseau d'accès, ce boîtier doit pouvoir être utilisé au fil de l'eau pour les raccordements d'abonnés. L'AFNOR publie 2 normes expérimentales :

- XPC 93-923-2-1 : Norme NF expérimentale: boîtier pour Point de branchement optique en environnement A (aérien)
- XPC 93-923-2-2 : Norme NF expérimentale: boîtier pour Point de branchement optique en environnement G (souterrain)

En zone moins dense, le point de branchement peut se trouver dans tous les types d'infrastructures (souterraine, façade, aérien...) le maximum étant fait pour utiliser les infrastructures existantes ou les cheminements déjà empruntés par les réseaux existants, typiquement en chambre souterraine, sur poteau télécom ou électrique, ou sur façade.

Le PBO pourra être utilisé dans une configuration de Distribution (éclatement d'un câble vers plusieurs DTIO) ou dans une configuration de Piquage (Point de raccordement d'abonné à partir d'une boucle principale).

Suivant la distance aux abonnés, le boîtier dessert en général de 1 à 12 logements.



Figure 4.48 : points de branchement optique façade, poteau et souterrain

Le point de branchement pourra recevoir des **épissures** pour du raccordement fibre à fibre. Pour des besoins de facilité opérationnelle, de limite de responsabilité, voire de mesure on pourra remplacer l'épissure par un connecteur, toujours dans une logique de fibre à fibre (pas de brassage ou de ré-intervention hors maintenance).

Le point de branchement peut également utiliser tout type de connectique afin de faciliter le raccordement d'abonné avec un câble préconnectorisé ou grâce à un connecteur montage terrain. On parle alors de **PBO connectorisé**. Pour la connectique extérieure, on utilise souvent le terme de connecteur renforcé (ou encore durci), ce qui permet leur utilisation pour des services à QoS améliorée.

Selon les travaux du Comité d'Experts Fibre, l'utilisation de PBO connectorisés n'est pour l'instant applicable qu'aux installations en extérieur.

Recommandation :

Pour les raccordements en façade, les solutions discrètes, faciles à mettre en œuvre et limitant les demandes de convention doivent être privilégiées.

Les solutions basées sur l'accessibilité permanente sont particulièrement adaptées aux environnements de maisons mono-familiales accolées. Dans ce cas, un PBO de petite taille est posé sur le câble, entre 2 maisons accolées, sans être fixé au mur. Le raccordement des abonnés est ensuite réalisé soit par soudure, soit avec des câbles de branchement préconnectorisés.



Figure 4.49 : points de branchement optique façade

Cette solution peut aussi être utilisée pour distribuer jusqu'à 12 fibres vers un petit immeuble à partir d'un seul câble à accessibilité permanente. On limite ainsi la superposition de câbles de distribution le long des façades d'une même rue.

4.3.7.3 LES BOITIERS D'IMMEUBLES

L'utilisation d'un câble d'immeuble intérieur / extérieur permet d'éviter un boîtier de transition en pied d'immeuble. Les points de branchement (PBO) d'étage sont alors directement installés sur ce câble. Si le câble d'adduction d'immeuble n'est pas LSOH, un boîtier de transition (BPI) sera installé en pied d'immeuble. Ces câbles d'adduction d'immeubles pourront être préconnectorisés côté PM pour accélérer leur installation.

On rencontre deux types d'immeubles :

- Les petits, pour lesquels le câblage sera réalisé en étoile directement à partir d'un BPI qui porte la fonctionnalité PBO dans ce cas (schéma de droite)
- Les autres, nécessitant l'installation de plusieurs points de branchements sur un câble à accessibilité permanente (schéma de gauche).

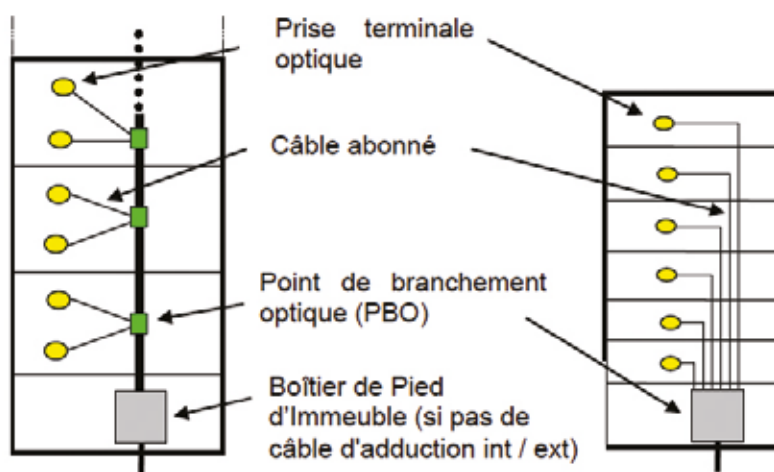


Figure 4.50 : schématisation du câblage d'un petit et d'un grand immeuble (gauche)

Les différents boîtiers d'intérieur à utiliser auront des caractéristiques dépendant de leur environnement (intérieur « avec ou sans présence d'humidité ou de poussières », intérieur avec risques de vandalisme, intérieur avec limite de responsabilité ou non).

La norme NF expérimentale XP C 93-923-1 (Boîtier pour point de branchement optique – Partie 1 : Usage intérieur) liste les spécifications fonctionnelles et les exigences de test auxquelles un PBO usage intérieur (environnement C suivant IEC 61753-1 ed. 2) doit répondre.

Le boîtier de pied d'immeuble (BPI)

Dans le cas d'un immeuble, le câble d'adduction sortant du contenant « PR » viendra alimenter un boîtier de pied d'immeuble « BPI » ou directement un boîtier d'étage PBO.

Le boîtier de pied d'immeuble sera de type boîte de jonction (cf §. 4.3.7.2) qui assure la transition entre les câbles d'extérieur et les câbles d'intérieur, fixé sur un mur de sous-sol par exemple (en pied de colonne montante). Deux utilisations sont possibles :

- départ direct des câbles 1 ou 2 fibres vers tous les abonnés ;
- départ d'un câble riser contenant toutes les fibres de tous les abonnés.

Le point de branchement optique (PBO) – boîtier d'étage / boîte de palier

Le boîtier de palier est installé dans la colonne montante ou directement en apparent. Il dessert un ou deux paliers et permet de raccorder jusqu'à 12 abonnés en mono ou bi-fibre, par épissurage ou par connecteurs.



Figure 4.51 : exemple d'un PBO pour le câblage d'un immeuble ancien



Figure 4.52 : exemples de boîtiers d'étage

Le boîtier de transition intérieur/extérieur (BTI)

La fonction du BTI est de créer une interface entre le câble d'extérieur et le câble d'intérieur. Il doit permettre l'accueil de protections d'épissures et ne dispose pas de connectique optique. Il peut être fixé sur le mur en façade du logement ou sur la face intérieure du mur du logement (sous-sol par exemple).



Figure 4.53 : exemple de boîtier de Transition Intérieur/Extérieur

Le Dispositif de Terminaison Intérieur Optique (DTIO) et la Prise Terminale Optique (PTO)

Le branchement du câble chez l'abonné se réalise soit par épissurage sur un « pigtail » dans le DTIO ou la PTO, soit par un montage de connecteur terrain ou par l'utilisation d'une extrémité pré-connectorisée (exemple kit DTIO intégrant déjà le raccordement sur une certaine longueur de câble de branchement).

Au niveau du DTIO et de la PTO, les recommandations seront :

- La protection contre tout risque d'émission laser via des dispositifs adaptés sur l'interface de brassage (raccords avec volet d'obturation) ;
- La sécurité au niveau de la rétention du câble de branchement ;
- La fiabilité de l'accroche de la prise sur le mur ou sur le rail DIN ;

Comme présenté précédemment, le DTIO et la PTO pourront être reliés soit :

- Au PBO extérieur qu'il soit en façade, sur poteau ou souterrain ;
- Au boîtier de pied d'immeuble (BPI) ;
- Au boîtier de palier (PBO)

Le DTIO et la PTO contiennent une « prise optique », c'est-à-dire une fiche en attente sur son corps de traversée (raccord). Le terminal actif de l'utilisateur (« passerelle », « ONT ») sera branché à l'aide d'un cordon abonné.

Typiquement, le DTIO se situera en zone privative dans la gaine technique du logement (GTL). Dans ce cas il sera fixé sur RAIL DIN (au format disjoncteur) permettant l'intégration dans le coffret de communication du logement et répondant ainsi aux préconisations de la norme C15-100 en matière de communications à l'intérieur des logements.



Figure 4.54 : DTIO au format disjoncteur à monter sur RAIL DIN

La PTO quant à elle se situera dans le garage/ sous-sol en résidentiel ou à l'intérieur du logement. Elle peut être le boîtier terminal situé chez l'abonné et est appelée dans ce cas « prise

client ». Elle peut être également la deuxième prise du logement en prolongation d'un DTIO par exemple.

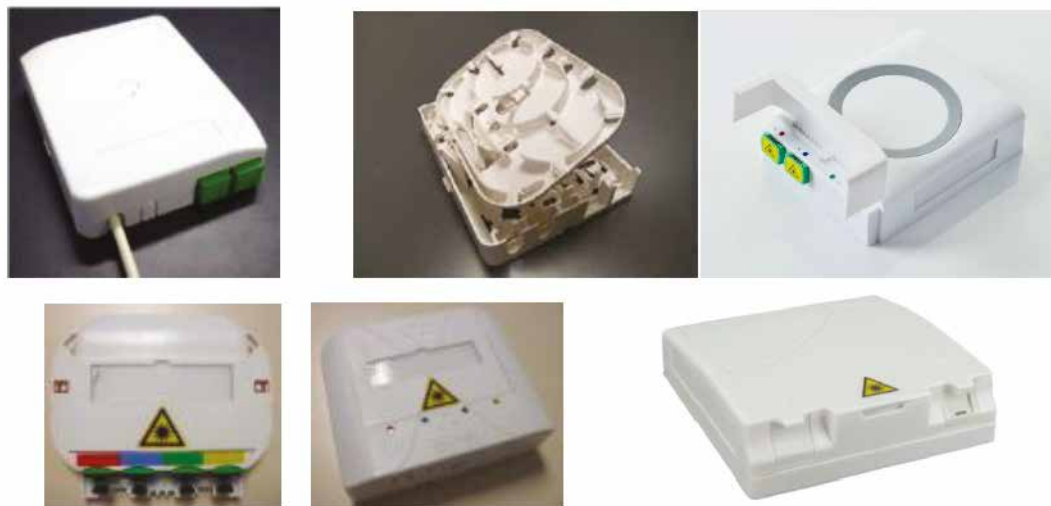


Figure 4.55 : prises terminales optiques 2 fibres

Nota : Le DTIO ou la première PTO du logement aura la fonction d'être le point de livraison de l'opérateur et d'être un point de test entre le réseau externe et le réseau à l'intérieur de l'habitat.

Aspects normatifs : la norme NF expérimentale publiée sous la référence XP C 93-927 (DTI Optique) liste les spécifications fonctionnelles et les exigences de test auxquelles un DTIO usage intérieur (environnement C suivant IEC 61753-1 ed. 2) doit répondre.

5

PROCESS DE DEPLOIEMENT DES INFRASTRUCTURES ET DE LA COUCHE OPTIQUE

PROCESS DE DEPLOIEMENT DES INFRASTRUCTURES ET DE LA COUCHE OPTIQUE

5.1 - LE DOMAINE D'INTERVENTION

5.1.1 - GENERALITES

Le déploiement initial du réseau d'accès concerne l'ensemble des éléments fonctionnels qui se situent entre le NRO et le PBO. On a coutume de distinguer le réseau « horizontal », utilisant les infrastructures souterraines ou aériennes, et le réseau « vertical » relatif au câblage des immeubles.

Dans le cas de la desserte des logements et locaux individuels, le point de branchement optique (PBO) est situé sur le domaine public.

Dans le cas de la desserte des immeubles, les PBO peuvent être installés dans les parties privatives, notamment dans les gaines techniques. Dans ce cas, la limite de séparation entre le domaine public et le domaine privé est assurée par le Point de Démarcation Optique (PDO).

Compte tenu des contraintes réglementaires, la responsabilité et le planning de construction des différents segments peuvent être assurés par deux

entités différentes, toutes deux étant considérées comme opérateur d'infrastructure (OI) : celle en charge du réseau mutualisé sur l'ensemble du territoire et celle en charge du câblage d'immeubles.

Les travaux correspondants peuvent ne pas converger temporellement, ce qui a pour effet d'induire une discontinuité provisoire dans la connectivité de certains logements. Deux cas de figures peuvent se présenter :

- Le câblage d'immeuble est réalisé avant le déploiement du réseau horizontal général ;
- Le câblage horizontal est réalisé avant l'achèvement des travaux de câblage d'immeubles.

Dans les deux cas, les installations doivent présenter une interface permettant le raccordement ultérieur des installations complémentaires. On met alors en place un Point de Récupération (PR), quelquefois appelé Point d'Attente. Il se matérialise par un Boîtier de Protection d'Epissures (BPE).

5.1.2 - ARCHITECTURES DU RESEAU DE BRANCHEMENT

5.1.2.1 - HABITATIONS INDIVIDUELLES

Cas d'une maison sur parcelle isolée

La figure 5.1 présente l'architecture générale. Il n'y a pas de PR puisque le PBO existe toujours si l'habitation est raccordable.

Dans certains cas, le raccordement des habitations isolées en aérien peut nécessiter l'utilisation de plusieurs poteaux en cascade dans la mesure où le PBO de rattachement est éloigné. Dans ce cas, la création d'un PBO supplémentaire peut s'avérer souhaitable.

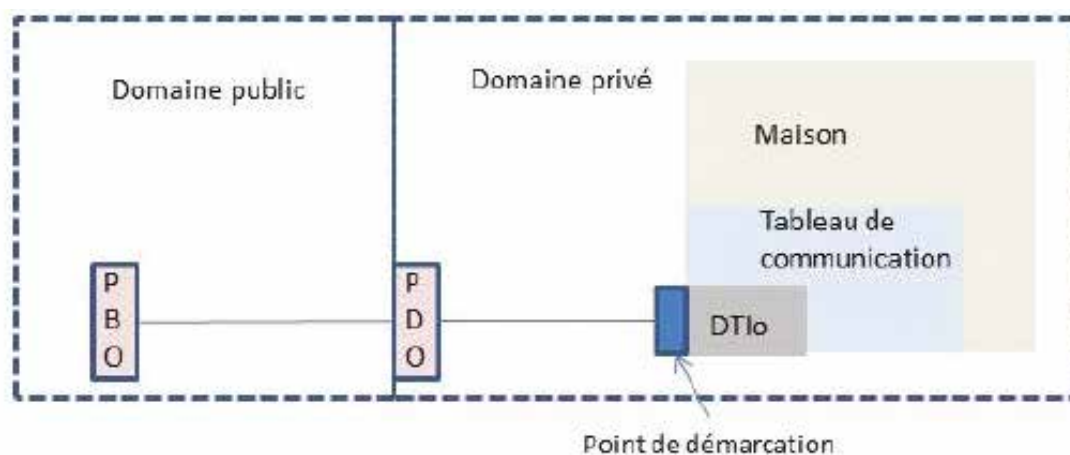


Figure 5.1 : architecture générale pour les habitations individuelles

Cas des lotissements

Un lotissement est la division d'un espace en plusieurs terrains viabilisés destinés à la construction. L'utilisation d'un assemblage de micro-tubes PEHD, alimentant chaque logement (ou groupe de logements ou locaux à usage professionnel) et convergeant en limite de lotissement un Point de Raccordement ou de Récupération (PR), facilite le fibrage du lotissement. Il permet de « porter » à l'air les câbles du réseau FTTH ; il facilitera notamment, les ré-interventions futures.

La figure 5.2 présente l'architecture générale du câblage en fibre optique d'un lotissement pavillonnaire. Il peut y avoir des PR dans la mesure où le promoteur du lotissement a réalisé au préalable le câblage.

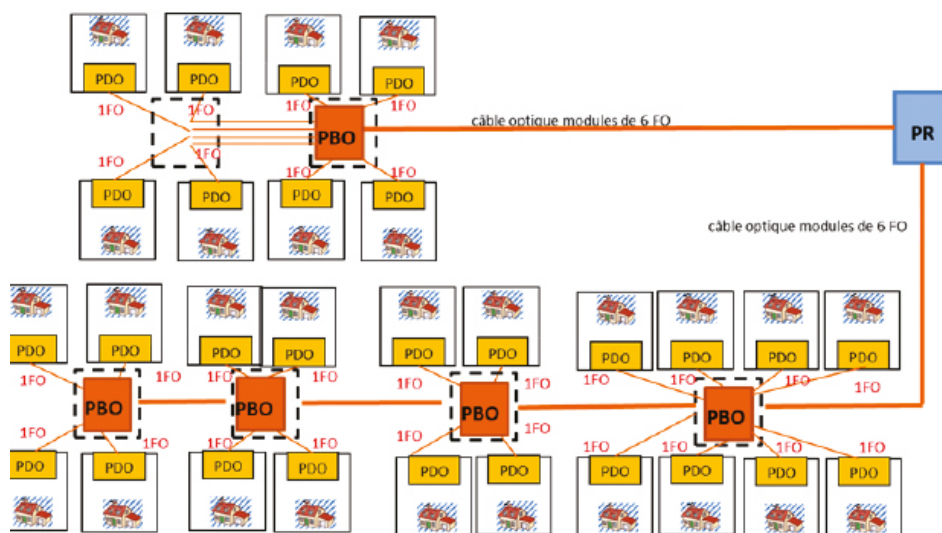


Figure 5.2 : architecture du câblage d'un lotissement pavillonnaire (reproduction autorisée par Objectif Fibre)

La figure 5.3 présente le cas d'un lotissement comprenant deux maisons individuelles.

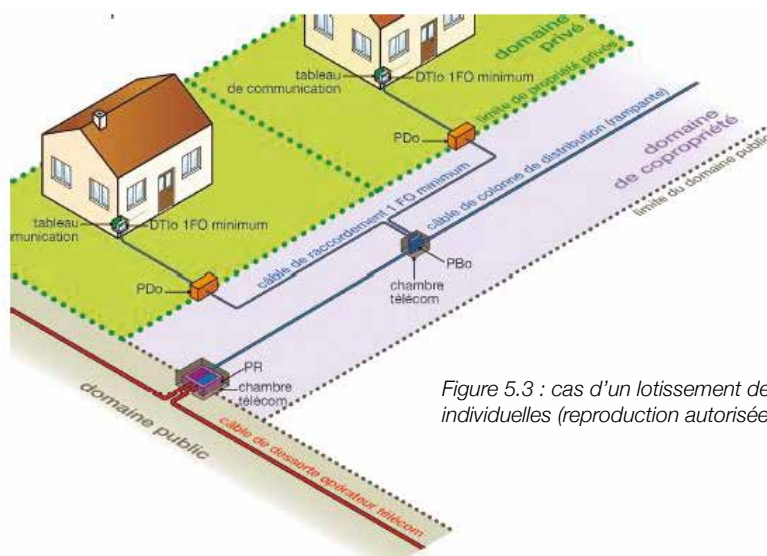
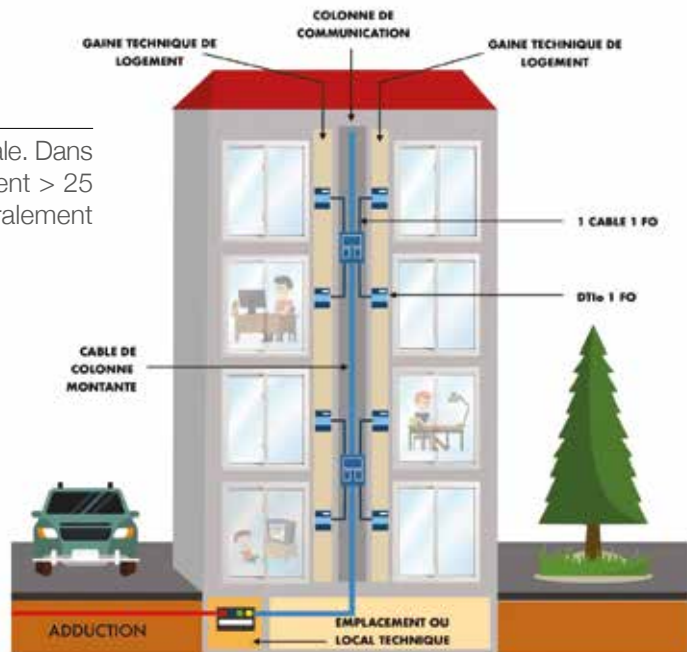


Figure 5.3 : cas d'un lotissement de 2 maisons individuelles (reproduction autorisée par Objectif Fibre)

5.1.2.2 IMMEUBLES COLLECTIFS

La figure 5.4 présente l'architecture générale. Dans le cas de grands immeubles (généralement > 25 logements), un local technique est généralement disponible.

Figure 5.4 : architecture générale pour les immeubles collectifs (reproduction autorisée par Objectif Fibre)



5.1.2.3 ZONES D'ACTIVITE

La figure 5.5 présente la configuration générale du raccordement dans une zone d'activité :

- Les PDO sont installés à l'entrée de chaque parcelle ;
- Le DTIO est installée dans le tableau de communication.
- Les PBO sont installés sur la zone commune ;

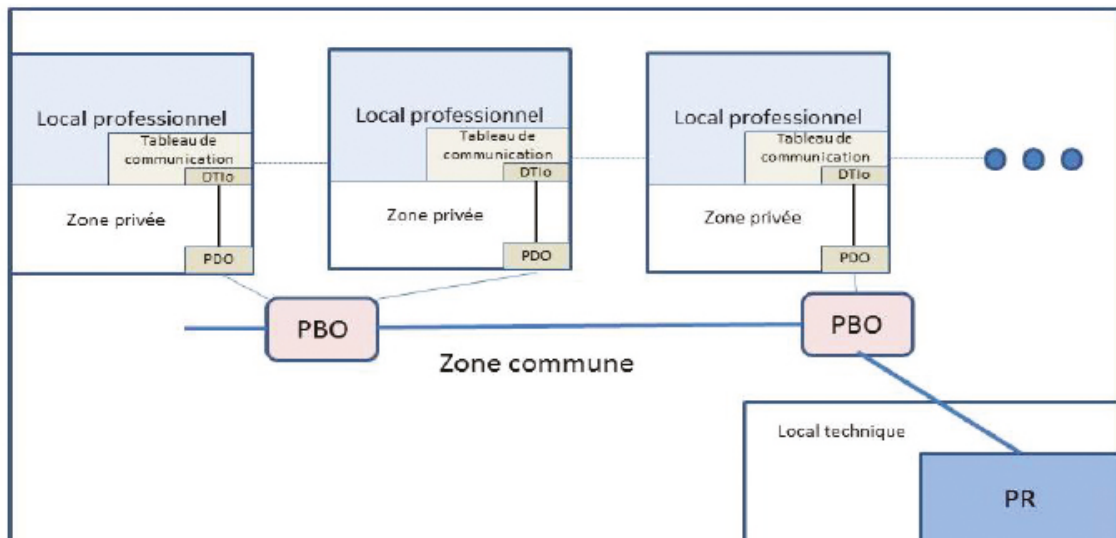


Figure 5.5 : architecture générale pour les zones d'activités

Il faut souligner que les zones d'activité de taille importante disposent souvent d'un local technique qui peut accueillir le PR.

5.2 - LES ETUDES

Ce paragraphe est consacré aux différentes études technico-économiques qui jalonnent les étapes de la vie du projet. Elles permettent en particulier d'évaluer les coûts de déploiement qui influencent au premier chef les décisions prises par la Maîtrise d'Ouvrage. Les outils associés à ces différentes étapes sont très différents puisqu'ils ne sont pas destinés à donner le même niveau de précision dans les évaluations économiques.

5.2.1 - ETUDES DE CONCEPTION

Les études de conception sont réalisées par des bureaux d'études qui ont des rattachements différents selon le mode de passation des marchés :

- Les bureaux d'études indépendants, dont leur cœur de métier est la Maîtrise d'œuvre (MOe) et qui assurent des missions variées conformément à la loi sur la maîtrise d'œuvre publique (dite loi MOP) qui définit les missions confiées au maître d'œuvre et notamment les études d'avant-projet (AVP) comprenant les APS (S = sommaire) et APD (D = détaillé) ;
- Les bureaux d'études intégrés aux entreprises de travaux ;
- Les bureaux d'études intégrés aux opérateurs de gros.

Les études de conception interviennent en préalable au lancement des appels d'offres pour les marchés de travaux. Elles doivent donc se traduire par des chiffrages précis qui permettront de comparer les offres. Elles sont à l'origine de l'élaboration des BPU (Bordereaux de Prix Unitaires) et des DQE (Devis Quantitatifs Estimatifs) qui serviront à comparer les offres.

5.2.1.1 APS

L'avant-projet sommaire (APS) a pour but de vérifier la faisabilité de l'opération en fonction des contraintes techniques du projet, des contraintes économiques, de l'environnement (sol, concessionnaires, VRD, etc.) et des règlements et normes en vigueur. Les dossiers d'APS comprennent généralement les éléments suivants :

- L'architecture du réseau de transport optique et de distribution à mettre en place ;
- Les plans globaux d'implantation des ouvrages ;
- Les plans globaux de l'infrastructure de génie civil :

- implantation des contenants, y compris des points de branchements ;
- types de conduites, d'appuis et de chambre de tirage ;
- Les synoptiques des réseaux de transport et de distribution optique ;
- Les schémas d'implantation des matériels dans les locaux techniques ;
- Le calendrier prévisionnel de réalisation.

5.2.1.2 - APD

L'avant-projet définitif ou détaillé (APD) a pour but de définir précisément le réseau à construire (implantation, technique, modes opératoires, montant des travaux), de prendre en compte les modifications ou compléments apportés au projet, de vérifier la conformité aux différents règlements. Les dossiers d'APD comprennent généralement les éléments suivants :

- Le plan itinéraire du génie civil indiquant :
 - Les points d'interface avec les principaux nœuds du réseau de desserte optique ;
 - Le parcours des conduites jusqu'aux chambres d'adduction ;
- Les plans détaillés des infrastructures nouvelles mettant en évidence :
 - La technologie retenue pour la pose des fourreaux ;
 - Le type de chambre et la disponibilité ;
 - Le type d'armoire et le schéma d'implantation des matériels ;
- Les plans détaillés des infrastructures existantes qui seront utilisées pour le déploiement des câbles et mettant en évidence :
 - La description des éléments constituant l'infrastructure mobilisée :
 - Pour les appuis aériens, les données relatives à l'exploitant principal, et l'implantation prévue pour les nouvelles installations ;
 - Pour les infrastructures souterraines, les données relatives à l'occupation actuelle des alvéoles et l'implantation prévue pour les nouveaux câbles ;
 - Ces éléments découlent d'études de terrain, dits de « piquetage » ;

- Les dossiers techniques de validation
- Les plans détaillés des différents câbles, mettant en évidence :
 - La capacité des câbles sur chacun des tronçons ;
 - Les tampons dans chacune des chambres ;
- Le synoptique détaillé de l'ensemble du système ;
- Le principe général de codification des différents constituants permettant de faciliter le repérage des liens mis en place ;
- Les fiches récapitulatives des PBO ;
- Les calculs des bilans optiques théoriques ;
- Les principes de recettes des installations
- Les coûts prévisionnels détaillés ;
- Le calendrier prévisionnel détaillé de réalisation

5.2.2 - EXECUTION DES TRAVAUX

5.2.2.1 - DT

Lorsqu'une personne (physique ou morale) envisage de réaliser des travaux, elle doit établir une déclaration de travaux (DT) afin de vérifier leur compatibilité avec l'existence d'éventuels ouvrages d'intérêt général susceptibles de se trouver à proximité (réseaux de gaz, communications électroniques, électricité, eau, assainissement, etc.) qui pourraient nécessiter des précautions spécifiques. Cette démarche est préalable à la DICT. Les DT sont valables pour les travaux entrepris dans les 3 mois.

5.2.2.2 - DICT

La déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) constitue une mesure obligatoire à prendre avant l'exécution de tous travaux effectués à proximité d'ouvrages : gaz, électricité, eau, communications électroniques, chauffage urbain, assainissement et transport. Elle permet de prévenir les exploitants de réseaux de l'imminence de travaux et ainsi d'éviter tout risque d'accident ou de détérioration des ouvrages.

Cette obligation légale s'impose à tout intervenant : entreprises, services de l'état, collectivités territoriales et particuliers. La mairie des communes concernées doit être informée pour que les travaux figurent dans le planning établi dans le cadre du Règlement de voirie et pour qu'elle puisse établir les arrêtés de circulation et de stationnement.

Les procédures ont été modifiées par l'arrêté du 15 février 2012, par la prise en compte du principe de précaution et par la création d'un guichet unique, aujourd'hui totalement dématérialisé.

C'est l'entreprise chargée des travaux qui réalise les DICT. Elle indique les dates d'intervention et les techniques utilisées et elle récolte tous les éléments d'informations sur les ouvrages concernés dans sa zone d'intervention.

Une procédure spécifique est définie pour les travaux à réaliser de toute urgence.

Ces déclarations se font désormais auprès du guichet unique accessible sur www.reseaux-et-canalizations.gouv.fr.

De leur côté, les gestionnaires de réseaux sont dans l'obligation de fournir au guichet unique tous les éléments de localisation de leurs ouvrages (avec l'indication du degré de précision) ainsi que les coordonnées des interlocuteurs à contacter.

5.2.3 - USAGE DES INFRASTRUCTURES EXISTANTES

5.2.3.1 - ORDONNANCE FOURREAUX DITE « BBCOST »

L'ordonnance n°2016-526, publiée le 29 avril 2016 et entrée en vigueur au 1er juillet 2016, a pour objectif de lever les obstacles majeurs aux investissements des opérateurs dans le très haut débit en introduisant des mesures destinées à favoriser la mutualisation des infrastructures d'accueil existantes (relevant de réseaux divers comme les réseaux d'électricité, de gaz, de transport) et la coordination des travaux de génie civil.

A ces fins, elle introduit les mesures suivantes :

- Pour les exploitants d'infrastructures d'accueil, faire droit aux demandes d'information et d'accès aux infrastructures d'accueil disponibles ;
- Favoriser les travaux mutualisés dès lors que tout maître d'ouvrage d'une opération de travaux d'installation ou de renforcement d'infrastructures d'accueil, qu'il soit public (collectivités territoriales avec leurs prestataires) ou privé (opérateurs sectoriels, éventuellement en charge d'une mission de service public) doit se déclarer au guichet unique, informer de l'opération, dès lors que l'opération est d'importance significative telle que définie par les articles D. 407-4 et -5 du CPCE ;

- S'appuyer sur le guichet unique de l'INERIS, visé par l'article L. 554-2 du code de l'environnement, jusqu'à présent utilisé essentiellement pour la prévention des endommagements réseaux (DT/DICT).

5.2.3.2 - USAGE DES INFRASTRUCTURES SOUTERRAINES ET AERIENNES DU RESEAU TELEPHONIQUE D'ORANGE

L'Arcep a estimé nécessaire dès le deuxième cycle d'analyse du marché 4 (2008 - 2011) de garantir l'accès partagé et efficace aux infrastructures de génie civil d'Orange afin de permettre les déploiements capillaires de réseaux en fibre optique.

Orange doit faire droit aux demandes raisonnables d'accès à ses infrastructures de génie civil souterraines et aériennes afin de permettre aux opérateurs tiers de déployer leurs propres réseaux de boucle locale en fibre optique dans des conditions transparentes, non discriminatoires et à un tarif orienté vers les coûts.

Dans le cadre du déploiement de nouvelles boucles locales optiques capillaires FTTH, il apparaît immédiatement que le réseau existant d'Orange présente un certain nombre de caractéristiques intéressantes d'un point de vue technique.

La structure du réseau construit essentiellement pour accueillir les câbles du réseau téléphonique est de type arborescente (donc similaire un réseau de desserte FTTH) avec 100% des logements connectés dans le cadre de la délivrance du Service Universel.

Les réseaux Orange sont souvent souterrains dans les zones urbaines ou dans le centre des bourgs.

L'offre GCBLO du 1^{er} mars 2017, téléchargeable sur le site d'Orange dans la rubrique documentation, s'adresse aux opérateurs publics ou privés souhaitant déployer des réseaux ouverts au public en fibre optique. En application de la décision n° 2014-0733 en date du 26 juin 2014, l'offre d'accès aux installations de génie civil souterraines et aériennes constitutives de la boucle locale filaire d'Orange, comprend notamment :

- L'occupation des fourreaux par des câbles optiques
- L'hébergement des équipements passifs dans les chambres de tirage
- L'accès aux supports aériens pour le déploiement de câbles optiques

- Un processus de désaturation des fourreaux et des chambres
- Un processus de désaturation des supports aériens

Cette offre précise la structuration de la boucle locale cuivre d'Orange avec deux niveaux hiérarchiques : le réseau de transport et le réseau de distribution.

Le document précise les modalités d'accès aux installations, les règles générales d'utilisation des infrastructures, le détail des prestations (fourniture par Orange des plans d'itinéraire), le processus et les modalités pour les commandes.

A court terme, l'Arcep devrait apporter, parmi d'autres, les évolutions suivantes à la nouvelle offre GC-BLO :

- la suppression de la distinction transport/distribution, remplacée par partie mutualisée et partie non mutualisée, en aval / en amont d'un PM ;
- des opérations de rénovation et de réparation du génie civil réalisées par les OI contre remboursement d'Orange;
- la mise en place par Orange d'un portail en ligne cartographiant le tracé des infrastructures d'accueil.

5.2.3.3 - UTILISATION DE GENIE CIVIL EXISTANT : COLLECTIVITES OU AMENAGEUR

En application de l'ordonnance BBCost, l'utilisation du génie civil des collectivités, issu notamment des opérations d'enfouissement, constitue une alternative intéressante pour optimiser la mise en œuvre d'un réseau FTTH, plus particulièrement en ZAC et lotissements. Les prérequis à la mise en œuvre sont toutefois nombreux. Il est en premier lieu nécessaire de réaliser un inventaire des tracés (et de leur propriété), puis d'établir avec la personne publique une convention de mise à disposition et de location de ces infrastructures.

Dans le cas de l'identification d'un génie civil non construit pour des réseaux de communications électroniques : fourreaux TPC, conduites désaffectées assainissement, une étude préalable de faisabilité pour la mise en œuvre (aiguillage préalable, inspection vidéo, etc.) est indispensable. Ces réseaux n'étant pas conçus comme un réseau de communications électroniques, la mise en œuvre d'un génie civil d'interconnexion au réseau FTTH peut s'avérer coûteuse.

5.2.3.4 - UTILISATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION ELECTRIQUE HTA/BT

Le réseau public de distribution électrique présente lui aussi des caractéristiques très intéressantes pour le déploiement d'un réseau FTTH. En effet, la structure du réseau BT est également arborescente avec 100% des logements connectés.

Ce réseau appartient à la collectivité (syndicat départemental ou EPCI à fiscalité propre, agissant comme Autorité Organisatrice de la Distribution d'Electricité - AODE). L'établissement et l'application d'une convention d'utilisation des appuis avec cette collectivité et son gestionnaire (ENEDIS le plus souvent) est le seul prérequis pour l'utilisation de ces appuis (calculs de charge à partir du logiciel CAMELIA, agréé ENEDIS). Il existe un modèle national d'une telle convention, révisé et actualisé en mars 2015 par la FNCCR et ENEDIS, avec la collaboration d'ORANGE et de l'Arcep. La convention en vigueur autorise notamment la pose de deux câbles optiques sur des supports HTA et systématise les échanges de données géolocalisées entre les acteurs. Elle régit également les situations de plus en plus fréquentes de cohabitation entre plusieurs opérateurs FTTH et de partage des traverses et goulottes.

Cette convention est établie pour une durée maximale de vingt ans, à titre onéreux, dont un droit d'usage versé au gestionnaire et une redevance d'utilisation versée à la collectivité.

Cette convention décrit notamment les modalités techniques de mise en œuvre du réseau de communications électroniques aux différentes étapes du projet. En particulier, pour chaque ouvrage considéré, un dossier d'études doit être élaboré afin d'être validé par le concessionnaire ENEDIS. Il doit contenir les calculs de charges des supports déterminant la faisabilité d'utilisation, ce qui implique que l'Opérateur ou le Maître d'Ouvrage effectuent un relevé terrain de l'existant. Les données sont alors intégrées dans le logiciel CAMELIA avec son module COMAC.

5.2.4 - CREATION DE GENIE CIVIL AERIEN OU SOUTERRAIN

La création de génie civil suppose le respect des règles de mise en œuvre suivantes :

- S'agissant de réseaux « neufs », la construction du génie civil est conditionnée à l'obtention des permissions de voirie par les gestionnaires.

- Une présentation préalable du projet aux services de voirie est fortement recommandée, en particulier lorsque la mise en œuvre de génie civil allégé ou aérien est envisagée. Le maître d'ouvrage devra garder à l'esprit que les occupations du domaine public, qu'elles résultent d'une permission de voirie ou d'une convention, sont toujours précaires et révocables pour des motifs d'intérêt général.
- Des projets de coordination de réseaux (enfouissement, déplacement) sont une opportunité pour anticiper la création de génie civil d'un futur réseau FTTH.

5.2.5 - OUTILS ASSOCIES ET DOCUMENTATION

La maîtrise durable des informations relatives aux infrastructures créées est un élément indispensable à la gestion de celles-ci. À ce titre, leur intégration dans un système d'information géographique est indispensable. De nombreux Maîtres d'Ouvrages utilisent l'outil GraceTHD³ leur permettant d'assurer la qualité, l'automatisation et la normalisation de la cartographie des réseaux d'infrastructures télécoms à l'échelle du territoire concerné.

Les livrables cartographiques se composent de fichiers numériques vectoriels. Les données géographiques devront être renseignées dans le système RGF 93-Lambert 93 en vigueur depuis le 10 mars 2009. La précision de la localisation objets devra être précisée et validée par la maîtrise d'ouvrage. Le livrable cartographique comprendra donc :

- Des livrables GEO.shp ;
- Des fichiers dwg ayant servi à la création des fichiers shape et composés d'informations générales d'ingénierie et d'informations de topologie et d'architecture générale ;
- Des fichiers shape de recensement de données.

A l'issue de la construction du réseau, les éléments descriptifs des infrastructures doivent se retrouver dans le Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE). Un simple fichier de récolement DWG n'est pas suffisant.

³ GraceTHD s'inscrit dans la nécessaire harmonisation des process d'étude, de déploiement et d'exploitation des réseaux FTTH. L'étude a été menée par l'AVICCA : www.avicca.org. Les acteurs doivent collaborer à l'enrichissement de la plateforme : <https://redmine.gracethd.org/redmine>

5.2.6 - CAS DES IMMEUBLES NEUFS

L'article R111-14 du Code de la construction et de l'habitation, rend obligatoire le câblage en fibre optique de tous les immeubles neufs et tous les projets de rénovation nécessitant un permis de construire dès lors que le montant de l'installation du câblage en fibre optique ne dépasse pas 5% du montant des travaux. Sur décision

du propriétaire ou du syndic de copropriété, les travaux de câblage de l'immeuble sont confiés à un Opérateur d'Infrastructures (OI), anciennement appelé Opérateur d'Immeuble.

Le schéma de la figure 5.6 décrit, dans le cas des immeubles neufs, l'impact du type de local à raccorder sur le lien PM – DTIO.

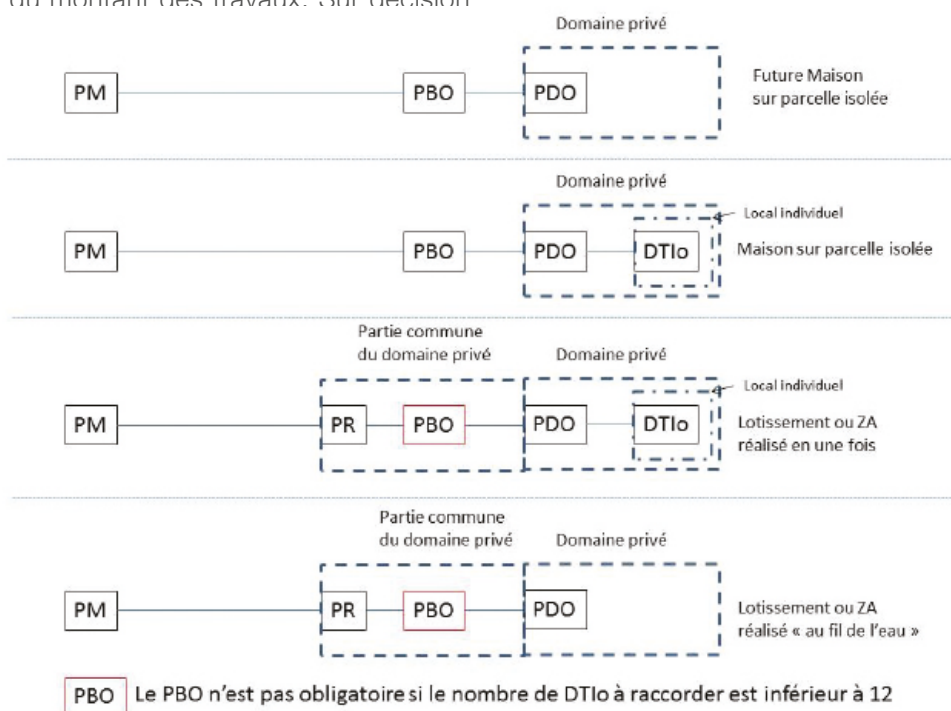


Figure 5.6 : impact du type de local sur la partie terminale

Tous les équipements du câblage FTTH propre à l'immeuble seront repérés et étiquetés. Un plan de câblage, reprenant tous les équipements et

indiquant clairement leur position, sera établi en deux exemplaires. Un exemplaire sera inséré dans le PR. L'autre sera remis à l'opérateur d'immeuble.

5.3 - REGLES ET TECHNIQUES DE MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE INFRASTRUCTURE

5.3.1 - TYPES ET CHOIX DES FOURREAUX

Afin de faciliter la mise en œuvre des câbles, les tubes sont rainurés intérieur et pré-lubrifiés. Le coefficient de frottement doit être inférieur ou égal à 0,1.

Les fourreaux sont de couleur noire pour les tubes de diamètre supérieurs à 16 mm et de tout type de couleurs pour ceux de 4 mm à 16 mm. Ils comportent un marquage métrique. Si plusieurs tubes PEHD sont installés dans une même tranchée, ou en sous-tubage, il est important

que ceux-ci puissent être identifiés. Pour cela, il est préconisé des bandes de repérage de différentes couleurs (par exemple : blanc, vert, violet). Les raccordements des fourreaux s'effectuent par des manchons étanches garantissant une pression nominale de 16 bars ; ils sont d'un encombrement réduit pour faciliter la pose mécanisée, des bagues de serrage assurent le blocage des tubes à raccorder. Si les tubes ne sont pas raccordés, il est important de mettre un bouchon aux extrémités pour éviter qu'ils ne se salissent. Suivant la situation, sous-tubage ou enterré, l'épaisseur des tubes variera (par exemple : 32 x 2,9 mm en enterré et 32 x 2,5 mm en sous-tubage).

5.3.2 - TRANCHEES TRADITIONNELLES ET MISE EN PLACE DES FOURREAUX

Les tranchées sont réalisées avec des moyens conventionnels en respectant les règlements de voirie. En fonction de la configuration du terrain et des réseaux existants (vigilance sur les réseaux gaz), 20 ml à 50 ml sont réalisables par jour. Ces tranchées peuvent être réalisées dans tous les cas de figure :

- zone urbaine, zone peu dense ;
- sous trottoir, chaussée, accotement, terrain naturel ;
- quel que soit le revêtement.

Il est primordial, que les tubes soient tendus en fond de fouille avant de les recouvrir (de sable, de terre ou de béton). Si l'on recouvre les tubes de tout-venant, il est impératif d'utiliser un PEHD100RC, suffisamment résistant. Dans les autres cas, lorsque les tubes seront enrobés par un matériau d'apport qui apporte une protection mécanique, un PEHD 80 suffira. Si l'on recouvre de béton, il pourra être demandé de bloquer les tubes en fond de fouille afin d'éviter que ceux-ci ne remontent si le béton n'est pas assez dense. Dans les chambres de tirage, en entrée et sortie de masque, il est préconisé de laisser un minimum de 20 à 30 cm pour éviter une rétractation des tubes en période froide.

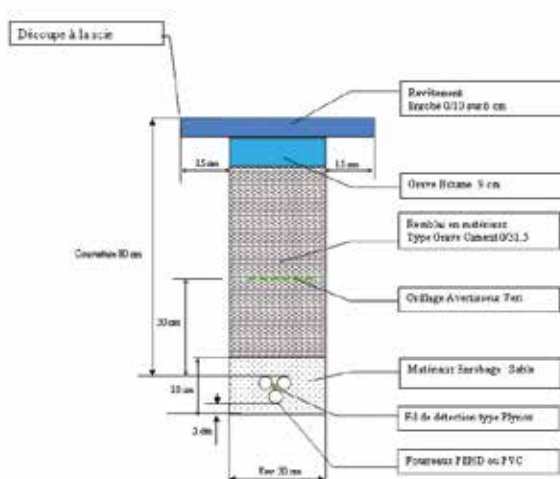


Figure 5.7 : confection de tranchée et mise en place des fourreaux sous chaussée (Classe Trafic Type T5)



Figure 5.8 : pose de fourreau en tranchée standard

5.3.3 - TECHNOLOGIES DE GENIE CIVIL ALLEGE

5.3.3.1 - LE CADRE NORMATIF

Un cadre normatif permet de s'assurer que les entreprises réalisent les tranchées de faibles dimensions dans les règles de l'art, garantissant la préservation du domaine public routier.

La réalisation de tranchées de faibles dimensions, appelé Génie Civil allégé est encadrée par une norme, référencée XP P98-333 qui définit deux catégories :

- Micro-tranchées, d'une largeur comprise entre 5 et 15 cm ;
- Mini-tranchées d'une largeur comprise entre 15 et 30 cm.

Pour les tranchées de largeur inférieure à 30 cm et selon la zone d'implantation de la tranchée, la norme XP P98-333 prévoit le remblayage en matériaux auto-compactant (MAC) ou en matériaux traditionnels (mini tranchées). Au-delà d'une largeur de 30 cm, c'est le cadre de la norme NF P98-331 qui s'applique.

Dans les deux cas, la hauteur minimale de couverture des réseaux enfouis est égale à 30 cm afin de garantir la protection des fourreaux qui contiennent les câbles optiques vis-à-vis de contraintes mécaniques extérieures.

La norme NF P98-332, qui fixe les règles d'interdistances entre les différents réseaux, s'applique également pour les réseaux réalisés en tranchées de faibles dimensions. Le guide publié par le CERTU intitulé « Les tranchées de faibles dimensions »,

apporte des compléments juridiques à la norme XP P98-333 en faisant part des retours d'expériences sur l'emploi des matériaux auto compactant.

5.3.3.2 - LES PRINCIPES

Les tranchées sont réalisées avec des engins spécifiques type : trancheuse, camion aspirateur, etc. La progression est d'environ 400 à 800 ml/jour en fonction de la configuration du terrain et permet de restituer rapidement la chaussée à la circulation, même en présence de fort trafic.

La micro-tranchée est caractérisée par une largeur généralement comprise entre 5 et 15 cm pour une profondeur de quelques dizaines de cm (généralement moins de 40 cm). En fond de micro-tranchée on dépose des fourreaux PEHD ou assemblages de micro-tubes dans lesquels des câbles ou micro-câbles seront installés ultérieurement.

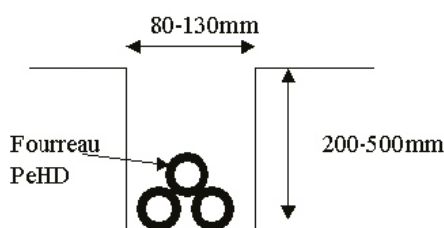


Figure 5.9 : coupe d'une saignée réalisée en micro-tranchée classique - Pose de plusieurs fourreaux

Les intérêts sont multiples :

Pour le Gestionnaire de voirie :

- cadences importantes de réalisation pour une gêne moindre de trafic ;
- conditions homogènes et contrôlées de pose garantissant la qualité de la chaussée restituée ;
- retour rapide aux conditions normales de circulation.

Pour le Maître d'Ouvrage :

- gain de place pour stocker les tourets de micro-tubes PEHD et/ou micro-câbles ;
- besoin en logistique et manipulation terrain moins importante ;
- coûts de construction ;
- ouvrage sécurisé avec des performances identiques à celles obtenues avec des méthodes traditionnelles ;
- respect des normes de sécurité et d'environnement.

Pour le concessionnaire (opérateur ou délégataire) :

- ré-intervention sur les ouvrages de proximité non entravée.

Pour les riverains :

- minimisation des nuisances induites par le chantier.

Pour les usagers de la voirie :

- réduction des temps de restriction de circulation.

5.3.3.3 MATERIAUX ET TECHNIQUES

Les enjeux précédents ont conduit à l'utilisation de matériaux et d'équipements existants ou ayant fait l'objet d'adaptations spécifiques pour répondre à des critères de production industrielle : cadences importantes, qualités contrôlés, aléas réduits, nuisances minimisées, évacuation et tri des déchets.

CANALISATION

L'utilisation de la micro-tranchée est optimisée avec la pose d'assemblages de tubes ou micro-tubes, ce qui permet :

- d'installer un maximum de tubes dans la tranchée ;
- d'avoir une canalisation stable ;
- de faciliter l'enrobage des tubes ;
- améliorant ainsi les caractéristiques mécaniques de la canalisation.

EXCAVATION

La micro-trancheuse utilisée permet l'évacuation simultanée des déblais pour mise en décharge contrôlée, assure une coupe propre et permet des cadences de pose de 400 à 800 ml/jour avec évacuation journalière totale du chantier et limitation de l'encombrement sur une demi-chaussée.

MATERIAU DE REMBLAI

La tranchée est remblayée au moyen d'un matériau fourni par l'industrie du béton prêt à l'emploi (BPE). Il est autocompactant, non essorable, à acquisition rapide de portance et ré-excavable. Le type de produit choisi garantit le comblement des vides, l'enrobage de la canalisation et un comportement homogène avec le reste de la chaussée.

Lors d'essais expérimentaux, en condition de chantier, des cadences importantes de remblai ont été obtenues (200 mètres linéaires remblayés en moins de 20 minutes), et le délai de restitution de la chaussée réduit à 2 heures après comblement.

REFECTION DE LA COUCHE DE ROULEMENT

La réfection définitive est effectuée au moyen de la traditionnelle technique du rabotage (largeur = 0.5 m, épaisseur = 50 mm), suivie d'un enrobé à chaud. C'est la meilleure garantie pour rendre à la couche de roulement ses qualités en termes de résistance à la compression, de souplesse et d'aspect.



Figure 5.10 :
machine de micro-
tranchage en milieu
urbain

5.3.3.4 - LES ETAPES POUR LA REALISATION D'UNE TRANCHEE MECANISEE

ETAPE 1 – PREPARATION, ETUDE ET DETECTION

La mise en œuvre doit impérativement être intégrée dès la phase d'étude et inclure :

- un envoi systématique des DR/DICT afin de recenser les réseaux existants (énergie, assainissement, opérateurs, etc.) ;
- un accord des gestionnaires de voirie sur le tracé et les techniques utilisées ;
- dans les zones sensibles, une campagne de détection non destructive des réseaux existants est recommandée ;
- une gestion rigoureuse des arrêtés de circulation et de stationnement.

ETAPE 2 – TRANCHAGE

La méthode repose sur l'utilisation d'un outil intégré, dédié et conçu pour obtenir une micro-tranchée de dimension régulière et libre de tous déblais. L'atelier de tranchage-aspiration est constitué d'un camion qui rassemble les équipements de tranchage et d'aspiration.

ETAPE 3 – POSE DES FOURREAUX

L'opération de pose des fourreaux est réalisée à l'arrière de l'atelier de tranchage. L'atelier de pose est composé d'un véhicule routier de traction (type fourgon) et son chauffeur, d'une remorque porte-touret et d'un opérateur pour guider la pose des fourreaux. Un filin de détection, accolé aux fourreaux, est déposé simultanément. Il permet, par la suite, de repérer le réseau en transversal, en longitudinal et surtout en profondeur, assurant ainsi une sécurisation lors de travaux ultérieurs sur la chaussée.

ETAPE 4 – REMBLAIEMENT BETON

La méthode utilisée permet l'ouverture de plusieurs centaines de mètres de micro-tranchée en une seule journée, la mise en sécurité du chantier est réalisée en assurant le remblaiement dès le faisceau de conduites déployé dans la micro-tranchée. Le remblaiement se compose d'une unité de traction à avancement hydraulique tirant à vitesse contrôlée l'outil de remblayage (trémie - vis mélangeuse - goulotte de remblayage outil de lissage) et d'un camion toupie contenant un matériau cimentaire de remblayage.

Le camion toupie alimente l'outil de remblayage avec le matériau dans lequel est injecté un coulis accélérateur et colorant au niveau de la vis mélangeuse, juste avant de remplir à refus la micro-tranchée.

ETAPE 5 – REFECTION DE LA COUCHE DE ROULEMENT

Une opération de réfection définitive permettant d'assurer une imperméabilisation satisfaisante de l'ensemble et de retrouver ainsi une surface de roulement à l'identique est ensuite réalisée.

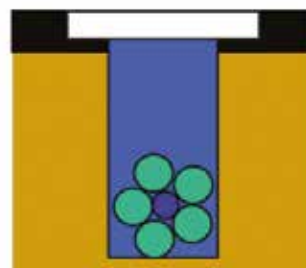


Figure 5.11 : micro-tranchage après réfection
de la couche de roulement

5.3.3.5 - CARACTERISTIQUES DE L'OUTIL DE TRONÇONNAGE

On présente ci-après deux exemples.

ROUE DE TRONÇONNAGE A ENTRAINEMENT AXIAL SOUS CHAUSSEE

Dans ce cas, les caractéristiques sont les suivantes :

- largeur et profondeur des micro-tranchées ;
- outil de coupe monté sur double pivot ;
- déport latéral de l'outil extérieur machine : 250 mm côté droit.

Largeur de coupe	Profondeur de tranchée
80 à 110 mm	200 à 380 mm
80 à 120 mm	200 à 430 mm
90 à 130 mm	265 à 500 mm

Tableau 5.1 : micro-tranchage en milieu urbain sous chaussée - largeurs et profondeurs des micro-tranchées

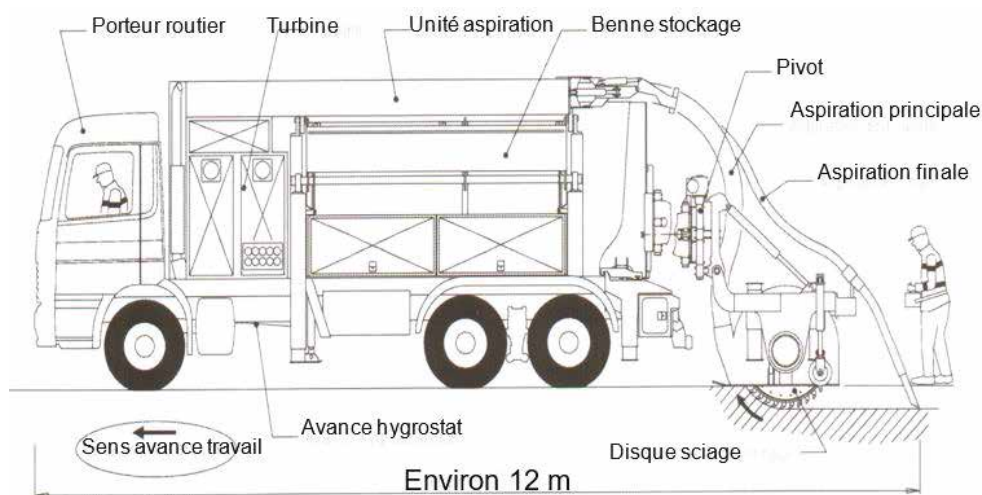


Figure 5.12 : machine de micro-tranchage en milieu urbain ou semi-urbain sous chaussée

ROUE DE TRONÇONNAGE A ENTRAINEMENT AXIAL SOUS CHAUSSEE ET TROTTOIR

Dans ce cas, les caractéristiques sont les suivantes :

- largeur et profondeur des micro-tranchées
- outil de coupe monté sur pivot ;
- déport latéral de l'outil sur glissière.

Largeur de coupe	Profondeur de tranchée
80 à 110 mm	200 à 430 mm
90 à 130 mm	265 à 500 mm
90 à 130 mm	450 à 700 mm

Tableau 5.2 : micro-tranchage en milieu urbain sous trottoir - largeurs et profondeurs des micro-tranchées

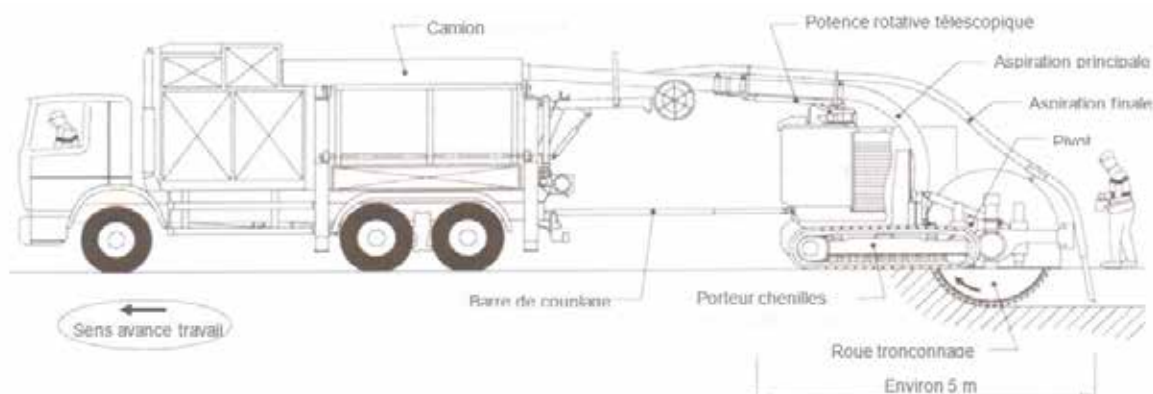


Figure 5.13 : machine de micro-tranchage sous chaussée ou trottoir



Figure 5.14 : atelier de micro-tranchage en action

5.3.4 - SOUS-TUBAGE ET CHAMBRES

Le sous-tubage est réalisé de différentes façons suivant la nature du fourreau.

5.3.4.1- SOUS-TUBAGE DE FOURREAUX PEHD

Les performances d'installation du câble optique ou l'assemblage de tube ou micro tubes par tirage, soufflage ou flottage seront très fortement améliorées par l'utilisation de tubes PEHD à lubrification permanente et rainurage intérieur.

Pour déterminer le diamètre intérieur du tube ou micro-tube (rainuré et lubrifié) adapté au câble à installer, il suffira de rajouter 25% au diamètre extérieur du câble.

Le sous-tubage est réalisé à l'aide de tubes individuels ou d'assemblages de tubes. Ces micro-tubes sont posés par soufflage (préférentiellement à l'air) avec une machine de type super-jet. L'avantage de la pose par soufflage est l'absence de contrainte mécanique et de déformation des micro-tubes pendant la pose. Pour obtenir les meilleurs résultats, il est impératif de respecter la procédure de pose :

- pressurisation des micro-tubes avant le début du soufflage pour le portage des micro-tubes en individuel ;
- en assemblage de micro-tubes, on met juste un bouchon thermique au bout et on porte le tout ; on économise ainsi le temps de pressurisation des micro-tubes (plusieurs minutes par micro-tubes) ;
- une vanne au niveau du super-jet permet une montée progressive de la pression d'air dans la conduite PeHD pendant la pose des micro-tubes ;
- utilisation d'un refroidisseur d'air au niveau du super-jet ;

- calibrage de la conduite existante (lorsque la conduite est vide) ;
- utilisation d'un appareil équipé avec un kit chaînes adapté au diamètre et au nombre de micro-tubes ;
- limitation de la force de poussée sur les micro-tubes pendant la pose.

Cette méthode permet la pose de micro-tubes sur des longueurs de 2400 mètres maximum en assemblage de micro-tubes et plutôt 1000 à 1300 mètres en micro-tubes individuels. L'assemblage de micro-tubes en évitant l'effet d'entremêlement des micro-tubes, permettra l'installation des micro-câbles. Un lubrificateur permet d'améliorer sensiblement les performances de pose. Il se place au niveau du super-jet.

Il est également possible d'installer si besoin l'assemblage de micro-tubes par tirage et ceci sur des distances pouvant aller de 1000 à 1700 mètres. Il suffira de bien respecter le taux de résistance à l'éirement de cet assemblage tout en utilisant un treuil avec enregistreur de force.



Figure 5.15 : système de pose de micro-tubes par soufflage



Figure 5.16 : pose en conduite occupée avec un câble



Figure 5.17 : pose de micro-tubes indépendants



Figure 5.18 : pose de micro-tubes indépendants et micro-conduite

Le taux de remplissage dans un tube non rainuré et non lubrifié est de 45 à 55% maxi pour des distances de pose en portage à l'air de 1000 à 1500 mètres.

Le taux de remplissage dans un tube rainuré et lubrifié pour l'installation d'un câble ou micro-câble, pourra être de 75% pour une installation par soufflage à l'air de 1500 à 2400 m ou flottage à l'eau de 1500 m à plus de 2400 mètres. Le parcours (rectiligne ou tortueux), la distance à parcourir, la méthode de pose (à l'air ou à l'eau) sont les différents paramètres qui feront que l'installation, la mise en œuvre du câble sera plus ou moins facilitée.

5.3.4.2 - SOUS-TUBAGE D'AUTRES TYPES DE FOURREAUX

Dans le cas de fourreaux n'acceptant pas une mise en pression (cas des fourreaux PVC), on utilise préférentiellement un assemblage de micro-tubes. Dans ce cas, on a recours à une pose traditionnelle au treuil.

5.3.4.3 - POSE DES CHAMBRES

Préalablement à la mise en place de chambre de tirage et de raccordement, l'entreprise vérifiera la compatibilité des produits avec le lieu d'installation : trottoir, chaussée, parking, espaces verts...

Comme précisé dans le chapitre 4, les chambres devront être conformes aux normes en vigueur : NF P 98-050-1 et NF-P-050-2.

Pour l'exécution de fouille, le choix du matériel dépendra du terrain rencontré. En général, l'utilisation de matériel traditionnel : pelle mécanique, tracto-pelle et mini-pelle est préconisée.

Les dimensions de fouille seront appropriées aux dimensions extérieures de la chambre, surface au sol augmentée de 40cm.

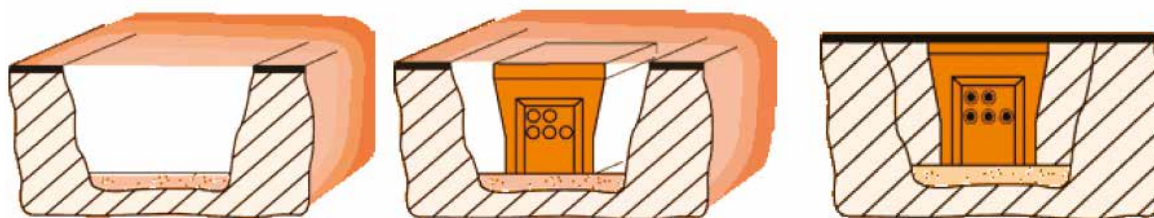


Figure 5.19 : mode opératoire de pose de chambre

La profondeur de fond de fouille sera réglée de façon à ce que le niveau fini des chambres corresponde aux exigences du projet.

Dans les zones de remblai, la pose de chambre pourra nécessiter la mise en place de murs de retenue.

Pour la mise en place des chambres, un lit de sable de 10cm ou de béton sera mis en place en fond de fouille pour assurer une bonne assise de la chambre.

En fonction des exigences du projet, un drainage pourra être exécuté.

Les cadres et tampons seront scellés en respectant les fiches techniques des fabricants.

Les masques des chambres manufacturées seront percés. Les fourreaux seront introduits et maintenus dans leur position finale au moyen de béton coulé autour du masque des fourreaux.

Les remblais de part et d'autre de la chambre seront effectués au moyen de matériaux agréés par le maître d'œuvre.

5.3.5 AMENAGEMENT DES SITES

5.3.5.1 REGLES D'IMPLANTATION

A l'instar des sites du réseau de téléphonie mobile, le positionnement des sites d'un réseau FTTH est structurant dans la conception et l'optimisation du réseau. L'implantation d'armoires ou de shelters nécessitant de disposer d'un accord du gestionnaire public ou privé, la qualité de recherche et la négociation pour l'implantation de ces sites est déterminante.

Le site doit être accessible 24h/24 et 7j/7. Le positionnement en domaine public doit être privilégié. En cas positionnement en domaine privé, il faut s'assurer que les accès sont possibles et que les procédures et moyens d'accès sont bien identifiés et surtout qu'ils sont à la disposition des intervenants. L'ouverture des portes doit pouvoir se faire de façon permanente.

L'accessibilité des intervenants est un paramètre important à prendre en compte :

- Place de stationnement sécurisée à proximité immédiate ;
- Condition d'intervention sans danger, prévoir le recul nécessaire pour l'ouverture des portes et la zone réservée à l'intervenant ;
- Eviter les zones piétonnière et passante (exemple centre-ville historique).

L'emplacement retenu pour l'implantation du site doit être garanti dans le temps :

- Pas d'implantation en zone inondable ;
- Valider en cas de doute que l'emplacement n'est pas en zone ABF (soumise à l'Architecte des Bâtiments de France), ou demander les autorisations nécessaires au préalable ;
- Analyser le PLU, les risques de rénovation urbaine ;
- Anticiper les possibles élargissements de voie.

L'emplacement retenu doit tenir compte des risques potentiels d'endommagement ou de détérioration :

- Eviter les risques de vandalisme en zone sensible (ne pas forcément choisir l'emplacement optimum en termes d'accès au réseau existant, ou au centre de la zone) ;
- S'éloigner au maximum d'une voie de circulation rapide (route départementale à min 4m de la bordure de la chaussée) ;
- Eviter les zones accidentogènes (rond-point, virage, ...) ;
- Pas d'installation de PM au bord d'un trottoir, dos à la route ;
- Mettre en œuvre des dispositifs de protection sur les zones de stationnement (sauvage), les parkings, places de marché ;
- Eviter les zones de ruissèlement et de ravinement, éviter les fortes pentes et la construction à proximité d'un fossé.



Figure 5.20 : exemples d'implantation

5.3.5.2 - LOCAUX TECHNIQUES

Les sites hébergent les équipements passifs et/ou actifs. Ils peuvent assurer la fonction de POP, NRO ou PM et dans certains cas pourront être mutualisés pour des services d'hébergement locaux.

La pénétration des câbles dans le site se fait par le sous-sol. De ce fait, les sites sont généralement situés soit en sous-sol ou en RDC d'un bâtiment, voire dans un shelter. Dans le site, les câbles sont lovés afin de disposer d'une longueur de réserve, dans le cas où il faudrait reprendre des connexions de fibres.

Les sites sont de nature très diverse et l'on pourra trouver selon les possibilités offertes en termes de possibilité d'implantation :

- des locaux en sous-sol ou au RDC d'un bâtiment ;
- des locaux techniques existants (salle informatique d'une commune par exemple), à créer ou à réaménager ;
- des modules préfabriqués.

La surface des sites dépend de leur dimensionnement et du nombre de prises raccordables ainsi que des matériels actifs qui y seront installés.

Ces éléments doivent être analysés par type de site (POP, NRO, PM) et étudiés en amont du déploiement opérationnel afin de faire l'objet d'un cahier des charges précis qui intègre principalement les spécifications techniques et les exigences répondant aux besoins opérationnels et de sécurisation suivants :

- Fermes de brassage fibres : dimensionnement et type ;
- Fermes de baies actives : dimensionnement et type ;

- Accès aux baies des opérateurs (600mm x 600mm), par l'avant et dans certains cas par l'arrière ;
- Distribution « courants forts » : tableau TGBT, alimentation en mode triphasé ou monophasé ;
- En termes de puissance électrique, les besoins des équipements sont les suivants :
 - Point à point : 3,9 W par prise raccordable ;
 - GPON : 0,4 W par prise raccordable (0,8 W à moyen terme) ;
 - Equipement de collecte : 2 kW par opérateur ;
- Alimentation 48V secourue (en général 4h d'autonomie) ;
- Climatisation des locaux : type de système ;
- Equipements de sécurité et de sûreté : supervision d'alarmes centralisée (Gestion Technique Centralisée), système de contrôle d'accès, sécurité anti incendie... ;
- Chemin de câbles à prévoir entre l'espace transport optique et les baies opérateurs ;
- Accessibilité des câbles : une étude de faisabilité portera sur les abords du bâtiment (congestion des infrastructures de génie civil), l'adduction et le cheminement intérieur des câbles jusqu'au local. Les sections de passage varieront de 6 à 9 cm² pour 1000 fibres, dépendant des types de câbles. Les câbles qui ne sont pas aux normes d'incendie du bâtiment (zéro halogène) seront entourés d'une protection coupe-feu sur leur parcours intérieur ;
- Pérennité des conditions d'usage : le coût de migration d'un NRO est absolument prohibitif, les locaux devront conserver leur usage sans interruption pendant plus de 30 ans.

Cette pérennité sera difficile à garantir sans un titre de propriété des locaux, ainsi qu'un contrat d'usage bien spécifique (copropriétés, nuisances au voisinage),

- Zone de dégroupage ou points de mutualisation : a minima, on réservera de l'espace au sol et dans les adductions pour les opérateurs en « dégroupage distant » qui aménagent leur propre local à proximité du local et renvoient leurs fibres sur le NRO. Le « dégroupage actif » consiste à héberger les équipements actifs tiers et requiert dès lors un supplément d'espace et de capacité de refroidissement. Les points accessibles aux opérateurs de service doivent être dimensionnés et organisés pour pouvoir colocaliser les matériels actifs des opérateurs clients de l'infrastructure. La collectivité doit prévoir l'ensemble des moyens techniques (faux plancher, chemins de câbles) permettant un passage aisé de ces câbles intra bâtiment entre la zone client et le répartiteur optique.

5.3.5.3 - SHELTERS OU ARMOIRES

L'armoire de rue sera choisie différemment suivant que l'on sera en présence d'un nœud de réseau passif type PON ou P2P ou d'un nœud de réseau actif avec équipements. Les matériels sont décrits au chapitre 4 :

- Armoires actives : chaque armoire nécessite une étude particulière en fonction de son environnement climatique, des équipements installés, de leur plage de fonctionnement et de leur puissance réjection thermique ; en fonction des contraintes d'alimentation électrique, il sera nécessaire de prévoir un atelier d'énergie ; le cahier des charges correspondant doit permettre de respecter les exigences décrites dans le § 4.3.6.2 ;
- Armoires passives : l'armoire passive sera dimensionnée pour assurer le maximum de confort aux intervenants ; le cahier des charges correspondant doit permettre de respecter les exigences décrites dans le § 4.3.6.2 ;
- Shelters : les exigences sont décrites dans le § 4.3.6.2.2.

5.3.5.4 - CAS PARTICULIER DES HEBERGEMENTS DANS LES SITES D'ORANGE

L'offre d'hébergement d'Orange intitulée *offre d'hébergement au sein de locaux d'Orange pour l'exploitation des boucles locales en fibre optique - offre destinée aux opérateurs de réseaux ouverts au public*, est réservée aux opérateurs (au titre de l'article L33.1 du CPCE). Elle propose 2 types d'hébergement :

- L'hébergement d'équipements actifs dans les NRA d'Orange. Cette offre s'adresse aux opérateurs pour leur permettre d'héberger leurs équipements actifs dans un NRA et de proposer leurs services sur la zone de boucles locales optiques.
- L'hébergement d'un Répartiteur de Transport Optique (RTO) dans un NRA d'Orange. Cette offre s'adresse aux opérateurs d'infrastructure. Elle permet à l'opérateur d'infrastructure d'installer ses équipements de NRO et d'y acheminer les câbles de raccordement des PM.

Dans le cadre de cette offre, les prestations d'Orange consistent à mettre à disposition de l'opérateur client :

- S'agissant de l'espace RTO :
 - Des fermes optiques ou armoires, dans lesquelles l'opérateur d'infrastructure installe ses propres matériels optiques (têtes ou tiroirs optiques) ;
 - Le cheminement de câbles optiques depuis la chambre 0 d'Orange jusqu'au RTO.
- S'agissant de l'hébergement d'équipements actifs :
 - D'un emplacement pour l'installation de baies destinées à accueillir des équipements actifs ;
 - Des équipements d'environnement technique utiles au fonctionnement et au raccordement des équipements actifs (énergies, chemins de câbles, conditionnement d'air, ...) ;
 - De solutions de raccordement sur le RTO ;
 - Le cheminement de câbles optiques depuis la chambre 0 d'Orange.

Par ailleurs, Orange Wholesale France est également capable de proposer des solutions d'espace privatif. Il s'agit de salles privatives dans les bâtiments d'Orange, ou d'implantation de shelter sur les terrains d'Orange.

Dans ces cas d'hébergement particuliers car privés, l'opérateur fera son affaire des aménagements d'infrastructure et des équipements d'environnement technique, à ses frais.

La prestation d'hébergement d'une durée minimale d'un an prolongée ensuite pour une durée indéterminée est dénonçable sans pénalité sous condition d'un préavis de 2 mois.

5.3.5.5 MUTUALISATION DES LOCAUX TECHNIQUES POUR DES SERVICES D'HEBERGEMENT

Dans le cadre d'une réflexion globale sur l'aménagement numérique des territoires, les collectivités ont tout intérêt à intégrer dans leur réflexion la création d'un Datacenter qui se positionne comme le trait d'union entre le déploiement des réseaux à très haut débit (FTTH) et le développement des usages.

La création d'un Datacenter local sera confortée par l'évolution tendancielle du monde IT vers l'externalisation, le développement de la mobilité, le développement des réseaux et territoires intelligents ainsi que l'émergence de nouveaux modes d'organisation avec l'apparition de nouveaux usages autour de la télémédecine, téléformation ou télétravail. Sa présence favorisera le développement des entreprises locales en donnant accès à des ressources informatiques et matérielles mutualisées suivant le concept d'informatique en nuage : « cloud computing ».

Les salles techniques créées dans des bâtiments pour l'installation des NRO, et qui reçoivent des équipements actifs des opérateurs pourront héberger les équipements informatiques et de communication permettant ainsi une mutualisation des systèmes. Dans ce cas, une zone spécifique cloisonnée devra être réservée pour les services d'hébergement.

Systèmes mutualisés :

- Distribution de l'énergie ;
- Alimentation de secours ;
- Système de détection d'incendie ;
- Système d'extinction automatique des incendies ;
- Vidéo surveillance ;
- Contrôle des accès ;
- Supervision et transmission des alarmes ;

- Dispositifs de gestion des réseaux ;
- Réseaux fibres optiques sécurisés pour liaisons intersites.

Les communications à l'intérieur du centre d'hébergement ou vers le monde extérieur utiliseront généralement le protocole IP. Il conviendra donc de positionner dans le centre d'hébergement les routeurs et commutateurs qui permettront d'assurer les transmissions entre les serveurs.

Il serait judicieux de choisir une structure modulaire pouvant recevoir les équipements réseaux et serveurs, les blocs onduleurs et bénéficier d'un câblage optique et cuivre totalement intégré. Par opposition aux baies classiques, qui sont des éléments indépendants les uns des autres, certaines solutions sont conçues pour créer un linéaire parfaitement adapté au concept de couloirs chauds ou froids.



Figure 5.21 : solution de racks avec gestion de câblage interne

Afin d'optimiser les performances énergétiques, la mise en œuvre d'un corridor froid, hermétiquement fermé avec circulation d'air entre les serveurs, sera préconisée. Il permet d'abaisser la température de l'ensemble et augmente la densité de serveurs. Par ailleurs, la structure n'impose pas de plancher technique dans un local de petites dimensions.

L'intégration d'un câblage pré-connectorisé en usine, permet une mise en place rapide, un câblage court et uniforme et assure une plus grande qualité ainsi qu'une identification rationnelle.



Figure 5.22 : exemple de configuration couloir froid

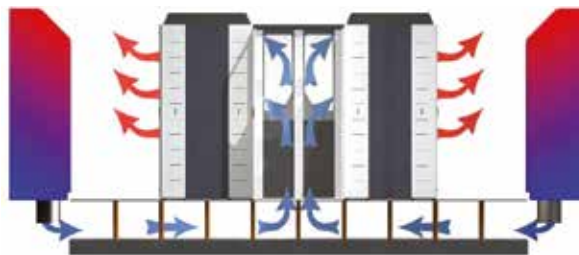


Figure 5.23 : circulation d'air dans un couloir froid haute densité

Le choix de penser hébergement informatique lors de la construction d'un local technique dédié aux équipements passifs et actifs du réseau d'accès FTTH, rationalise les performances en termes d'installation d'exploitation et de coût.

5.3.6 - LE CAS DU CABLAGE DES IMMEUBLES NEUFS

Les fonctionnalités des principaux composants utilisés ont été présentées au chapitre 3.

Les caractéristiques techniques font l'objet d'une description détaillée au chapitre 4. Le tableau suivant permet au lecteur de se reporter au paragraphe correspondant.

Usage	PBO	Câble branchement	Connectique	DTiO/PTO
Souterrain, façade et aérien	PBO épissure (§ 4.3.7)	(§ 4.3.3.3)	Épissure (§ 4.3.4)	(§ 4.3.7)
Aérien	PBO connectorisé (§ 4.3.7)	Connectorisé en usine (§ 4.3.3.5)	SC/APC (§ 4.3.4)	
		Connectorisé sur le terrain (§ 4.3.3.5)	FMC (connecteur montable terrain) (§ 4.3.4.3)	

Tableau 5.3 : correspondance des descriptions détaillées

Les autres composants spécifiques aux immeubles sont les suivants :

- L'adduction : elle comprend les fourreaux et chambres nécessaires au raccordement du ou des immeubles (groupe d'immeubles, campus) au réseau public ; elle doit être dimensionnée pour le câblage actuel et ses extensions futures. Pour les immeubles anciens, l'adduction s'entend généralement jusqu'en limite de propriété.

Pour les immeubles neufs, elle est prolongée, au droit du terrain, jusqu'au génie civil FTTH en partie publique, existant ou à construire. Lorsque le génie civil public n'existe pas, il convient de s'adresser au service de la mairie qui fournira les coordonnées de la personne à contacter pour obtenir le point d'aboutissement (en domaine public) de l'adduction ;

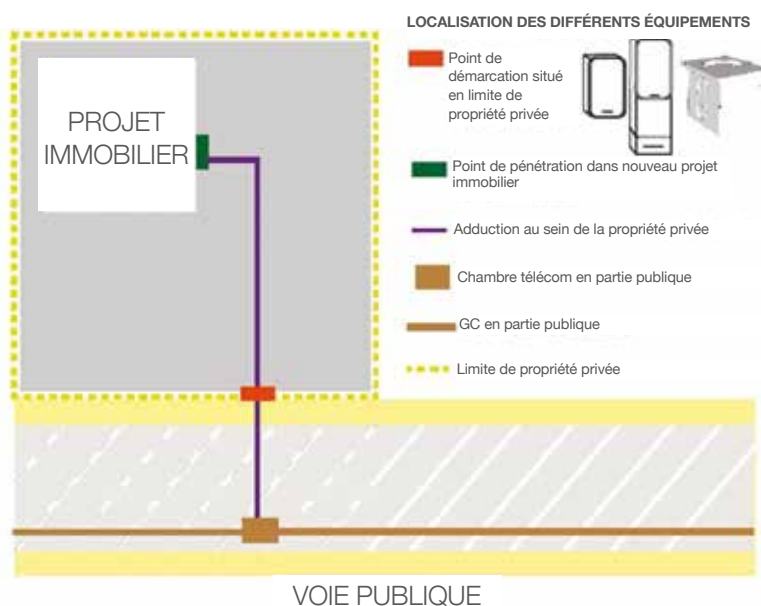


Figure 5.24 : adduction d'un immeuble neuf (reproduction autorisée par Objectif Fibre)

- Le local technique : cet espace ne concerne que les immeubles collectifs de plusieurs niveaux, les ZAC ou des lotissements importants. Pour les immeubles de plus de 25 logements, cet espace est requis, c'est une pièce, généralement située en sous-sol ou en rez-de-chaussée, fermée, elle doit être facilement accessible 24 heures sur 24. Elle est destinée à l'accueil des éléments pas-

sifs, voire actifs, du réseau de communication électronique. A ce titre, elle doit être pourvue de tous les dispositifs nécessaires, alimentation électrique, ventilation, éclairage... Pour les immeubles de moins de 25 logements, le local technique peut être un emplacement technique fermé et de dimension suffisante ;

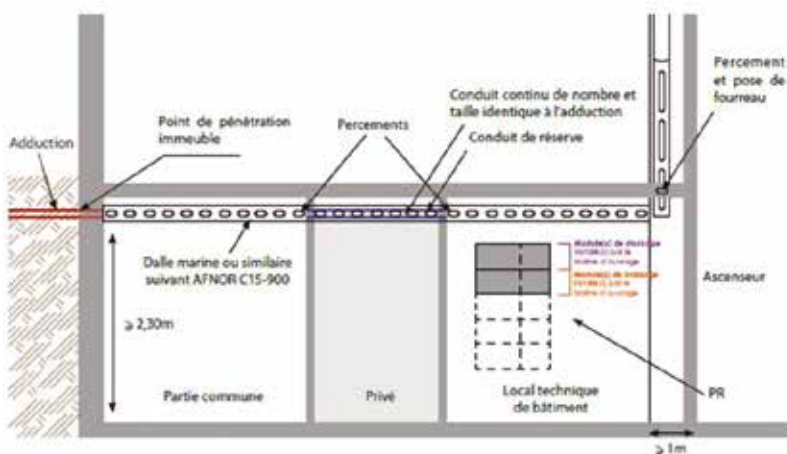


Figure 5.25 : exemple de réalisation d'un local technique (reproduction autorisée par Objectif Fibre)

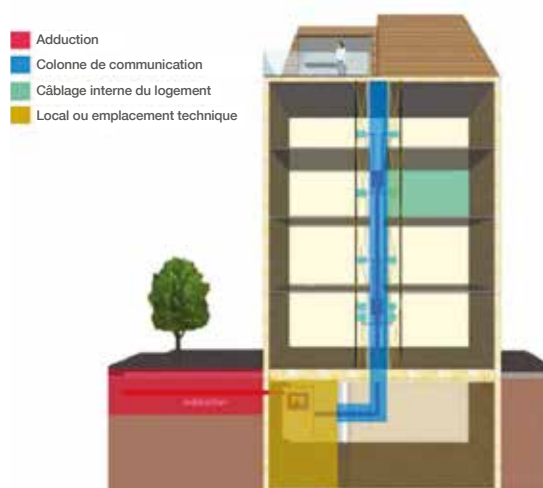


Figure 5.26 : colonne de communication en immeuble collectif (reproduction autorisée par Objectif Fibre)

5.3.7 - TECHNIQUES DE CONTROLE DE LA COUCHE INFRASTRUCTURE

L'objectif du contrôle du réseau d'infrastructure est de s'assurer de la qualité des prestations du génie civil (pose des fourreaux et des chambres, remblaiement, revêtement, etc.), en fonction du cahier des charges et des plans préalablement établis.

Les chapitres suivants présentent les principaux contrôles qui doivent être réalisés durant la phase d'exécution des travaux, et complétés par une réception finale, comprenant l'établissement de PV de recette.

Le contrôle, pendant la phase d'exécution des travaux, permet au maître d'œuvre (ou à son représentant) de s'assurer de la conformité de la qualité du chantier. Le maître d'œuvre a donc un rôle de surveillance qui doit lui permettre de valider certaines phases et d'autoriser la poursuite des travaux.

5.3.7.1 - CONTROLE DU GENIE CIVIL

Les étapes importantes liées au génie civil sont :

- la validation du tracé et des plans de l'APD ;
- le respect des techniques de pose préconisées (enterrées, fonçage, chemins de câble, caniveaux, etc.) ;
- le respect des cotes (profondeurs, hauteurs, longueurs, largeurs, positionnement des chambres) ;
- les techniques et la qualité de pose et de protection des fourreaux ;

- La colonne de communication : on parle parfois de colonne montante en immeuble collectif et de colonne rampante dans le cas de lotissement. On peut parfois considérer un lotissement comme un immeuble collectif « à plat ». La colonne de communication est définie dans le guide C 90-486 et la norme EN50700. Juxtaposée à la colonne électrique et celle des services généraux, elle est dédiée au passage des câbles de communication électronique. Les câbles du réseau FTTH seront séparés des autres câbles de communications électroniques.

- les pénétrations dans les bâtiments ; à imprimer
- le remblaiement et le compactage des tranchées ;
- la pose de grillage avertisseur ;
- les réfections de surface.

5.3.7.2 - CONTROLE DES FOURREAUX

Les principaux éléments à vérifier sont :

- le nombre de fourreaux ;
- le type (diamètre, épaisseur, matière : PVC, PeHD) ;
- les matériaux de pose et de protection (sable, béton, gaines, etc.) ;
- le calibrage (envoi d'un calibre dans chaque tube pour s'assurer qu'il n'est pas obstrué ou écrasé), l'aiguillage, l'obstruction à chaque extrémité et la tenue à la pression (PeHD) ;
- la pose « en nappe » des fourreaux, si celle-ci est demandée, pour éviter leurs croisements et garder une cohérence de leur disposition ;
- la présence de bouchons au niveau des extrémités des fourreaux (qui dépassent de ~30 cm à l'intérieur des chambres pour les PeHD et qui sont coupés à ras pour les PVC) ;
- la présence d'un fil de pré aiguillage.

Dans le cas de micro-conduites :

- passage d'une mini éponge, avec à l'intérieur une pression d'air de 8 bars ;
- passage d'un mandrin de calibrage. Le passage du mandrin doit être effectué à une pression d'air de 10 bars maxi ;

- test d'étanchéité à la pression 10 bars pendant 15 minutes. Un bouchon étanche est installé à chaque extrémité des micro-tubes après ces tests.



Figure 5.27 : accessoires de contrôle des micro-tubes

5.3.7.3 - ESSAIS D'ETANCHEITE

Les essais d'étanchéité sont réalisés pour tous les fourreaux PeHD.

La vérification consiste à mettre le fourreau sous une pression de 1 bar. Dans un délai de deux heures après cette mise en pression, la pression dans le fourreau doit rester inchangée. Pour s'affranchir des variations de température éventuellement importantes résultant du refroidissement ou du réchauffement de l'air insufflé dans le fourreau, le temps " zéro " de la mesure est toujours pris une heure environ après une première mise en pression, celle-ci étant alors réajustée à la valeur de 1 bar.

5.3.7.4 - CALIBRAGE (MANDRINAGE) D'UNE CONDUITE

Le calibrage, également appelé mandrinage permet de vérifier la non obturation, l'ovalisation des fourreaux et le respect du rayon de courbure.

Il s'agit de contrôler le libre passage, dans la conduite, d'un calibre constitué d'une tige comportant un disque central de diamètre D (contrôle de l'ovalisation) et de deux disques latéraux de diamètre d (contrôle des rayons de courbure).

Le mandrinage est réalisé après le remblayage et le compactage et avant la réalisation des réfections des surfaces définitives (pour des ré interventions de réparation).

La fiche contrôle établie pour chaque tronçon de vérification doit comporter notamment :

- le repérage des chambres d'origine et d'extrémité avec les masques,
- la désignation du gabarit propulsé,
- la longueur de la section en essai,
- les dessins des masques avec la désignation des types de fourreaux,
- les observations éventuelles.

Après mandrinage, l'aiguillage du tube peut-être réalisé à l'aide d'une drisse nylon.

On utilise des types de mandrins adaptés à la nature et au diamètre des conduites à contrôler :

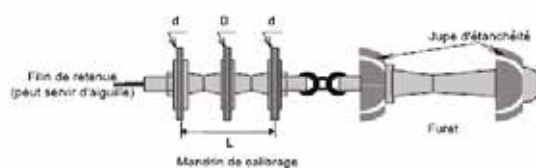


Figure 5.28 : mandrin adapté au contrôle des conduites PVC



Figure 5.29 : mandrin adapté au contrôle des conduites PeHD

Type Ø mm	Conduites PVC						Conduites PeHD		
	25 / 28	30 / 33	42 / 45	56 / 60	75 / 80	96 / 100	26 / 32 et 27 / 33	32,6 / 40	40,8 / 50
D	22	27	38	50	70	90	22	28	36
D	16	21	32	44	64	84	16	26	32
L	90	90	90	90	200	200	90	90	150

Tableau 5.4 : dimension des mandrins en fonction des types et dimensions de la conduite à contrôler

5.3.7.5 CONTROLE DES CHAMBRES

L'objectif du contrôle des chambres est de s'assurer de leur conformité, pour éviter de lourds travaux de réfection en cas d'anomalies.

Les principaux éléments à vérifier sont :

- le type de chambre ;
- le respect de la résistance à la charge de la trappe ;
- le nivellement du sol ;
- la localisation et l'orientation de la chambre ;
- le remblaiement et le compactage autour de la chambre ;
- le positionnement, l'orientation et la qualité de confection des masques ;
- les aspects de surface et intérieurs (dimensionnel, présence d'un puisard, qualité de fabrication, etc.) ;
- le scellement du cadre, du type de tampon, de son adéquation avec le corps de la chambre, du dispositif de verrouillage.

5.4 - REGLES ET TECHNIQUES DE MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE OPTIQUE PASSIVE

5.4.1 - POSE DES CABLES DANS L'INFRASTRUCTURE SOUTERRAINE

Les câbles seront installés dans les fourreaux, soit en utilisant des techniques de tirage traditionnelles soit en utilisant des techniques de soufflage ou flottage.

5.4.1.1 - LES CONTRAINTES APPLIQUEES AU CABLE

Les principales contraintes subies par un câble lors des opérations de pose sont :

- la traction ;
- la torsion ou le vrillage ;

- le pliage (faible rayon de courbure) ;
- l'écrasement ;
- les contraintes climatiques.

Les opérations de mise en œuvre peuvent être séquencées ainsi :

- établissement d'un plan de pose ;
- transport et stockage des composants ;
- pose et installation des câbles ;
- raccordement des câbles.

LA TRACTION

La résistance d'un câble à la traction dépend de sa structure. L'effort de traction exercé sur le câble dépend bien entendu du type de pose. La force de traction maximale admissible par le câble est indiquée par le fabricant.

LA TORSION

Lors de la pose, on veillera à ce que le câble ne subisse pas de torsion. Les inscriptions sur la gaine pourront servir de témoin. Pour le tirage au treuil, il sera utile d'accrocher le câble à la cablette à l'aide d'un émerillon. Si un entraîneur intermédiaire est utilisé, on vérifiera qu'il n'induit pas d'effort de torsion sur le câble.

LE PLIAGE (FAIBLE RAYON DE COURBURE STATIQUE OU DYNAMIQUE)

Les valeurs fixées par le constructeur permettent de garantir un niveau minimum de contrainte sur les fibres. Il faut veiller, lors de la réalisation de "love" au sol ou en chambre de tirage, à dévider les spires de câble par rotation du touret, soit en utilisant un dérouleur de câble, soit en faisant rouler le touret. Dans le cas de pose en conduite extérieure, les équipements ad-hoc (poules de renvoi, galets de guidage, gouttières de protection, etc.) seront utilisés afin de limiter les rayons de courbure des câbles et également afin de réduire le frottement sur des angles vifs.

L'ÉCRASEMENT

Pendant les opérations de pose, on apportera un soin particulier au "stockage intermédiaire" des câbles. Lorsqu'il sera nécessaire de mettre un câble en attente, sans que ce dernier soit protégé, un balisage approprié sera utilisé pour éviter qu'il ne soit écrasé par des objets, des personnes ou des véhicules.

LES CONTRAINTES CLIMATIQUES

Les températures de pose seront typiquement limitées entre 0°C et 45°C (voir fiche technique du fabricant).

5.4.1.2 - POSE DE CABLES AU TREUIL

Elle se pratique de moins en moins. Les méthodes de soufflage ou de flottage remplacent progressivement l'utilisation des treuils sur ce type de réseaux.

Une telle opération devra être menée et contrôlée pour limiter les contraintes, dans des conditions compatibles avec les caractéristiques du câble :

- l'effort dit en continu, c'est-à-dire l'effort de traction exercé en tête de câble pendant l'opération,
- l'effort de décollage, c'est-à-dire l'effort maximal exercé au démarrage ou à la reprise de l'opération de tirage.

L'effort de traction pour les câbles à fibres optiques est généralement de 220 daN en continu et 270 daN en reprise.

RECOMMANDATION POUR LE TIRAGE DE LONGUEURS DE 0 A 900 M

Utiliser obligatoirement un treuil équipé d'un système enregistrant les forces de traction et limitant les seuils à ne pas dépasser.

RECOMMANDATION POUR LE TIRAGE DE LONGUEURS SUPERIEURES A 900 M

Utiliser obligatoirement un treuil équipé d'un système enregistrant les forces de traction et limitant les seuils à ne pas dépasser.

Pose d'entraîneurs mécaniques intermédiaires dès que la valeur de traction risque d'être dépassée.

RECOMMANDATION POUR LE TIRAGE DIT « BOUCLE DE TAMPON »

Cette méthode sécurise le tirage des câbles de grande longueur (> 900 m) et supprime les problèmes de synchronisation.

Dans une chambre intermédiaire, à l'aide d'un entraîneur, le câble sort à l'extérieur et fait une boucle afin de reprendre la conduite suivante. Il est nécessaire de disposer d'un système de guidage et d'un limiteur de force au niveau de cet entraîneur.

5.4.1.3 - POSE DU CABLE PAR « SOUFFLAGE-TIRAGE »

Cette méthode aussi appelée "push-pull" consiste à pousser le câble mécaniquement tout en le tirant par la tête à l'aide d'un furet étanche poussé par de l'air comprimé. Même si l'expérience a démontré qu'elle était moins performante et moins fiable que le soufflage, cette méthode est toujours pratiquée aujourd'hui.

Cette méthode est toujours fondée sur la traction du câble par sa tête et ne fait qu'atténuer les inconvénients dus à la friction du câble contre le fourreau grâce à la poussée mécanique au départ. Cette technique ne s'applique pas sur les tracés particulièrement sinueux ; le système reste limité au maximum de traction toléré par le câble et au maximum de pression d'air admissible dans la gaine. Pour que cette technique apporte les gains espérés, il est souhaitable que l'on puisse raccorder les éléments de conduit entre eux en assurant une étanchéité. Pour cela les conduits ne seront jamais coupés au ras des chambres de tirage.

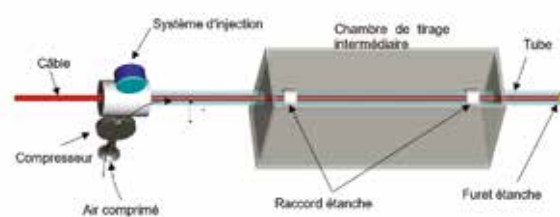


Figure 5.30 : pose par soufflage - tirage

Par rapport au soufflage :

- les exigences portant sur les fourreaux sont les mêmes. L'étanchéité reste de mise ;
- le lubrifiant devra être du même type que pour la traction et sera utilisé en quantité bien plus importante ;
- le compresseur pourra être de capacité (débit) inférieure, mais de pression identique (12 bars), le besoin de refroidissement de l'air comprimé subsiste ;
- ne s'applique pas dans les conduites d'un diamètre inférieur à 30 mm intérieur.

5.4.1.4 - POSE DU CÂBLE PAR SOUFFLAGE (AIR)

C'est sans doute la méthode la plus pratiquée de par le monde aujourd'hui. Le câble est toujours poussé mécaniquement, mais contrairement à la méthode précédente, il n'est pas tiré par la tête à l'aide d'un furet, mais entraîné par un très fort courant d'air qui passe à grande vitesse le long du câble et qui par sa viscosité l'agrippe sur l'ensemble de sa surface pour le tirer à l'intérieur du fourreau.

Cette méthode est de loin la moins contraignante pour le câble qui n'est exposé qu'à de très faibles tractions. C'est sûrement, avec le "flottage", la méthode qui assure la plus grande sécurité pour le câble.

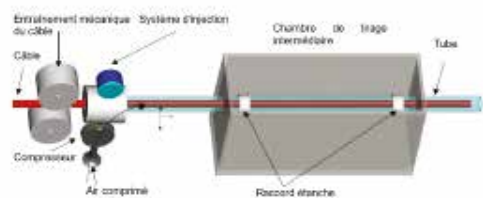


Figure 5.31 : pose par soufflage

IMPACT SUR LES CÂBLES

Le procédé s'applique à tous les câbles à fibres optiques de \varnothing 2 à 36 mm max.

Compte tenu de la faible tension subie, les câbles n'ont besoin d'aucune armature. Le peu de rigidité que peut offrir un câble non armé sera compensé par l'adjonction d'un furet non étanche appelé "tête sonique" attaché à la tête du câble et dont l'unique tâche est de maintenir cette dernière au centre du fourreau par une traction limitée à environ 5 à 10 daN.

Plus la densité du câble est faible, plus la distance maximale de pose sera longue.

Plus la surface du câble sera lisse et dure (PeHD, PeMD, nylon), plus la distance de pose sera longue. Un câble de très forte rigidité (pratiquement plus malléable à la main) ou ayant une très forte mémoire de forme aura une distance maximale de pose plus courte dans un réseau accidenté.

Un câble de section non ronde pourra entraîner des fuites d'air et de pression dans la chambre d'admission de l'appareil et verra sa distance maximale de pose diminuée.

Un câble à armature non concentrique peut provoquer des frictions plus importantes contre le fourreau et verra ses distances de pose raccourcies, mais il sera surtout un handicap à la pose d'un 2^{ème}

câble et à son usage dans les accessoires de réserve de lovage.

IMPACT SUR LES FOURREAUX

Tout fourreau lisse ou strié longitudinalement, de stries peu profondes, étroites et bien taillées (sans bavures), peut convenir pour autant qu'il soit en PeHD et résiste à une pression intérieure de 12 bars pendant au moins une heure en continu à une température de 60°C.

Les gaines en PVC conviennent mal à la méthode. Compte tenu des collages successifs tous les 6 ou 10 mètres, l'étanchéité est rarement garantie et le PVC, résistant mal à la chaleur, éclate ou sort de ses manchons de raccordement.

Les fourreaux non pré-lubrifiés doivent être lubrifiés avec un lubrifiant peu visqueux conçu spécialement pour le soufflage, à raison d'environ 0,5 à 1 litre par km suivant le diamètre du fourreau. Sans lubrification, la perte de longueur de pose maximum peut atteindre jusqu'à 40 %. Les lubrifiants conventionnels utilisés pour le tirage ne conviennent pas. Les gaines pré-lubrifiées avec un lubrifiant solide ont, sans lubrification supplémentaire, des performances nettement supérieures aux autres tant qu'ils n'ont pas été lubrifiés. Toutefois, l'expérience montre qu'une lubrification supplémentaire, à demi-dose, des gaines pré-lubrifiées en allonge encore la distance maximale de pose.

Le rapport D/d (Diamètre intérieur du fourreau sur diamètre du câble) optimal est de l'ordre de 2 à 2,5. Il est néanmoins possible de descendre jusqu'à des valeurs de l'ordre de 1,3 qui correspondent à un taux d'occupation du fourreau de 80%. Plus ce rapport sera élevé, plus la distance maximale de pose sera longue, mais plus aussi le risque de flambage augmentera et rendra obligatoire l'usage de la tête sonique.

POSE DE CÂBLES MULTIPLES

Lors de la pose d'un 2^{ème} (voire 3^{ème}) câble dans le même fourreau, il sera préférable que ce dernier soit au moins du même diamètre que le premier. Il est aussi recommandé que l'addition des diamètres des 2 câbles ne dépasse pas 70 % du diamètre intérieur de la gaine.

Si ces 2 conditions sont remplies, on peut espérer atteindre avec le 2^{ème} câble la moitié de la distance du 1^{er} câble posé à l'air par soufflage ou assurer la pose sur la même distance que le 1^{er} câble en utilisant la pose par flottage.

Lors de la pose simultanée de 2 câbles, ceux-ci se comportent comme un seul câble et la distance maximale de pose n'est pas réduite.

PRECAUTIONS A PRENDRE PENDANT LA MISE EN PLACE

Lors de la pose du fourreau d'une chambre de dérivation à l'autre, il est impératif que les fourreaux dépassent les murs des chambres d'au moins 15 à 20 cm, afin de pouvoir y connecter les appareils.

Avant la pose d'un câble, il y a lieu de s'assurer que le fourreau est propre et vide de toute eau. Cela se fait par envoi de tampons de mousse à l'aide d'air comprimé. Cette pratique donne la garantie que le tube est continu du début à la fin. Certains, surtout quand ils travaillent sans tête sonique, se contentent du passage du tampon et renoncent aux exercices de calibrage et de test sous pression de la gaine, quand ils ne sont pas imposés. Un contrôle systématique coûte beaucoup en temps et en argent. Quand le tampon de mousse est passé, même si le calibrage du fourreau n'est pas garanti, un câble nu a beaucoup plus de chances de traverser un tube légèrement aplati, que s'il est muni d'un furet ou d'une tête sonique.

Il est utile de rappeler ici que :

- la méthode de pose par soufflage à l'air permet l'usage de plusieurs appareils en cascade (série) permettant la pose de câbles longs (>12 km) en une seule opération ;
- les accessoires de réserve de lovage permettent d'envoyer, depuis un point intermédiaire du tracé, un câble d'abord en partie dans une direction, le reste ensuite dans l'autre direction. Ces appareils de stockage intermédiaire suppriment la dépose en 8 sur le sol. Le câble ne se salit plus, est stocké rapidement sur un espace très restreint et, surtout, n'est plus manipulé à la main ;
- il est toujours préférable d'envoyer un câble dans le sens général de la descente. Les fabricants d'appareillage commercialisent des programmes de simulation, permettant d'optimiser préalablement la solution pour la pose.

Caractéristiques du compresseur :

Pression	
Pression exigée	15 bars (maximale), minimum 8 bars. La perte de longueur maximale de pose est d'environ 10% par bar en moins
Débit minimum nécessaire, selon les dimensions du fourreau	
ø 3,5 / 5 mm	1 000 litres / minute
ø 8 / 10 mm	1 500 litres / minute
ø 27 / 32 mm	5 500 litres / minute
ø 33 / 40 mm	7 500 litres / minute
ø 42 / 50 mm	10 000 litres / minute
ø 51 / 63 mm	20 000 litres / minute

Tableau 5.5 : caractéristiques du compresseur pour la pose par soufflage

L'air comprimé fourni par le compresseur ne doit contenir aucune huile et être le plus sec possible. La température de l'air comprimé entrant dans la machine doit être la plus basse possible. Lorsque

la température extérieure est supérieure à 25°C, il est vivement recommandé, quand le compresseur n'en est pas déjà muni, de placer un refroidisseur d'air sur le tuyau le reliant à l'appareil.

5.4.1.5 - POSE DU CABLE PAR FLOTTAGE (EAU)

Cette méthode est identique à celle du soufflage ; seul le médium change, l'eau remplace l'air. Les performances obtenues grâce à cette technique sont supérieures à celles du soufflage.

Dimensions du fourreau	Longueur posée avec un seul appareil
ø 41 / 50 mm	11 000 m
ø 33 / 40 mm	10 000 m
ø 27 / 33 mm	6 000 m

Tableau 5.6 : distance de pose par flottage - câble de 11mm de diamètre

La quantité d'eau nécessaire est définie suivant un tableau en fonction du diamètre intérieur du fourreau et le diamètre extérieur du câble. L'approvisionnement en eau s'effectue de diverses façons : citerne plastique en location, bêche type « poche à eau » pliable posée au sol, citerne sur véhicule, rivière, canal, étang, etc.

A titre d'exemple : dans un tube PeHD Ø 27 / 33 mm, la quantité d'eau nécessaire pour la pose d'un câble sur 4 800 mètres est de 2 500 litres environ.

Cette technique permet également la pose de câble énergie HT et HTB sur des longueurs de 3 000 mètres.

Les appareils de pose sont les mêmes à l'exception de quelques accessoires supplémentaires et une pompe à eau à débit variable qui se substitue au compresseur d'air.

AVANTAGES DE LA METHODE

Elle rend possible de plus longues portées, jusqu'à 3, voire 4 fois celles réalisables par le soufflage.

Elle ne génère par ailleurs pas d'échauffement exagéré dû au compresseur.

Lors de la pose d'un 2^{ème}, voire 3^{ème} câble, les performances du flottage sont nettement supérieures à celle du soufflage.

INCONVENIENTS DE LA METHODE

Il est nécessaire d'amener l'eau (environ 0,5-1,5 litres par mètre courant de gaine).

Le poids spécifique du câble doit être voisin de celui de l'eau. Lorsqu'il s'en éloigne trop, les frictions, soit sur le haut du fourreau, soit sur le bas, diminuent très sérieusement les performances de la méthode.

Pour le reste, les exigences de la méthode sont très semblables à celles du soufflage.

5.4.1.6 - POSE DE MICRO-CABLES PAR SOUFFLAGE A L'AIR DANS LES MICRO-TUBES

Le soufflage de micro-câbles doit être effectué avec des appareils adaptés présentant toute sécurité pour le câble et avec un affichage des paramètres nécessaires pendant la pose.

On distingue principalement deux familles de micro-câbles :

- les micro-câbles de diamètre extérieur de 0,8 à 3 mm ;
- les mini-câbles de diamètre extérieur de 3 à 8 mm.

Dans le cas de la pose de micro-câbles, l'appareil de soufflage doit être équipé d'un limiteur de couple de haute précision.

Pour les mini-câbles de diamètre 3 à 6 mm, l'appareil de soufflage doit pouvoir transmettre une force de poussée de 100 N avec un moteur électrique ou une force de poussée de 180 N avec un moteur pneumatique.

Pour la pose de mini-câbles de diamètre 5 à 8 mm dans des réseaux longues distances, tels que le long des voies ferrées, autoroutes ou autres, l'appareil doit permettre une force de poussée maximum de 300N. Cette poussée est réalisée par deux courroies assurant une meilleure transmission sur le câble.

Le câblage des derniers mètres, pour une distance de l'ordre de 100m, requiert une nouvelle génération d'appareil de pose, d'un coût plus adapté. Cet appareil fonctionne en mode pousseur ou en soufflage à l'air ou en soufflage avec furet étanche en tête de câble. Il doit être capable d'installer sans difficulté des micro-câbles ou des mini-câbles de diamètre allant jusqu'à 5 mm.

La pose à l'air dans les micro-tubes nécessite des pressions d'air maximum de 15 bars.

Les longueurs de pose dépendent de différents composants :

- micro-tubes en PeHD rainuré à l'intérieur avec paroi interne présentant un faible coefficient de friction (inférieur à 0,1) ;
- un micro-câble léger et rigide ayant une gaine extérieure de faible frottement dans le tube (inférieur à 0,1) ;

- une lubrification à l'intérieur du micro-tube avant la pose avec un lubrifiant spécifique, la quantité et la répartition à l'éponge devront être effectuées suivant une procédure établie ;
- une pose avec un compresseur refoulant un air refroidi exempt d'huile ;
- utilisation d'un lubrificateur situé en amont est fortement recommandée.

A titre d'exemple, un micro-câble Ø 6 mm peut être porté dans un micro-tube Ø 8 / 10 mm sur une longueur de 2 200 mètres.

La qualité des différents composants permet de poser directement le micro-câble dans les tubes par poussée avec l'appareil de pose, sur des longueurs de l'ordre de 100 mètres, sans injection d'air. Ces longueurs dépendent du nombre de courbes et du parcours du micro-tube.

5.4.2 - POSE DES CABLES EN AERIEN

En France, les réseaux à moyenne et basse tension exploités par ENEDIS représentent 15,3 millions de poteaux, dont 11,8 millions en basse tension et 13 millions pour les infrastructures d'Orange.

Ils desservent tous les bâtiments, individuels et collectifs, à usage résidentiel ou professionnel, dans toutes les localités y compris les plus petites.

Une information détaillée, technique et opérationnelle, figure dans le guide pratique 2015 d'Objectif Fibre4 consacré au déploiement de la BLOM sur support aérien.

5.4.2.1 - UTILISATION DES APPUIS DES RESEAUX AERIENS DE DISTRIBUTION PUBLIQUE D'ENERGIE ELECTRIQUE

Les règles de mise en œuvre des câbles optiques sont définies dans le « guide pratique des appuis communs, installations sur lignes BT », annexe technique des conventions relatives à l'usage du réseau public de distribution d'électricité en basse tension (BT, jusqu'à 400 V) et haute tension A (HTA ou moyenne tension, entre 1 et 40 kV) pour l'établissement et l'exploitation d'un réseau de communications électroniques en fibres optiques

L'utilisation des appuis suppose d'une part que ces règles soient strictement respectées et d'autre part qu'une convention soit établie avec la collectivité propriétaire du réseau électrique, son concessionnaire et l'opérateur de communications électroniques du réseau optique.

Les supports HTA ne sont pas prédestinés à recevoir les câbles à fibre optique de la BLOM. Si ce

cas se présentait, un bandeau de couleur verte devra être installé sur le support en dessous de la nappe du réseau de communications électroniques. L'accueil d'un seul câble à fibre optique est autorisé sur les supports HTA. Le câble est obligatoirement diélectrique de type ADSS.

Pour les études de charges, il est impératif d'utiliser les dernières versions des logiciels CAMELIA (réseau HTA) et COMAC (réseau BT).

L'usage de versions antérieures peut générer des risques d'incohérence sur les câbles (ex. bibliothèque de câbles non à jour), les paramètres, etc., d'où les erreurs et blocages renvoyés par ENEDIS au moment de la validation des études.

La complexité d'utilisation des logiciels CAMELIA/COMAC, qui sont des logiciels-experts, impose de s'y former.

Le déploiement sur supports aériens est émaillé de nombreux signalements de dépassements de charge des poteaux, avant même la pose de la fibre.

Pour autant, des constructeurs de réseaux ont observé une nette réduction du taux d'échec dès lors que les relevés de terrain sont précis, c'est-à-dire des mesures prises effectivement sur le terrain, conformément au modèle de relevés terrain fourni, sous forme de tableur, dans l'annexe 5 de la convention « appuis communs » de mars 2015.

Dès lors que l'on renseigne CAMELIA/COMAC avec ces mesures terrain précises et non pas en laissant des valeurs par défaut, le taux de rejets diminue, passant de 30% à 10% de rejets, selon les récents constats d'un constructeur de réseaux de communications électroniques.

5.4.2.2 - UTILISATION DES APPUIS ORANGE

L'utilisation des appuis aériens d'Orange doit faire l'objet d'un calcul de charge, effectué à partir du logiciel CAPFT, permettant de calculer les efforts théoriques exercés sur les supports par l'ajout d'un câble à fibres optiques.

L'utilisation d'artères aériennes ne répondant pas aux normes de sécurité est interdite, l'absence d'étiquette jaune ou rouge et un impératif et tous les contrôles visuels et tests de devront être réalisés : percussion, enfoncement, résistance pour les poteaux bois, rouille et stabilité pour les poteaux en métal. La pose de PBO est non autorisée par l'offre GCBLO.

⁴ Guide accessible en téléchargement sur le site : www.objectif-fibre.fr

5.4.2.3 - EXEMPLE DE MISE EN ŒUVRE

Les principes de mise en œuvre et les matériels utilisés sont similaires à ceux qui sont appliqués par les entreprises dans le cadre du déploiement de ligne téléphoniques.

Le portage aérien est un mode de déploiement permettant la pose de câble à fibres optiques.

Les matériels nécessaires pour cette opération sont les suivants :

- nacelle ;
- une à plusieurs poulies ;
- pince d'ancrage ou de suspension qui permet l'accrochage du câble à la traverse ;
- un kit de fixation par poteau :
 - cerclage en feuillard ;
 - 2 équerres ;
 - 1 traverse.

Ces matériels s'adaptent aux différents diamètres de câbles utilisés.

ETAPE 1 – MISE EN PLACE DU BALISAGE



Figure 5.32 : mise en place du balisage

ETAPE 2 – MISE EN PLACE DES POULIES PROVISOIRES



Figure 5.33 : mise en place des poulies provisoires

ETAPE 3 – PASSAGE DU CÂBLE DANS LES POULIES



Figure 5.34 : passage dans les poulies

ETAPE 4 – SUPPRESSION DES POULIES PROVISOIRES

A la fin du tirage, la poulie provisoire est retirée afin d'installer la pince de suspension définitive.

ETAPE 5 – MISE EN PLACE DEFINITIVE DU CÂBLE

A chaque extrémité du parcours, le câble sera fixé au poteau à l'aide de plusieurs cerclages feuillard. Une étiquette sera posée.

5.4.2.4 - CAS D'UN POTEAU NON EQUIPE DE KIT DE FIXATION

ETAPE 1 – MISE EN PLACE DU CERCLAGE FEUILLARD

La traverse sera installée au niveau d'une marche.



Figure 5.35 : mise en place du cerclage feuillard

ETAPE 2 – MISE EN PLACE DES EQUERRES SPECIALES POTEAU BETON

Dans le cas de poteau en bois des semelles spécifiques sont utilisées.



Figure 5.36 : mise en place d'équerre

ETAPE 3 – MISE EN PLACE DE TRAVERSE AVEC VISSERIE



Figure 5.37 : mise en place de traverse

5.4.2.5 - DISPOSITIFS DE LOVAGE DE CÂBLE

Ces dispositifs permettent de gérer les sur-longueurs de câbles à fibres optiques aériens au niveau des boîtiers d'épissures. Le câble est enroulé sous forme de love selon le diamètre souhaité, puis maintenu en place sur le poteau par le dispositif.

On distingue deux types de love : le love de stockage et le love de blocage.

Le love de stockage est une longueur de câble(s) formée en boucle(s) pour constituer une réserve pour interventions ultérieures, en phase de construction ou en phase d'exploitation du réseau. Bien qu'il puisse être utile lorsque la jonction d'un câble aérien ne peut être réalisée que depuis le sol dans l'impossibilité d'usage d'une nacelle ou dans l'impossibilité d'implantation du boîtier en souterrain, ce type de dispositif est en principe non autorisé actuellement en France, aussi bien sur les appuis d'Orange que sur les appuis en concession ENEDIS.

Le love de blocage est une longueur de câble formée en plusieurs boucles afin d'utiliser les forces de friction des différents éléments pour en réduire les mouvements relatifs dus au pistonnage. Les boucles sont solidaires les unes des autres et solidaires du support du love de blocage empêchant le resserrement du diamètre des boucles. L'utilisation de love de blocage est recommandé à proximité d'un boîtier d'épissure dans les deux cas suivants :

1. Déploiement d'un câble aérien sur plus de 200 mètres entre deux boîtiers consécutifs
2. Conditions climatiques de type G1 (1 kg de givre par mètre de câble) ou plus.

Dans ces cas- là, il est nécessaire de réaliser des boucles de lovage sur les câbles entrant ou sortant appelé loves de blocage : 4 boucles circulaires au rayon minimum de courbure statique du câble. Le diamètre imposé par le gabarit sera inférieur à 300 mm et sa hauteur (si non circulaire) sera inférieure ou égale à 500 mm.

Le rayon de courbure doit respecter la règle $R \geq 10 \times \text{diamètre du câble}$ et ne pas dépasser le gabarit. Si la forme du love n'est pas circulaire mais oblongue, le nombre de boucles recommandé doit être doublé, soit 8 boucles, afin de préserver l'efficacité du blocage.

Idéalement ces boucles doivent être réalisées au plus près de la pince d'ancrage. Néanmoins, pour des raisons esthétiques ou pratiques, il est possible de réaliser les loves de blocage en un point ad hoc situé entre le point d'ancrage et l'entrée du boîtier, voire derrière le boîtier. L'inconvénient est le risque de serpentage du câble entre le love et la pince d'ancrage.

Important : Ces loves n'ont pas vocation à être utilisés pour descendre le boîtier et ne doivent en aucun cas être délovés durant la vie du réseau.

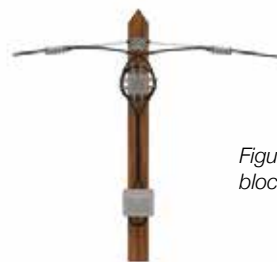
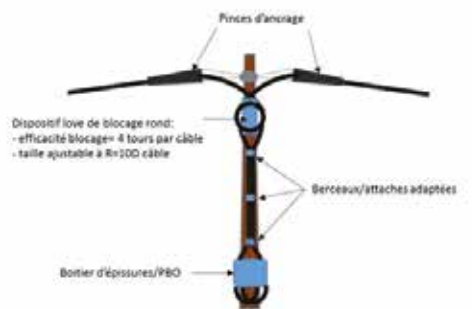


Figure 5.38 : implémentation avec love de blocage au plus près des pinces d'ancrage

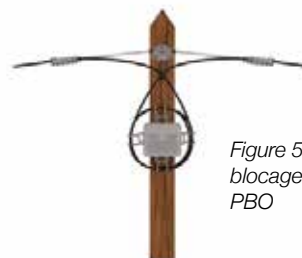
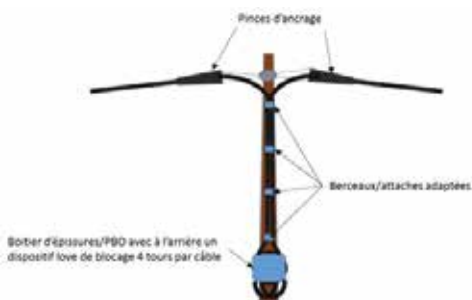


Figure 5.39 : implémentation avec love de blocage derrière le boîtier d'épissures ou PBO

Dispositifs de lovage fixe : système non réglable plutôt adapté à la réalisation de love de stockage, en cas d'utilisation comme love de blocage il est important de vérifier que le rayon minimal du love installé dans le dispositif correspondent au rayon de courbure statique minimum du câble afin d'obtenir un blocage efficace de la structure du câble.



Figure 5.40 : dispositifs de lovage fixes

Dispositifs de lovage ajustable : le réglage précis de la taille du dispositif au moment du montage du love permet d'effectuer un love de blocage efficace pour tous les diamètres de câbles de la plage du dispositif. La fixation d'un boîtier d'épissures sur le dispositif est réalisable avec une bride.



Figure 5.41 : dispositifs de lovage ajustable

5.4.3 - MISE EN ŒUVRE DES JOINTS

Tout réseau FTTH comprend divers points de flexibilité qui permettent à l'architecture adoptée de répondre au mieux au délicat compromis taux de clients adressables / répartition géographique. Ces points de flexibilité se répartissent en joints et coupleurs.

Comme décrit dans le chapitre 4, les joints sont des boîtes étanches permettant le raccordement de plusieurs câbles optiques : les boîtiers de protection d'épissures (BPE).



Figure 5.42 : joint ou protection d'épissure optique

Les coupleurs sont des éléments passifs comportant 1 entrée (le tronc) et n sorties (les branches). Ils permettent après raccordement du tronc et des sorties, d'obtenir la capillarité optique souhaitée en ingénierie. Les coupleurs utilisés dans les réseaux FTTH vont du 1 vers 2 au 1 vers 64.

L'une des conséquences du compromis ingénierie précisé ci-dessus, ce sont des contraintes de déploiement pour ces points de flexibilité. Joints et coupleurs sont ainsi amenés à être principalement déployés dans les 2 ensembles suivants :

- Chambres libres (cas de la création de génie civil) ou occupées (location) ;
- Aérien.

5.4.3.1 - DEPLOIEMENT EN GENIE CIVIL SOUTERRAIN OCCUPE

La définition du joint constitue la première étape avant déploiement. Les joints seront choisis afin de répondre aux critères suivants :

- Encombrement du joint par rapport au contenant (chambre, autre, etc.) ;
- Caractéristiques de protection du joint (étanchéité, résistance aux chocs, etc.) ;
- Dimensionnement du joint par rapport aux critères câbles entrant et sortant ;
- Configuration du joint : joint droit, division, piquage en ligne ;

- Fonctionnement de l'organiseur interne : gestion des fibres, des tubes, des coupleurs ;
- Evolutivité du joint : capacité d'extension, facilité de mise en œuvre de nouveaux câbles.

ENCOMBREMENT DU JOINT

En génie civil occupé, le critère d'encombrement est majeur. Les joints existent dans tous types de dimensions et de capacités. La capacité donnée (exprimée en nombre de fusions ou épissures mécaniques) est le premier critère de choix. A capacité équivalente, 2 joints peuvent présenter des encombrements différents.

La majorité des joints sont disposés dans une configuration épi. Dans ce schéma, les câbles entrants et sortants sont situés sur un seul côté du joint. Cela réduit la zone de lovage à un seul espace et représente un gain potentiel en encombrement par rapport à une configuration entrée / sortie opposées.

Une configuration épi peut s'allier à un positionnement du joint en vertical ou horizontal selon l'espace alloué dans le génie civil contenant.



Figure 5.43 : positionnement d'un joint dans une chambre



Figure 5.44 : installation d'un boîtier dans une chambre

Les joints de petite taille présentent plus souvent une configuration entrées / sorties opposées : cela permet d'augmenter la surface allouée aux entrées de câbles comparativement à la configuration épi. Les câbles peuvent être lovés séparément (entrée / sortie) de part et d'autre du joint ou, de manière unique autour du joint.

Le critère encombrement ne doit cependant pas altérer la flexibilité du point technique que constitue

le joint. Un emplacement pensé et étudié en phase ingénierie peut être revu en phase déploiement.

CARACTERISTIQUES DE PROTECTION DU JOINT

Les joints présentent tous une étanchéité sur le boîtier et sur les entrées de câbles. La protection générale du joint répond à une norme Européenne (NF EN 60 529) qui classe les joints. Le degré de protection IP XY présente 2 chiffres significatifs :

- X variant de 0 à 6 : indice de protection contre les corps solides ;
- Y variant de 0 à 8 : indice de protection contre la pénétration de l'eau.

Les joints posés en génie civil (chambres, égouts) présentent un indice IP68. L'étanchéité physique du boîtier est assurée lors de sa fermeture par un ou plusieurs joints recouvrant les bords. 2 systèmes de fermetures font foi :

- Fermeture sans outil : facilite l'accès et les ré-interventions sur boîtier ;
- Fermeture avec outil : sécurise l'accès au boîtier.

Les entrées de câbles doivent assurer une étanchéité parfaite : l'arrimage et la fixation des câbles optiques est définitive lors de la mise en œuvre du joint. Comme pour la fermeture du boîtier, 2 systèmes sont majoritairement utilisés : étanchéité par thermo-rétractable et étanchéité par kit mécanique.

L'étanchéité par thermo-rétractable implique l'utilisation conjointe d'une chaufferette (électrique) et d'un kit associé (aluminium de protection, gel, procédure à suivre) : le système nécessite un soin particulier pour les câbles de petit diamètre lors de la phase de chauffage. Bien réalisé, l'étanchéité est parfaite et définitive : une ré-intervention sur une entrée de câble thermo chauffée est délicate (réchauffe et pose d'un kit de ré-intervention).



Figure 5.45 : entrée de câble par thermo rétractable

L'étanchéité par kit mécanique est d'une mise en œuvre simple : l'outillage est réduit et facilite les ré-interventions éventuelles sur les entrées de câbles. Tout rajout de câble s'effectue à l'extérieur du contenant fibre diminuant ainsi tout risque de manipulation sur des fibres activées.

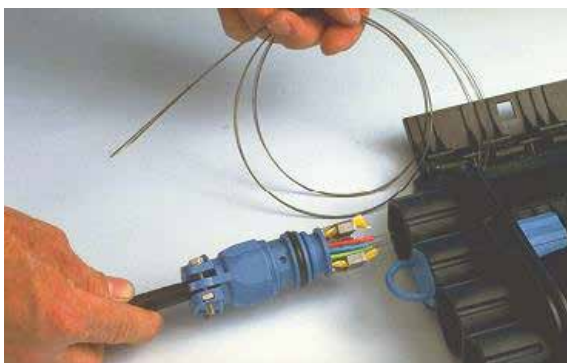


Figure 5.46 : entrée de câble par kit mécanique



Figure 5.47 : entrée de câbles multiples bloc GEL

DIMENSIONNEMENT DU JOINT

Le dimensionnement du joint se fait sur les critères suivants :

- Nombres de fusion ou de soudure à froid (épissurage mécanique) ;
- Nombre de fusion et de coupleurs optiques (par type) ;
- Nombre d'épissurages mécaniques et de coupleurs optiques (par type) ;
- Nombre de câbles entrants et sortants et diamètre maximum des câbles.

L'utilisation de connectique extérieure (disposée sur la paroi du joint) nécessite un dispositif d'étanchéité autour du connecteur et de sa liaison avec le câble de raccordement ; ce type de configuration permet

- Le raccordement de câble sans ouverture du joint et donc sans risque de perturbation des liaisons déjà installées,
- Une mise en œuvre nécessitant moins de moyens (épissurage par fusion par exemple) à mettre en œuvre et moins de temps.
- La mobilisation d'équipes moins spécialisées,
- L'utilisation de câbles pré-connectorisés au choix :
 - En usine, et donc moins de temps sur le terrain pour le raccordement, mais une organisation logistique plus rigide (stocks, temps d'approvisionnement et préparation du chantier (longueur de câble à prédéterminer),
 - Sur le chantier en utilisant les techniques nouvelles de connecteurs montés terrain et donc une organisation logistique plus souple (1 touret de câble dévidé et coupé à la demande sur le chantier, quel que soit le chantier et des kits de connecteurs standards), avec une formation simple de l'équipe d'intervention (outillages de montage pré réglés).

Selon les fabricants, un même joint peut être disponible avec les 2 versions d'entrée de câble.

C'est un compromis entre ces différents paramètres qui permet d'affiner le joint à choisir. La présence de coupleurs (FTTH PON) diminue la capacité en nombre d'épissures du joint : elle nécessite également des cassettes spécifiques avec des berceaux adaptés pour le positionnement des coupleurs.

CONFIGURATION DU JOINT

En fonction de l'architecture optique dessinée, un même joint peut être configuré selon 3 schémas types. Chacune de ces configurations est liée à un plan de fibrage adapté. La configuration adoptée, module la capacité du joint retenu.

Configuration joint droit

Les câbles entrant et sortant présentent la même capacité fibre. C'est un raccordement tube à tube. Il y a continuité de câble sur la boucle principale et correspondance entre les numéros de fibres entrantes et sortantes.

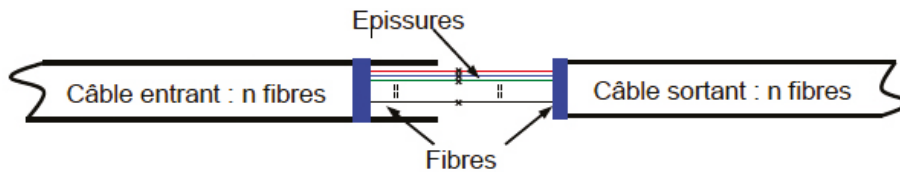


Figure 5.48: configuration joint droit

Configuration distribution

Un câble principal est divisé entre plusieurs sorties. Point de flexibilité important dans un réseau FTTH. Les capacités fibres entrantes et sortantes ne sont pas forcément égales. Les fibres non raccordées sont en attente dans le joint.

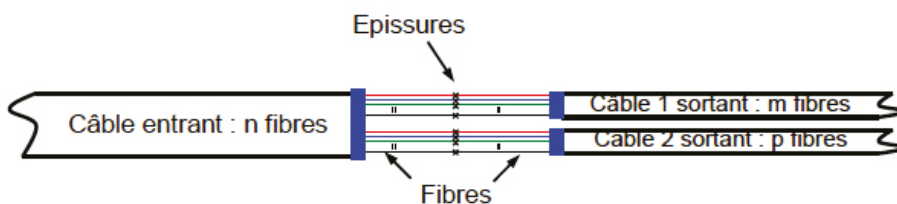


Figure 5.49 : configuration distribution

Configuration piquage en ligne

Alimentation de boucles secondaires à partir d'une boucle principale. Le câble principal peut être piqué sur plusieurs joints successifs. Raccordement des fibres piquées et lovage des fibres non déviées. Nécessite une préparation spécifique du câble principal (fenêtre).

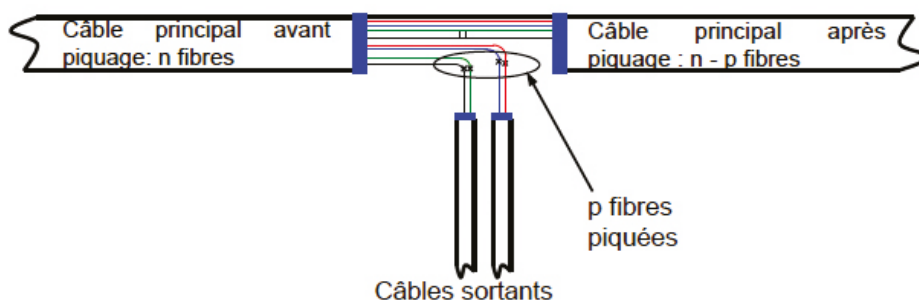


Figure 5.50 : configuration piquage en ligne

FONCTIONNEMENT DE L'ORGANISEUR INTERNE

L'organiseur interne permet :

- Le stockage des fibres et des tubes non utilisés ;
- Le raccordement des fibres par fusion ou par soudure à froid ;
- De positionner et raccorder les coupleurs optiques.

Les fonctionnalités de l'organiseur sont partiellement modulables par le choix des cassettes composant le joint. Selon le type de réseau FTTH, on associe les cassettes spécifiques correspondant à l'architecture déployée. A chaque personnalisation du joint correspond ainsi une capacité et une mise en œuvre propres.

EVOLUTIVITE DU JOINT

Un réseau FTTH est évolutif : un déploiement initial se fait rarement à dimensionnement maximal. Les interventions et possibilités d'évolution des points techniques (joints, armoires de rue, etc.) sont primordiaux.

Par ailleurs, les collectivités doivent faire le choix d'un réseau FTTH neutre au regard de la technologie utilisée (P2P, PON, etc.) : ce critère réseau FTTH ouvert entraîne une forte flexibilité / évolutivité des joints déployés.

La flexibilité du joint porte ainsi sur les points clés suivants :

- Affectation fibre à fibre sur tout couple possible câble entrant / sortant ;
- Ajout / Retrait de cassette pour augmentation capacité de raccordement ;
- Ajout / Retrait de cassette pour changement de fonctionnalité du joint (coupleur, mode d'épissurage, etc.) ;
- Ajout de câbles sur un réseau activé sans altération des câbles déployés ;
- Exploitation/Maintenance : intervention sur fibres coupées, facilité d'accès aux épissures.

5.4.3.2 - DEPLOIEMENT DES JOINTS OPTIQUES EN AERIEN

La pose en aérien des joints optiques est une alternative importante dans le cas de l'absence de Génie Civil enterré. Les joints optiques jadis spécifiques à une utilisation dédiée aérien ou chambre enterrée, présentent aujourd'hui des configurations mixtes.

Ainsi, des joints en chambre présentent des indices IP68 et sont adaptés pour une pose en façade ou sur poteau.

Les critères de choix du joint en chambre s'appliquent ici sans restriction hormis l'aspect relatif à l'entrée des câbles. Une solution entrée par bloc gel s'impose pour les manipulations sur poteau ou façade.

5.4.4 - INSTALLATION DES PBO

Le point de branchement optique (PBO) se trouve dans tous les types d'infrastructures, le plus souvent existantes : souterraines, aériennes, immeuble. Le PBO peut être utilisé en distribution (éclatement d'un câble vers plusieurs DTIO) ou en configuration de piquage (chaînage de plusieurs PBO). La mise en continuité du tronçon de distribution avec les câbles de raccordement peut se faire par épissures ou par l'utilisation de boîtiers PBO connectés. Dans ce cas, l'équipe en charge du raccordement n'a plus à intervenir sur le câble de distribution limitant les risques d'erreurs et de perturbation des usagers déjà raccordés.

Il est recommandé que les PBO soient dédiés au raccordement des câbles de branchement et qu'ils n'assurent pas d'autres fonctions. Toutefois, dans le cas d'un chaînage de PBO, l'utilisation d'un câble de distribution de faible capacité permettra de simplifier les opérations de raccordement et de limiter l'impact en cas d'incident.

En intérieur, les PBO sont installés dans la gaine technique ou en colonne montante existante.

Pour les petits immeubles, de manière identique à la desserte cuivre, les PBO sont installés en façade.

Pour les lotissements, les PBO sont installés dans des chambres souterraines.

Lorsque les branchements existants sont aériens, les PBO sont positionnés sur les appuis Télécom ou Basse Tension (bois ou béton). Il est recommandé de positionner les PBO à une hauteur comprise entre 2,00m et 2,50m.

Borne pavillonnaire : desserte des abonnés en positionnant le PBO dans des bornes pavillonnaires spécifiques.

5.4.5 - EPISSURAGE ET RE-INTERVENTION

Un réseau FTTH comporte depuis l'OLT vers l'ONT, de nombreux éléments passifs qu'il faut coupler entre eux pour assurer la continuité optique : pigtaills sur tiroir optique, câbles optiques de transport, coupleurs, tête optique dans baies outdoor, câble optique de distribution, etc.

Le mode de couplage majeur utilisé est aujourd'hui l'épissurage. L'épissurage se décomposant à nouveau en deux types :

- Epissurage par fusion ;
- Epissurage mécanique.

A ce mode de couplage, s'ajoute les solutions pré-connectorisées. Cette alternative implique la connaissance précise des mètres entre les éléments à raccorder pour la pose d'un câble optique pré-connectorisé adapté au linéaire.

5.4.5.1 EPISSURAGE PAR FUSION

La fusion consiste en l'utilisation d'un arc électrique pour le raccordement de 2 fibres nues.

Les fibres soudées par fusion sont ensuite protégées par un thermo rétractable.

Pour le FTTH, l'arrivée de fibre G657 a permis une optimisation des produits. Un déploiement FTTH peut ainsi s'effectuer sur l'utilisation de 2 types de fibres (G652 et G657). Cette mixité implique des soudeuses optiques adaptées en programme de mesure au raccordement de fibres différentes.

Les valeurs d'atténuation (insertion loss, IL en dB) données par les soudeuses sont indicatives et extrapolées à partir de mesures géométriques de désalignement des fibres après soudage et ne sont en aucun cas des valeurs mesurées d'atténuation.



Figure 5.51 : soudeuse alignement sur cœur



Figure 5.52 : soudeuse alignement sur gaine

La ré-intervention sur une fusion, est aisée sous réserve de respecter les étapes préalables d'accès au joint. Dès l'accès aux fibres soudées, l'opérateur peut casser la soudure et réitérer l'opération de fusion effectuée lors du déploiement initial.

Pour pouvoir effectuer ces opérations, une sur-longueur de fibre est laissée dans la cassette de raccordement. La sur-longueur est liée à deux besoins: permettre la réalisation d'épissures en dehors de la cassette et ré-intervenir pour des opérations de maintenance.

5.4.5.2 - EPISSURAGE MECANIQUE

L'épissure mécanique est une alternative à la fusion notamment pour la partie terminale du réseau FTTH : le raccordement de l'abonné.

Le bilan optique est étudié en amont, la perte par insertion légèrement supérieure n'est pas pénalisante. L'outillage mis en œuvre plus réduit (critère important lors d'une mise en service abonné) et moins onéreux comparativement à une fusion, explique son utilisation sur l'ONT.

La ré-intervention est là aussi aisée et présente les mêmes aspects que ceux évoqués pour la fusion (accès à l'épissure existante, nombre de ré-intervention limité par la longueur fibre disponible dans les cassettes, etc.).



Figure 5.53 : kit d'épissurage mécanique

5.4.5.3 CONNECTIQUE TERRAIN

L'utilisation de connecteurs montés terrains (y compris les versions renforcées étanches) pourrait permettre, à l'aide d'outillages simples pré réglés, d'éviter l'utilisation de câbles pré connectorisés (stocks de longueurs différentes, planification, délais) ou de pigtaills pré installés (réduction de coûts à l'installation, optimisation de l'investissement initial).

5.5 - REGLES ET TECHNIQUES DE MISE EN ŒUVRE DU RESEAU DE BRANCHEMENT

5.5.1 - LE DOMAINE D'INTERVENTION

Le réseau de branchement est la partie du câblage FTTH située entre le Point de Branchement Optique (PBO) et le Dispositif de Terminaison Intérieur Optique (DTIO). Néanmoins, le type de local à raccorder influe sur l'ensemble du câblage entre le PM et le DTIO, comme on l'a vu au § 5.1.

L'opération de raccordement est généralement effectuée lors de la souscription par l'abonné d'une offre sur fibre optique. Elle est placée sous la responsabilité de l'Opérateur Commercial (OC).

Il est à noter que certaines collectivités font le choix d'installer le tronçon de raccordement en phase de construction du réseau (transport, distribution et raccordement).

5.5.2 - LE RESEAU DE BRANCHEMENT

Le câble de branchement a généralement une capacité de 1 fibre en zone moins dense. Dans le cas d'un câble bifibre, une seule fibre est raccordée au PBO. Pour un logement, le DTIO doit être placé au plus proche de la pénétration de la fibre, idéalement dans le tableau de communication dans la gaine technique du logement. Quel que soit le mode de pose des câbles de branchement, comme pour l'ensemble de la BLOM, il sera fait usage de câbles équipés de fibres G657 avec une structure type multi-usages pouvant convenir aux différents modes de pose (extérieur/intérieur). Afin d'éviter les risques d'erreurs et de mauvaises manipulations, les fibres du micromodule affecté au PBO (distribution) seront arrêtées et rangées une à une dans les cassettes d'épissurage en vue de leur soudure sur un câble de branchement. Afin de faciliter les opérations de raccordement d'abonnés, il est nécessaire de réduire au maximum la distance PBO-DTIO/PTO. A titre d'exemple, les moyennes constatées sont les suivantes :

- 80m pour des raccordements en aérien ou en souterrain avec un maximum de 150m ;
- 15m pour le raccordement en façade avec un maximum de 30m ;
- 15 à 25 m pour un raccordement en palier.

Les différents types de raccordement sont les suivants :

- **Souterrain** : le câble de branchement est déroulé dans un fourreau d'adduction existant, le plus souvent en PVC. Dans la mesure du possible, il est recommandé de prévoir une sur-longueur (love) dont la longueur sera adaptée aux dimensions de la chambre de génie civil, afin de permettre des interventions ultérieures sur le PBO dans de bonnes conditions ;
 - **Aérien** : le câble de branchement utilise les infrastructures support aériennes existantes avec des portées allant jusqu'à 50/60 ml (utilisation d'une nacelle élévatrice). L'interdiction de love de stockage pour les PBO installés en aérien ne permet pas de réaliser des opérations de raccordement au sol. L'utilisation de boîtiers PBO connectés (connecteurs extérieurs étanches ou connecteurs intérieurs) permet de simplifier le raccordement et d'optimiser le temps d'intervention. Le câble de raccordement est alors préconnecté sur le terrain (avec une mise à la longueur sur site). Le câble peut être préparé en usine, dans ce cas, la longueur doit être étudiée bien en amont. Pour les raccordements en aérien, le câble de branchement sort du PBO par le dessous (goutte d'eau), il est fixé sur le poteau tous les 30/40 cm puis arrimé au poteau par une pince d'ancrage. A l'autre extrémité, il est arrimé à la façade du logement ;
 - **Façade** : la pose du câble de branchement (liaison PBO → point de pénétration extérieur/intérieur) se fait par fixation sur la façade en essayant au maximum de suivre le parcours du câble cuivre existant (utilisation d'une nacelle élévatrice) ;
 - **Intérieur** :
 - **Immeuble ancien** : en général l'installation du réseau de fibres à l'intérieur d'un immeuble s'effectue en deux temps : dans la colonne montante depuis le bas de l'immeuble jusqu'aux étages, puis du boîtier d'étage situé sur le palier jusqu'à la prise DTIO/PTO de l'appartement.
- Le câble peut être positionné sous fourreau, goulotte, collé ou agrafé au mur ;
- **Maison individuelle** : en général, le DTIO sera positionné dans la gaine technique du logement (GTL), par exemple dans le garage.

- **Immeuble neuf** : les infrastructures d'accueil seront réalisées jusqu'à la voie publique au point d'interfaçage des infrastructures aériennes ou souterraines qui supportent les réseaux de communications électroniques mutualisés situées sur le domaine public. La continuité de la partie horizontale vers l'immeuble sera réalisée du point d'interfaçage au point de raccordement (PR). Le PR assure l'interface entre la colonne montante et le réseau horizontal. Il héberge les connecteurs optiques installés à l'extrémité des câbles et permet des mesures entre les réseaux (verticaux et horizontaux).

5.5.3 - CABLAGE DANS LE LOGEMENT

Le câblage FTTH aboutit dans le logement. Situé généralement immédiatement derrière le mur séparant l'espace commun de l'espace privé, l'Espace Technique Electrique du Logement (EDEL) est un volume dédié aux équipements électriques et de communication électronique. Les dernières dispositions législatives rendent obligatoire le câble interne des logements neufs. Ce câblage doit pouvoir supporter la voix, la réception de la télévision y compris par satellite et les données jusqu'au moins 1 Gbit/s. Ce câblage n'est pas nécessairement en fibre optique. Dans les locaux à usage professionnel, ce câblage n'est pas obligatoire.

Les différentes composantes du câblage sont les suivantes :

- **La Gaine Technique Logement (GTL)** : elle est située dans l'EDEL. Elle accueille tous les équipements nécessaires à l'alimentation électrique du logement et le Tableau de Communication ;

- **Le tableau de communication** : il abrite les équipements actifs et passifs (cuivre et optique) nécessaires au raccordement du logement au réseau public et à la desserte propre du logement. Il accueille notamment le DTIO, dernier point du réseau FTTH ;

- **La Prise Terminale Optique (PTO)** : elle fait partie du câblage interne du logement. Dans les immeubles neufs, EDEL, GTL, Tableau de communication et DTIO sont obligatoires. Dans les immeubles anciens ces équipements n'existent généralement pas. Le DTIO n'existant pas, le câblage FTTH aboutit alors à la PTO, située (généralement) à côté du téléviseur dans le salon.

5.5.4 - L'INTERVENTION TECHNIQUE PROPREMENT DITE

Tous les équipements du câblage FTTH propre à l'immeuble seront repérés et étiquetés. Un plan de câblage, reprenant tous les équipements et indiquant clairement leur position, sera établi en deux exemplaires. Un exemplaire sera inséré dans le PR. L'autre sera remis à l'opérateur d'immeuble.

Les câbles de branchement arrivant au DTIO contiennent une seule fibre de couleur rouge. Dans le cas où le local doit être pourvu de deux DTIO, on utilisera deux accès, donc deux câbles de branchements distincts.

Les câbles de distribution seront dimensionnés pour réserver 20% de fibres pour les extensions futures.

Les PBO seront dimensionnés pour laisser des connexions disponibles pour les extensions futures. Par exemple un PBO de 12 connecteurs ne desservira que 8 DTIO.

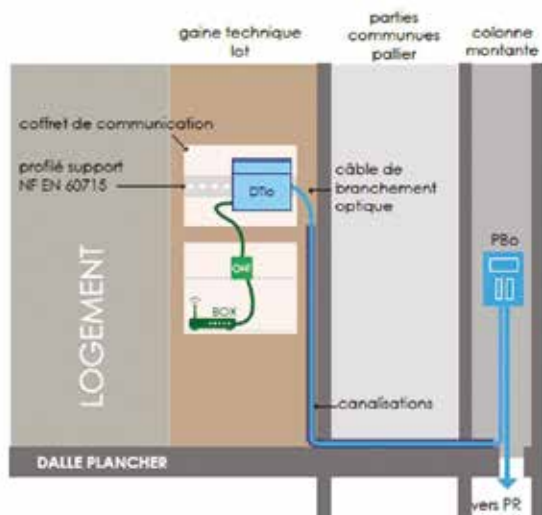


Figure 5.54 : organisation du câblage dans le logement (reproduction autorisée Objectif Fibre)

The background features a warm, bokeh-style light pattern with yellow and orange circular spots against a dark red gradient. A solid dark red horizontal band spans the middle of the image, serving as a backdrop for the text.

6 LA COUCHE OPTIQUE ACTIVE

LA COUCHE OPTIQUE ACTIVE

La couche « optique active » désigne, dans cet ouvrage, la combinaison de tous les éléments actifs qui s'appuient sur la couche optique passive pour transporter les services jusqu'aux équipements des usagers dans le réseau d'accès.

On entend par élément actif, un équipement qui contient des composants électroniques actifs qui nécessitent une alimentation électrique pour fonctionner. L'activation de type PON mettant en œuvre, pour partager le réseau, des coupleurs optiques, un paragraphe sera néanmoins consacré dans ce chapitre à ce composant passif qu'est le coupleur optique.

6.1 - INGENIERIE ET DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE OPTIQUE ACTIVE

L'ingénierie système doit tout d'abord permettre de positionner les nœuds principaux du réseau d'accès, notamment :

- les NRO qui assurent l'interface avec les réseaux de collecte et hébergent les matériels actifs de transmission du réseau de desserte ;
- les points de mutualisation (PM) qui reçoivent des matériels passifs ou actifs selon le type de système considéré ; cette seconde hypothèse s'applique aux systèmes à deux étages d'activation (AON = Active Optical Network).

L'optimisation de l'architecture système conduit à trouver le meilleur compromis technico-économique entre les éléments suivants :

- les points de mutualisation :
 - ils doivent desservir un nombre suffisant de prises pour bénéficier d'une souplesse réelle dans le brassage des fibres,
 - ils ne doivent pas desservir des zones trop étendues, de façon à limiter les longueurs de fibres, puisque cette partie du réseau est toujours une étoile.
- la localisation des NRO est liée aux paramètres suivants :
 - l'interconnexion avec les réseaux de collecte ;
 - les performances des liaisons en termes de bilan optique, ce qui se traduit par une distance typique entre un NRO et les terminaisons qu'il dessert ;
 - le nombre de fibres optiques qui doivent être regroupées et brassées dans le même local.

Deux stratégies peuvent être considérées :

- d'un côté, on peut chercher à réduire le nombre de NRO, notamment en raison de la difficulté à trouver les emplacements pour positionner ces locaux, surtout en zone urbaine ; néanmoins, cette approche atteint ses limites dès que la zone à desservir conduit à des longueurs de liaisons non compatibles avec le choix système ;
- au contraire, on peut chercher à réduire la taille des zones d'action des NRO, ce qui réduit le coût de construction du réseau de desserte ; néanmoins, cela conduit d'une part à augmenter leur nombre et d'autre part à reporter les problèmes sur le réseau de collecte qui deviendra ainsi plus coûteux.

L'ingénierie de déploiement du réseau passif doit permettre de faciliter le phasage de mise en place des équipements puisque tous les logements/entreprises ne demanderont pas à être raccordés en même temps.

Elle doit garantir la neutralité du réseau vis-à-vis du choix des opérateurs.

6.2 - TECHNOLOGIES ET COMPOSANTS DE LA COUCHE OPTIQUE ACTIVE

6.2.1 - LES ARCHITECTURES ETHERNET POINT-A-POINT

L'architecture **Point à Point (P2P)** est la topologie de réseau la plus simple. Elle attribue un port sur un équipement de distribution et une fibre dédiée sur la totalité du parcours. A chaque raccordement d'utilisateur correspond une connexion distincte sur un équipement actif situé en amont, en général au NRO (Nœud de Raccordement Optique), parfois au PM (point de mutualisation), actif dans ce cas.

En France, cette architecture est déployée surtout pour le raccordement des entreprises. Elle permet de garantir un débit constant, mais nécessite un dimensionnement plus important des artères optiques et des surfaces plus grandes dans les sites d'hébergement des équipements.

Les flux d'informations s'appuient sur le protocole Ethernet selon la famille de normes IEEE 802.3 et les équipements d'extrémité sont le plus souvent du type Fast Ethernet (100Mbit/s). Un accroissement du débit (par exemple à 1 Gbit/s), impose le changement des équipements, mais le support reste le même. En effet, la simplicité de l'architecture

autorise une personnalisation simple et complète des débits et services apportés à chaque utilisateur, qui dispose d'un support d'accès non partagé jusqu'à l'équipement de collecte.

Les solutions de transmission issues des normes se déclinent en plusieurs versions selon le type de fibre, la longueur d'ondes et le débit (100Mbit/s et 1Gbit/s). Les réseaux évoluent de plus en plus, des standards 100Base-BX (débit 100Mbit/s, portée de 10 à 30 km) vers 1000Base-BX (débit 1Gbit/s, portée de 10 à 40 km) qui permettent le transport Ethernet sur une seule fibre monomode. Ce transport est réalisé par l'utilisation en émission et en réception de deux longueurs d'ondes différentes 1310nm (voie montante – U) et 1550nm (voie descendante – D) en Fast Ethernet ou 1310nm (U) et 1490 nm (D) en Gigabit Ethernet. La généralisation des modules SFP permet de dissocier la portée de la norme initiale : ainsi, pour la norme 1000Base-BX par exemple, on trouvera des modules de portée 10, 20 ou 40km. L'aspect coût intervient bien sûr dans ces choix : les liens 100 Mbit/s restent les moins chers mais la différence de coût avec les liens Gbit/s s'est considérablement réduite ces dernières années, d'où la popularité croissante de cette classe de débit dans le réseau d'accès. Le débit de 10 Gbit/s est, quant à lui, pour l'instant réservé aux liens de collecte.

Pour ce qui concerne les équipements, on retrouve côté NRO des commutateurs Ethernet à sortie optique. Côté abonné, les modules d'abonné sont souvent appelés CPE (Customer Premises Equipment). Il s'agit selon le cas d'un convertisseur de média, si un seul fournisseur d'accès est prévu, ou d'un commutateur, si le réseau doit pouvoir supporter plusieurs opérateurs indépendants. En effet, la mise en place d'un commutateur au niveau de l'abonné peut permettre un partage de flux au niveau 2 de l'Ethernet autorisant une mutualisation de l'accès entre plusieurs opérateurs de services indépendants.



Figure 6.1 : CPE susceptible de supporter quatre opérateurs de services indépendants

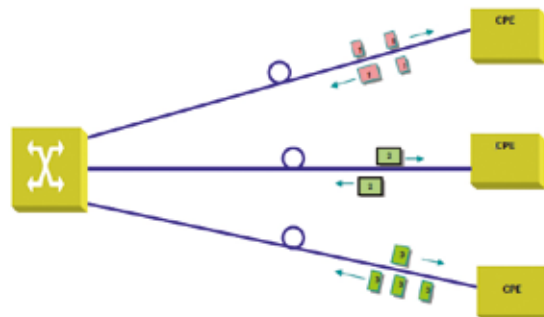


Figure 6.2 : schéma d'une chaîne de liaison Ethernet point à point

6.2.2 - LES ARCHITECTURES PON

Par rapport aux architectures point à point, les architectures **Point à multipoint (Passive Optical Networks, PON)** présentent l'avantage de partager certains équipements et une partie des liaisons filaires entre plusieurs abonnés, réduisant d'autant le coût de construction initial ; de plus, les conditions d'exploitation/maintenance s'en trouvent améliorées, réduisant ainsi les coûts de fonctionnement.

6.2.2.1 - LES DIFFERENTES ARCHITECTURES PON ACTUELLES

Depuis plusieurs années, plusieurs versions de PON se sont succédées, liées à l'évolution des technologies et à l'origine des promoteurs :

- les systèmes précurseurs des années 90 étaient fondés sur du multiplexage fréquentiel ;
- depuis 2010, les systèmes déployés sont basés essentiellement sur un multiplexage temporel (TDM-PON) :
 - la norme BPON (FSAN de l'ITU-T), promue par le monde des télécommunications, fondée sur le protocole ATM, tend à disparaître ;
 - la norme EPON et son évolution 10G EPON (IEEE) découlent de l'environnement Ethernet, elles sont surtout déployées en Asie (Japon) ;
 - la norme GPON (ITU G.894.1-4) tend à concilier les deux approches. C'est la technologie majoritairement utilisée pour le PON en Europe, principalement dans l'approche Ethernet.

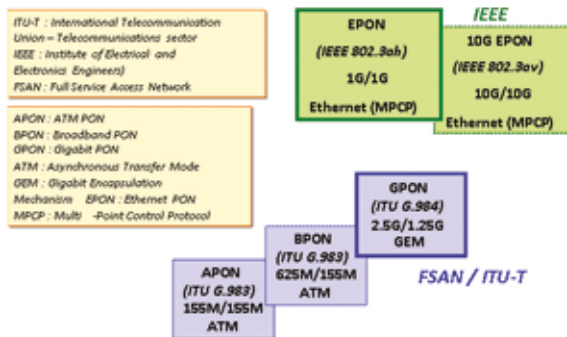


Tableau 6.1 : évolution des normes PON

Les normes relatives aux systèmes PON (GPON et EPON) définissent des paramètres génériques de conception système :

- les débits en voie descendante et remontante :
 - jusqu'à 2,488 Gbit/s symétriques pour le GPON. Néanmoins, les déploiements réels se limitent toujours à 1,244 Gbit/s en voie remontante ;
 - 1 Gbit/s symétrique pour l'EPON ;
- le taux maximum de couplage optique (nombre de terminaisons sur un même PON) :
 - la norme GPON permet un taux de 1:128, utilisé dans les grandes agglomérations ; lorsque les distances s'allongent, les déploiements actuels s'effectuent encore majoritairement avec un taux ne dépassant pas 1:64 ;
 - de façon similaire, les déploiements EPON se font avec des taux de couplage type de 1:32 ;
- les longueurs d'ondes sont spécifiées comme suit : 1490 nm en voie descendante et 1310 nm en voie remontante pour le transport de données (data, VoIP, VideolP) ;
- une longueur d'ondes supplémentaire (à 1550 nm) en voie descendante est réservée à l'introduction éventuelle d'une diffusion RF de la TV en overlay.

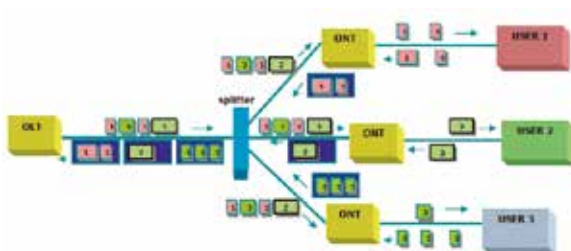


Figure 6.3 : schéma d'une chaîne de liaison GPON

Au plan fonctionnel, la bande passante d'un réseau PON est partagée entre les différents utilisateurs. Le PON procède à une première agrégation des données sous forme optique. Ceci permet de réduire le nombre de fibres et la consommation électrique au niveau du NRO.

Un réseau PON comporte un nœud de distribution central, sur lequel sont connectées des sources multiples de services (vidéo, Internet et téléphonie classique). Ce nœud, localisé au NRO, est interconnecté, via la fibre optique, aux utilisateurs finals.

Hors TV en overlay, le PON est constitué de trois composants : l'OLT « Optical Line Terminal » ou « Terminaison de Ligne Optique », des « splitters » ou coupleurs/découpleurs optiques et des ONT « Optical Network Termination » ou « Terminaison de Réseau Optique » (aussi appelés CPE).

Du NRO vers l'abonné, la transmission est dite large bande puisque l'information est envoyée à tous les abonnés. Afin d'assurer la confidentialité de l'information, les données sont isolées par un cryptage spécifique à chaque ONT. Dans le sens remontant, la bande passante est partagée entre les utilisateurs grâce à un multiplexage temporel ; chaque ONT émet un signal à tour de rôle.

6.2.2.2 - LES PROCHAINES GENERATIONS DE RESEAUX PON

Les versions actuellement déployées (EPON et GPON) offrent des débits de l'ordre du gigabit par seconde. L'ITU et l'IEEE ont déjà travaillé et abouti sur des standards pour les PON de prochaines générations avec des débits supérieurs.

LES NOUVEAUX STANDARDS IEEE

L'IEEE a ratifié en Septembre 2009 le standard IEEE 802.3av sous le nom 10G EPON (10G Ethernet Passive Optical Network) avec les caractéristiques suivantes :

- Il y a 2 options possibles pour les débits en voie descendante et remontante (débits symétriques et débits asymétriques)
 - Symétrique : 10,3Gbit/s (en voie descendante et remontante)
 - Asymétrique : 10,3Gbit/s (voie descendante) et 1,25Gbit/s (voie remontante)
- les longueurs d'ondes EPON sont spécifiées comme suit :

- EPON (1G symétrique) : 1260-1360nm en voie remontante et 1480-1500nm en voie descendante
- 10GEPON : 1575-1580 nm en voie descendante et 1260-1280 nm en voie remontante
- Ces longueurs d'ondes sont compatibles avec les longueurs d'ondes utilisé pour la transmission de signaux RF (RF overlay / RFoG) qui fonctionnent dans la bande 1610nm et/ou pour les mesures de réflectométrie (OTDR) et de supervision des réseaux à 1625nm.
- Budget de puissance PRX : la norme IEEE prévoit aussi plusieurs types de puissances optiques permettant de couvrir des distances plus ou moins longues PRX 10 à PRX40 selon les débits utilisés (norme amendée en 2013 dans l'IEEE 802.3bk-2013).
- Compatibilité avec les réseaux EPON déjà déployés : le 10G EPON est utilisé en par l'opérateur Free qui a lancé un programme de déploiement en Zone Moins Dense dans plusieurs agglomérations de grandes villes en France depuis début 2015.

Les évolutions vers les plus hauts débits 25G, 50G, 100G sont en cours de normalisation au sein du IEEE "P802.3ca 100G EPON" ; les prochaines discussions et accords de normalisation étaient prévus dans le courant du 1^{er} trimestre de 2017.

LES NOUVEAUX STANDARDS ITU

L'ITU a ratifié le standard XGPON1 (G.984.x), communément appelé 10GPON, en juin 2010, avec les caractéristiques suivantes :

- les débits en voie descendante et remontante : 10 Gbit/s pour la voie descendante et 2,5 Gbit/s pour la voie montante ;
- les longueurs d'ondes sont spécifiées comme suit : 1577 nm en voie descendante et 1270 nm en voie remontante ;
- Compatibilité totale avec les réseaux GPON déjà déployés.

Toutefois, faute de débouchés commerciaux, il ne devrait pas y avoir de déploiements XGPON1.

L'ITU a ensuite ratifié le standard XGPON2 (G.987.x). Plusieurs technologies ont été considérées dans ce standard. Au final, c'est le choix du TWDM-PON qui a été retenu avec les caractéristiques suivantes :

- TWDM-PON consiste dans le multiplexage en longueur d'ondes de 4 canaux à 10Gbit/s

- Les débits en voie descendante et remontante : comme pour le XGPON1, 10Gbit/s et 2,5Gbit/s ou 10Gbit/s symétrique

- Longueurs d'ondes : autour de 1600nm en voie descendante et de 1230nm en voie remontante

Le standard inclut également une alternative point-à-point.

L'ITU a finalement ratifié en 2016 le standard XGSPON (G.9807.1), qui pourrait voir les premiers débouchés commerciaux assez rapidement :

- Débit symétrique 10Gbit/s dans les 2 sens
- Utilisation des standards XGPON1/10G EPON pour la couche physique
- Utilisation des standards XGPON2 pour les couches protocole.
- Compatibilité avec les réseaux GPON déjà déployés.

6.2.3 - LES RESEAUX A DEUX ETAGES D'ACTIVATION (AON)

Alternativement au réseau partagé de façon passive, en fonction de compromis économiques liés à la densité des territoires à couvrir, le choix peut se porter sur une activation point à point à double étage, ce qui revient à cascader les commutateurs Ethernet décrits dans la section "Point à point" pour éviter ainsi la pose coûteuse de câbles optiques de grandes capacités sur de longues distances. Cette architecture présente l'avantage, pour un réseau rural, de limiter le nombre de fibres en amont tout en s'affranchissant des problèmes de budget optique et des disparités de distances abonné-NRO. C'est cette architecture qui a été choisie pour le réseau d'initiative publique à vocation rurale de l'Ain. Elle est aussi mise en œuvre pour des réseaux à vocation de raccordement des entreprises. Souvent, pour fiabiliser ce réseau, on préférera une architecture en boucles auto-cicatrisantes plutôt qu'en étoile pour relier les points de mutualisation actifs.

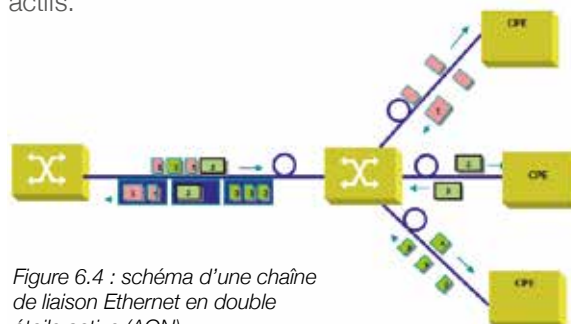


Figure 6.4 : schéma d'une chaîne de liaison Ethernet en double étoile active (AON)



Figure 6.5 : exemple de NRO AON

6.2.4 - LES RESEAUX RFOG

En alternative aux réseaux haut et très haut débit xDSL et GPON des opérateurs télécoms, les câblo-opérateurs ont développé des solutions valorisant leurs solutions DOCSIS. Si les architectures HFC et FTTLA, utilisant la partie terminale de câble coaxial s'apparentent au xDSL de la paire téléphonique, la fibre jusqu'à l'abonné pour les réseaux câblés s'appelle RFOG (Radio Frequency over Glass). Cette technologie, qui répond à la norme SCTE 174, est destinée à fournir des services triple-play à très haut débit avec un taux de partage (coupleurs) de 32 pour une portée de 20km. Ces caractéristiques, liées à des longueurs d'ondes différentes (1550 nm en voie descendante et 1610 nm en voie remontante comme alternative au 1310nm), permettent de mettre en place la technologie RFOG sur les mêmes réseaux partagés que le PON.

6.2.5 - LES COMPOSANTS DES RESEAUX FTTH/PON

Les réseaux FTTH/PON comportent deux composants actifs :

- l'OLT « Optical Line Terminal » ou « Termination de Ligne Optique », localisé au NRO (dans le cas d'une architecture point à point, l'équivalent de l'OLT est un switch ou un routeur) ;
- l'ONT « Optical Network Termination » ou « Termination de Réseau Optique », situé chez l'abonné (dans le cas d'une architecture point à point, le CPE correspondant est un simple convertisseur de media ou un commutateur dans le cas d'un réseau neutre activé multi-opérateurs).

Le PON intègre un troisième composant qui est passif : le « splitter » ou coupleur/découpleur, situé au NRO et/ou au point de mutualisation, qui permet d'effectuer le partage entre les abonnés.

6.2.5.1 - MECANISMES SPECIFIQUES AU GPON

Le caractère multipoint et donc partagé des réseaux GPON nécessite la mise en œuvre d'un certain nombre de mécanismes spécifiques parmi lesquels on peut citer :

- Le ranging ;
- L'identification des ONT ;
- L'allocation dynamique de bande passante.

Le ranging :

Les ONT étant à des distances variables du NRO, l'OLT met en œuvre le mécanisme dit de « ranging » qui permet de compenser les différences de temps de propagation. Les distances ONT-OLT sont mesurées et chaque ONT se voit affecté d'un retard à l'émission proportionnel à la différence de distance avec l'ONT le plus éloigné. Ainsi, tous les ONT se trouvent-ils artificiellement placés à la même distance du NRO.

L'identification des ONT :

Dans la phase initiale, l'OLT affecte à chaque ONT un ensemble d'identificateurs qui permettront d'identifier l'ONT ainsi que la connexion logique qui sera activée.

Dans le sens descendant, les trames sont diffusées de l'OLT vers tous les ONT. Chaque ONT identifie celles qui lui sont destinées grâce à un identificateur (GEM Port-Id) qui caractérise la connexion logique.

L'allocation dynamique de bande passante :

Dans le sens montant, chaque ONT envoie des trames dans un intervalle de temps que lui alloue l'OLT en fonction du service demandé. Cette affectation de capacité s'effectue via un protocole spécifique mis en œuvre entre l'OLT et les ONT : le protocole DBA (Dynamic Bandwidth Allocation).

6.2.5.2 - L'OLT (OPTICAL LINE TERMINATION)

L'OLT est installé dans le NRO. C'est un équipement actif qui transforme le signal électrique venant du réseau de l'opérateur, en signal optique en direction des ONT usagers. Il inclut :

- la gestion du protocole point à multipoint ;
- les fonctions d'authentification des ONT et des usagers du PON ;

- la gestion de la qualité par l'allocation dynamique de la bande passante disponible (Dynamic Bandwidth Allocation) ;
- la gestion de la classe de service ;
- la gestion du niveau de service (Service Level Agreement) ;
- la gestion de fonctions de partage actif tel que VLAN ;
- la fonction de proxy IGMP dans le cas de diffusion vidéo sur IP en multicast.

Un OLT est généralement un châssis rackable 19" (ETSI pour les châssis de plus grande capacité) dans lequel sont insérées des cartes d'interfaces permettant de connecter, d'une part le réseau cœur de l'opérateur côté amont, d'autre part le réseau d'accès fibres en direction des abonnés, côté aval.



Figure 6.6 : exemple d'OLT industriel

Ce châssis est généralement redondé afin de se prémunir d'éventuelles pannes électriques.

Il permet d'intégrer des cartes d'accès qui peuvent être insérées au fur et à mesure des besoins. Chacune d'entre elles permet de connecter une ou plusieurs grappes d'utilisateurs (point à point ou PON, la majorité des OLT permettant de disposer des 2 technologies simultanément).

Une carte contrôleur intégrée dans l'équipement permet de configurer les cartes d'interface et de gérer le protocole SNMP qui est utilisé pour interroger ou modifier les paramètres relatifs aux cartes d'interface et aux ONT. Cette carte peut être redondée.

Certains châssis possèdent une fonction de commutation (switch) interne qui permet d'exécuter une première agrégation du débit (pour les châssis existants cette fonction suppose généralement un niveau de contention non nul).

Nombre de cartes d'accès	Nombre de PON par carte	Nombre de Clients par PON	Nombre d'abonnés potentiels
Entre 1 à 16	8 ou 16	jusqu'à 128	jusqu'à 32 000

Tableau 6.2 : caractéristiques GPON type d'un OLT industriel

6.2.5.3 - LES COUPLEURS OPTIQUES (SPECIFIQUES AU PON)

Les coupleurs sont des éléments passifs qui permettent de partager le signal optique vers n ONT dans le sens descendant et d'agréger n signaux optiques en un seul signal dans le sens montant. La valeur de n peut varier de 2 à 64 dans un réseau PON. Une configuration classique est d'utiliser deux niveaux de coupleurs 1 vers 4 ou 1 vers 8 ; c'est-à-dire que le signal est divisé deux fois en 4 ou 8 branches. Des versions 2xn permettent la surveillance du réseau sur une longueur d'ondes spécifique, sans perturbation du signal transmis.



Figure 6.7 : coupleur 1x32 « nu » et coupleur 1x16 « pré-connectorisé »



Figure 6.8 : coupleur 1x32 en boîtier avec gaine 2mm

Ces coupleurs sont installés dans le réseau d'accès, au NRO ou au niveau des PM (Points de Mutualisation). Le choix et la qualité du coupleur sont essentiels car leur fiabilité à long terme et leurs pertes d'insertion engendrées ont des répercussions importantes sur le réseau. Ils répondent d'ailleurs à des normes telles que Telcordia GR 1209 et GR1221.

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. Elle repose sur la création de guides d'ondes par photo-lithographie (procédé similaire à celui utilisé pour la création de circuits intégrés). Elle permet d'obtenir des composants avec une meilleure uniformité entre les branches et dans un tout petit volume. Par ailleurs les longueurs d'ondes de transmission sur les réseaux FttH étant, pour un réseau G-PON, 1310 nm pour le sens montant et 1490 nm pour le sens descendant, il est donc indispensable d'utiliser sur le réseau ce type de coupleurs PLC qui offre une large plage de fonctionnement en longueur d'ondes associée à un encombrement mécanique très réduit.

Les caractéristiques standard des coupleurs PLC (sans connecteur) sont résumées sur le tableau 6.3.

Rapport Couplage (1xN ou 2xN)	Perte Insertion Max. à 1310 et 1550 nm (dB)	Uniformité Max. (dB)	Réflectance Min. (dB)	Directivité Min. (dB)
1x2	4,0	0,6	-55	-55
1x4	7,4	0,6	-55	-55
1x8	10,7	0,8	-55	-55
1x16	13,7	1,2	-55	-55
1x32	16,9	1,7	-55	-55
1x64	21,0	2,5	-55	-55

Tableau 6.3 : caractéristiques standards des coupleurs PLC

Les entrées et sorties des coupleurs peuvent être en fibre nue (250 µm) ou préconnectorisées en fibre 900 µm par une connectique de type SC ou LC.

6.2.5.4 - L'ONT (OPTICAL NETWORK TERMINATION) OU CPE (CUSTOMER PREMISES EQUIPMENT)

L'ONT est l'équipement actif installé chez l'abonné qui permet de transformer le signal optique venant de l'OLT en signal électrique. Une « box » pourra lui être connectée pour la livraison des services triple-play si cette fonction n'est pas directement intégrée dans l'ONT. Il réalise les fonctions relatives à la qualité de service (QoS), en liaison avec l'OLT. Dans le cas où ce boîtier doit servir une fonction vitale (alarme, numéro d'urgence), son alimentation électrique doit être secourue.



Figure 6.9 : exemples d'ONT industriels

Ce boîtier peut posséder :

- un ou plusieurs connecteurs RJ45 (typiquement 1 à 4 pour des utilisateurs résidentiels) ;
- une connexion WiFi ;
- un ou plus typiquement deux connecteurs RJ11 pour le téléphone analogique ;
- un connecteur coaxial pour la télévision.

La mise en œuvre de ces composants dans les différents nœuds du réseau est décrite au § 4.3.5.

Dans certains cas, ces fonctionnalités sont éclatées entre plusieurs boîtiers :

- ONT délivrant une ou plusieurs liaisons Ethernet ;
- « Home Gateway » ou « Passerelle Résidentielle » fournissant les prises RJ45, WiFi, CPL et Téléphone ;
- « ONT vidéo » assurant la fourniture des vidéos en mode de diffusion large bande au poste de télévision.

6.3 - ARCHITECTURES ET DIMENSIONNEMENT

6.3.1 - LES ARCHITECTURES ETHERNET POINT-A-POINT

Cette architecture est déployée surtout pour le raccordement Très Haut Débit des entreprises. Bien appropriée pour une activation neutre multiservices multi-opérateurs, elle permet une gestion personnalisée de chaque accès et, par ailleurs, l'adjonction de nouveaux services (deuxième opérateur, connexion à un datacenter de proximité, ...) est facilitée. Elle est déployée en Scandinavie, aux Pays-Bas, en Suisse et en Russie essentiellement, où la distinction est la plus franche entre opérateurs d'infrastructure et de services. Elle permet, en s'appuyant sur la gestion des VLAN, de réaliser aisément des réseaux neutres activés.

Simple du point de vue du déploiement et de l'exploitation, elle s'inspire fortement de l'expérience accumulée sur les réseaux locaux (LAN) et s'appuie sur les volumes d'équipements associés pour réduire les coûts. En effet, elle met en œuvre des composants optoélectroniques peu sophistiqués,

contrôlés par une électronique nécessitant une couche de gestion minimale.

La seule limitation à cette solution réside dans le dimensionnement du NRO et des câbles qui

en sortent. En effet, le raccordement unitaire de chaque abonné à l'équipement actif augmente sensiblement la place requise, le nombre de fourreaux et les besoins en refroidissement.

6.3.2 LES ARCHITECTURES PON

Cette architecture présente l'avantage de partager une fibre issue du NRO entre plusieurs abonnés, typiquement 64. Elle présente le même avantage que l'AON en terme de réduction du nombre de

fibres tout en ne nécessitant pas d'équipement actif dans le réseau d'accès, avec cependant des restrictions sur les distances maximales (<20km).

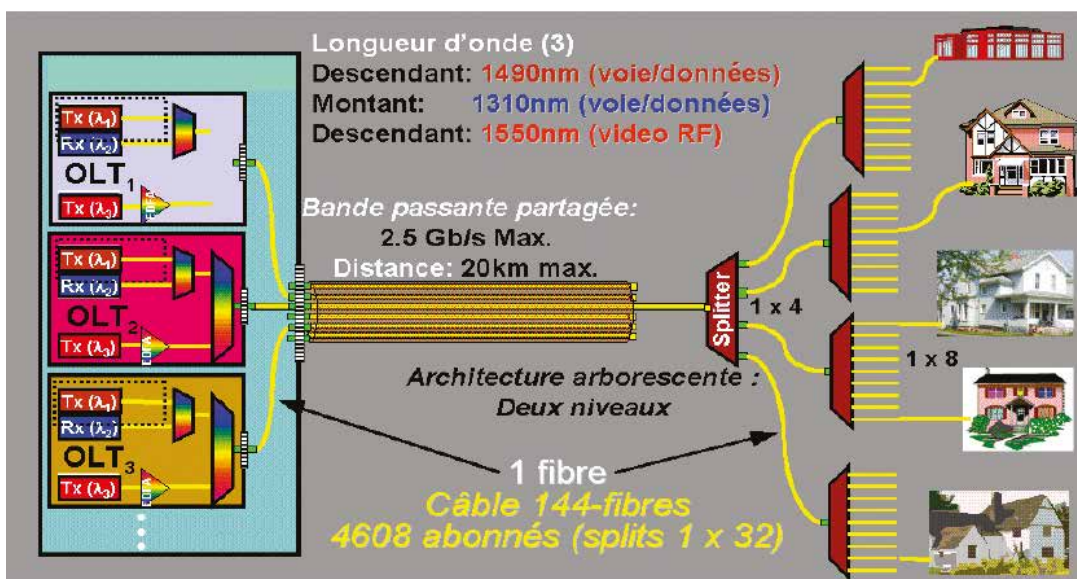


Figure 6.10 : chaîne de liaison type d'une architecture PON

Pour illustrer le gain obtenu entre une architecture point à point et une architecture PON, prenons le cas d'un réseau utilisé simultanément par quatre opérateurs, avec un NRO dimensionné pour 1000 abonnés. Le nombre de fibres sur les câbles de la section « Transport » requis dans le cas du point à point est de 1000, soit un groupe de câbles de capacité de 1024 Fibres, quand il est de 36

à 40 dans le cas du PON (cas par exemple d'un couplage de 32), soit au final un câble de seulement 48 fibres. On obtient donc un résultat permettant de diminuer le nombre de fibres par un facteur 22. Les détails du calcul dans le cas du PON avec un couplage de 32 sont illustrés dans le tableau suivant, établi dans le cas d'une répartition de 1000 abonnés entre 4 opérateurs :

	Opérateur A	Opérateur B	Opérateur C	Opérateur D
	400 abonnés	300 abonnés	200 abonnés	100 abonnés
Nombre de branches de PON	400/32=12,5	300/32=9,375	200/32=6,25	100/32=3,125
Majorant nombre de branches	15	11	8	4
Nombre de fibres dans la partie transport	38 fibres, dimensionnées à 48 pour garantir une marge d'évolutivité			
Facteur de gain par rapport au P2P	1024 / 48 soit environ 22			

Tableau 6.4 : modélisation des besoins en fibres de transport dans le cas de systèmes PON

Les données ci-dessous correspondent à des valeurs typiques, obtenues avec les matériels du marché habituellement installés.

	Point à Point	Double étoile active	PON
Distance (km)	30	30 par segment	20
Fibre	1 fibre par abonné de bout en bout	1 fibre par abonné en partie distribution et raccordement 1 fibre pour n abonnés dans la partie transport	1 fibre par abonné en partie distribution et raccordement 1 fibre pour n abonnés dans la partie transport
Energie	2 watt / abonné Dissipé au NRO	Alimentation dans la partie accès 2 watt / abonné - Dissipé au NF	0,4 watt / abonné Dissipé au NRO
Débit maximum	100Mbit/s ou 1Gbit/s symétriques selon connexion*	100Mbits/s ou 1Gbit/s symétriques selon connexion*	Jusqu'à 2,5Gbit/s en descendant et 1Gbit/s en montant*
Dégrouper	Actif et passif au NRO ou PM	au NRO ou au PM	Actif et passif au NRO ou PM
Equipement Actif dans le réseau de desserte	Non	Oui	Non
Place occupée	1U pour 24 à 48 abonnés	1U pour 24 à 48 abonnés	4U pour 512 à 2304 abonnés

Tableau 6.5 : caractéristiques comparées des systèmes P2P, AON et PON

(*) Ces performances ne seront pas forcément disponibles immédiatement chez l'utilisateur car elles dépendront du taux de contention, de la bande passante disponible chez le fournisseur, du débit réservé pour le service d'IPTV et de la performance des équipements d'agrégation (commutateurs/routeurs).

6.3.3 - LES ARCHITECTURES A DEUX ETAGES D'ACTIVATION

Cette architecture AON est un cas particulier de l'architecture Ethernet point à point qui consiste à introduire un commutateur Ethernet intermédiaire pour partager la fibre en amont de l'abonné.

Dans cette architecture, si la partie terminale est bien en point à point, on a créé en amont un réseau intermédiaire (initialement en étoile mais maintenant le plus souvent en boucle pour le sécuriser) pour à la fois économiser des fibres et augmenter les portées. Cette architecture est très souple puisqu'elle permet de construire les différentes branches du réseau en fonction des besoins de chaque zone. Elle demande cependant de gérer un plus grand nombre de sites actifs. On peut envisager de la combiner à la précédente pour doter certains accès clients d'un débit supérieur (par exemple Gigabit Ethernet pour une entreprise), qui sera dans ce cas acheminé directement en point à point depuis la première étoile active.

Dans cette configuration, un facteur important de dimensionnement est la capacité de dissipation thermique du contenant. Ce point peut devenir critique dans le cas d'utilisation d'armoires de rue non réfrigérées.

6.3.4 - LES ARCHITECTURES RFOG

L'architecture RFOG est, comme pour le PON, une architecture en réseau partagé 1x32, compatible avec les réseaux PON à deux étages de couplage. La spécificité du codage DOCSIS impose la mise en place d'OLT (CMTS) et ONT particuliers et interdit de fait le partage d'une même activation entre plusieurs opérateurs.

Des extensions de portée peuvent être envisagées pour les zones moins denses (70 km) en installant dans un PM actif intermédiaire un amplificateur optique pour la voie descendante et un répéteur/concentrateur de voie remontante.

6.4 - REGLES ET TECHNIQUES DE MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE OPTIQUE ACTIVE

Si l'architecture point à point conduit à des conditions de déploiement simples, dans le cas des systèmes où certains équipements sont partagés (PON, AON ou RFOG), il convient de rechercher les méthodes permettant de minimiser les coûts de premier investissement. On prendra ci-après l'exemple des architectures PON :

- la montée en charge des débits nécessaires sur chaque PON s'étalera sur plusieurs années, permettant ainsi de réaliser une mise en service progressive du système ;

- les fibres qui devront être activées pourront être brassées au niveau des points de flexibilité (OLT ou coupleur/splitter) de façon à charger les OLT qui auront été activés initialement avant de mettre en service de nouveaux OLT ;
- le positionnement des coupleurs optiques dans le réseau passif est très important :
 - même si les coupleurs optiques peuvent être installés en cascade (par exemple 1:2 suivi de 1:32), il est souhaitable de réduire le nombre de points de flexibilité sur l'ensemble d'un territoire de façon à simplifier la maintenance du réseau ;
- par la suite, on prendra l'hypothèse qu'un seul niveau de couplage est prévu ;
 - le cas échéant, ces baies de brassage/ couplage peuvent être installées à proximité immédiate des OLT.

Ce dimensionnement, qui conduit à quantifier le nombre de PON nécessaires pour desservir une zone donnée, découle de l'optimisation autour de 2 paramètres :

- la somme des débits individuels des abonnés ne doit pas dépasser le débit maximum du PON (1 ou 2,5 Gbit/s ou 10Gb/s). Ce paramètre doit également prendre en compte le taux de contention retenu par l'opérateur en fonction de ses critères de garantie de débit ;
- le nombre de clients servis par le même OLT ne peut pas dépasser 64 (128 théorique) ; néanmoins, ce taux varie également avec la distance entre la zone à desservir et le NRO de rattachement.

Enfin, l'optimisation devra conduire au meilleur compromis entre le nombre de NRO de rattachement, qui ne doit pas être trop élevé pour simplifier l'exploitation et la maintenance, et les longueurs moyennes des PON qui déterminent directement le coût du génie civil.

Le nombre de points de couplage en cascade sur un même PON n'est pas nécessairement limité à un. Dans la pratique, on retrouve souvent un premier niveau de couplage 1:2 à proximité de l'OLT et ensuite un couplage 1:32 au PM.

6.4.1 - PRINCIPES D'ACTIVATION PROGRESSIVE

L'ensemble de ces systèmes doit permettre le raccordement des utilisateurs au fur et à mesure de la montée en charge du réseau.

Pour les systèmes « point à point », la mise en œuvre est particulièrement simple puisque les équipements optoélectroniques d'extrémité peuvent n'être installés qu'en fonction des besoins de raccordement. Néanmoins, les châssis devant accueillir les modules individuels devront être installés ou prévus dès le premier déploiement du réseau.

Dans le cas d'un PON, la progressivité du raccordement des clients met à profit l'existence d'un point de mutualisation qui dessert une zone donnée ; en effet, comme celui-ci héberge plusieurs coupleurs optiques associés à plusieurs PON, on peut réaliser une activation progressive du réseau selon le principe suivant :

- le raccordement des premiers clients s'effectue sur le premier PON par l'intermédiaire de jarretières optiques individuelles entre le répartiteur d'entrée (côté coupleurs) et le répartiteur de sortie (côté ONT) ;
- dès que le premier PON a atteint la saturation par le débit total ou par le nombre de clients, on poursuit le raccordement en activant le deuxième PON au niveau de l'OLT ;
- le même processus s'applique par la suite jusqu'à couverture de la zone.

Cette notion de point de flexibilité dans le réseau d'accès est tout à fait primordiale pour faciliter l'exploitation du réseau. Le dimensionnement des infrastructures doit satisfaire les critères suivants :

- critères fonctionnels :
 - en cas de paliers, l'architecture devra autoriser l'évolution des solutions mises en œuvre en intervenant sur une des couches sans remettre en cause les couches inférieures ;
 - les différents nœuds constituant le graphe du réseau devront pouvoir héberger des équipements actifs ou passifs selon le palier considéré, impliquant éventuellement un point énergie.

- critères opérationnels :
 - pour les projets portés par les collectivités territoriales, les infrastructures doivent être partageables de façon à accueillir plusieurs opérateurs de services ; certains matériels doivent n'être accessibles qu'à un seul acteur ;
 - l'aménageur doit largement dimensionner le nombre de fourreaux ;
 - en particulier, les chambres doivent être positionnées/dimensionnées de façon à autoriser l'évolution du réseau et sa mutualisation.

6.4.2 - CONTRAINTES DE MUTUALISATION

Comme évoqué au § 3.1.4, cette mutualisation peut être réalisée à deux niveaux :

- passif, au niveau de l'infrastructure, avec mise à disposition de fibres noires ;
- actif, par une activation neutre "Open Access" comme celle qu'a pu réaliser par exemple la ville Etat de Singapour avec son offre OpCo.

Si une partie du parcours doit être mutualisée par manque de fibres disponibles, le partage de la fibre sur cette portion peut être réalisé aisément et de façon neutre :

- par un partage en longueurs d'ondes (WDM), chaque opérateur disposant de ses propres longueurs d'ondes ;
- par une activation neutre, de niveau 2, chaque fournisseur de services pouvant disposer de ses propres canaux (VLAN), à condition bien sûr que le lien activé soit suffisamment dimensionné pour ne pas introduire de contention au niveau des utilisateurs.

Dans la configuration « point à multipoint » comme le PON, on a vu que les différents flux relatifs aux clients appartenant à la même zone géographique sont véhiculés par le même flux PON à très haut débit. Par ailleurs, la réglementation et le jeu des acteurs ont conduit à une généralisation des offres "multi play" par des opérateurs intégrés (réseau et services) qui, en pratique, nécessitent la maîtrise de sa qualité de service par chaque opérateur.

Ces contraintes rendent difficile le partage du même flux PON par plusieurs opérateurs.

La solution de partage du réseau PON en longueurs d'ondes peut paraître séduisante, elle permet en

effet à chaque opérateur de disposer de sa propre activation sur un même réseau grâce aux longueurs d'ondes qui lui auront été affectées. Le problème est alors que chaque OLT, mais aussi chaque ONT, doit fonctionner sur des longueurs d'ondes spécifiques, ce qui pose aujourd'hui, à défaut de disponibilité de lasers accordables bas coût, des problèmes d'exploitation et/ou de coût prohibitif.

C'est pourquoi la solution finalement retenue, appelée Boucle locale optique mutualisée (BLOM) consiste en une mutualisation passive, fondée sur l'existence de la fonction de brassage localisée sur un point de flexibilité passif dans le réseau (le PM). Il s'agit en fait, sans rien modifier à la situation d'origine, de spécialiser les OLT, tout en conservant la capacité totale du brassage des PON, puisque n'importe quel ONT de la zone peut être raccordée sur un des PON. Comme le montre la figure 7.10, les ONT ne sont différenciées que par leur raccordement physique (jarretierage) au PON du FAI correspondant.

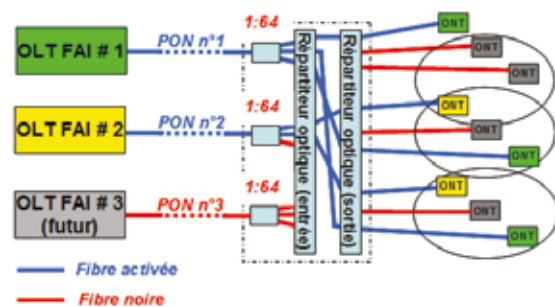


Figure 6.11 : mutualisation passive des PON



7 QUALIFICATION, EXPLOITATION ET MAINTENANCE DU RESEAU D'ACCES

7 QUALIFICATION, EXPLOITATION ET MAINTENANCE DU RESEAU D'ACCES

7.1 - LES OUTILS DE TESTS ET MESURES DE QUALIFICATION

7.1.1 - LE LOCALISATEUR DE DEFAUT VISUEL

Le localisateur de défaut ou laser rouge est une source de lumière rouge en général présentée sous forme de stylo optique. Il permet de s'assurer de la continuité optique d'un lien et de détecter les coupures de fibre, les contraintes (macro courbures), connecteurs défectueux ou épissures défailtantes. Sa portée peut aller jusqu'à 7Km. Pour les applications FTTH avec fibre G657, son utilisation permet la vérification de la continuité optique d'un lien.

Le localisateur peut présenter un danger oculaire. Il est demandé de bien vérifier la classe laser du stylo utilisé. Les lasers de puissances supérieures à 5mW nécessitent l'usage de lunette de protection laser.

Classe 1 : Laser sans danger.

Classe 2 : Lasers à rayonnement visible (400 à 700 nm de longueur d'ondes, et d'une puissance inférieure ou égale à 1 mW). Protection de l'oeil assurée par le réflexe palpébral.

Classe 3 : Lasers de puissance moyenne (<5 mW). Vision directe dangereuse si elle est supérieure à 0,25 s ou effectuée à travers un instrument d'optique.

Il est recommandé de vérifier la puissance émise qui ne doit pas dépasser 1mW. Toutefois, cette lumière ne doit pas être observée au travers d'un microscope ou de tout autre moyen d'amplification visuel.



Figure 7.1 : localisateur de défaut visuel

7.1.2 LES SOURCES ET RADIOMETRES

La source optique est un générateur de lumière. En fonction des spécifications, elle peut émettre plusieurs longueurs d'ondes ; a minima 1310nm et 1550nm pour les sources monomodes, avec une puissance qui doit être stable.

Le radiomètre, ou photomètre est un récepteur de lumière qui permet de mesurer la puissance. En fonction des équipements, il est calibré pour recevoir plusieurs longueurs d'ondes ; a minima 1310nm et 1550nm qui sont positionnées au centre

des plages de longueurs d'ondes utilisées dans les réseaux de communications électroniques sur fibre optique.

En fonction de la qualité des produits, la précision de mesure sera bonne ou approximative.

Le photomètre PON est un radiomètre spécifique qui permet de mesurer simultanément et séparément les longueurs d'ondes descendantes (1490nm et 1550nm en option) et la longueur d'ondes remontante 1310nm. Il travaille en mode « burst » pour la longueur d'ondes 1310nm, c'est-à-dire qu'il est capable de lire une transmission « pulsée » et non continue. Il s'intègre dans la ligne de transmission et laisse passer le trafic. Il est utilisé pendant la mise en service ou la maintenance. En phase de déploiement, un radiomètre standard mesurant la longueur d'ondes 1490nm (en plus du 1310nm & 1550nm par défaut) est suffisant.



Figure 7.2 : photomètre



Figure 7.3 : insertion d'un photomètre PON

La mesure par perte d'insertion se caractérise par une mesure de référence avec l'utilisation de deux cordons de référence. On insèrera ensuite le réseau pour en déterminer ces pertes.

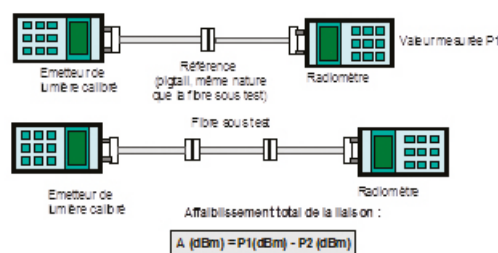


Figure 7.4 : mesure de perte d'insertion

Un niveau de puissance se mesure en dBm (mesure absolue 0 dBm = 1mW) tandis qu'une valeur de perte se mesure en dB (valeur relative).

7.1.3 LES REFLECTOMETRES

Le réflectomètre optique temporel (OTDR) est l'appareil de mesure essentiel pour une caractérisation et une certification des circuits optiques. Il est important de sélectionner celui qui offre la performance adaptée en fonction des liens à tester et de son utilisation (détection de coupure, recette, supervision, maintenance).

La méthode de mesure de l'OTDR est basée sur l'injection et la réception d'une impulsion lumineuse à une même extrémité de la fibre. Cette méthode s'appuie sur les pertes engendrées par la diffusion de Rayleigh. La majeure partie de la puissance optique se propage directement jusqu'à l'extrémité de la fibre, une faible quantité est rétro diffusée vers l'émetteur, à chaque événement rencontré le long de la liaison.



Figure 7.5 : réflectomètre

L'OTDR permet de visualiser, localiser et caractériser l'ensemble des éléments constitutifs de la liaison optique :

- La perte des épissures
- La perte et la réflectance des connecteurs
- L'atténuation de la fibre

- La présence de contrainte
- La fin de fibre (ou coupure).

Il mesure par ailleurs :

- La longueur du lien
- L'atténuation globale du lien
- La perte en retour (réflectance totale du lien)

Attention, les spécifications sont toujours données à la largeur d'impulsion la plus large qui n'est jamais utilisée dans les réseaux d'accès FTTH (parce que peu précise).

Pour les réseaux FTTH où les événements sont nombreux pour des distances réduites (inférieures à 20Km), il faut choisir un OTDR possédant des dynamiques élevées aux impulsions courtes. Une bonne compréhension des cinq paramètres de base d'un OTDR est donc importante. Les spécifications clés à considérer sont les suivantes :

- Plage dynamique
- Zone morte (atténuation et événement)
- Résolution d'échantillonnage
- Possibilité de définir des seuils réussite-échec
- Post-traitement des données et production de rapports

Le choix de la largeur d'impulsion est crucial. Il influe sur la dynamique et la zone morte, et donc la finesse d'analyse. Afin de faciliter le travail des techniciens, des équipements intelligents effectuent automatiquement plusieurs acquisitions et réalisent des analyses à diverses largeurs d'impulsions pour ne garder que les valeurs les mieux mesurées.

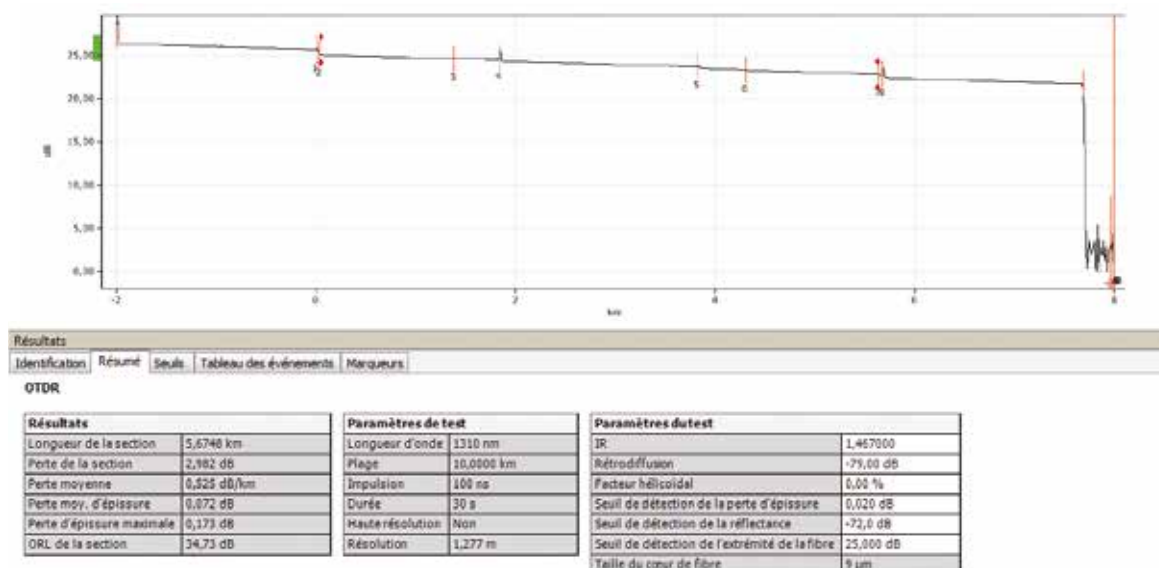


Figure 7.6 : exemple de trace réflectométrique

7.1.4 - LES SONDES D'INSPECTION

La sonde d'inspection permet de détecter des connecteurs avec des impuretés ou endommagés. Elle est composée de la sonde elle-même et d'un écran. Elle remplace les « microscopes optiques » dangereux pour l'œil puisqu'en visualisation directe. Un standard IEC/IPC a été défini sur les critères d'acceptabilité d'un connecteur. Certaines sondes d'inspection peuvent ainsi signaler immédiatement si un connecteur est conforme ou non au standard. Afin de faciliter et d'accélérer le travail des techniciens, le réglage du centrage et du focus peut être effectué de manière automatique.



Figure 7.7 : sonde d'inspection

7.1.5 - LES OUTILS DE NETTOYAGE

Les impuretés sont une importante source de problèmes dans les réseaux optiques, en particulier FTTH où les budgets optiques sont contraints.

Ces stylos permettent un nettoyage à la fois des connecteurs de jarretières et des traversées (connectique mâle et femelle) qui vont les recevoir, évitant ainsi les problèmes de contamination croisée.

La manipulation est très simple et un clic audible témoigne du bon nettoyage.

Il existe en deux versions, une pour les férules 1.25mm (LC, ...), l'autre pour les férules 2.5mm (FC, SC...).



Figure 7.8 : outils de nettoyage

7.1.6 - LES BOBINES D'INJECTION, DE BOUCLAGE OU DE FIN DE FIBRE

On insère une bobine amorce entre le réflectomètre et le réseau à mesurer afin de décaler la zone aveugle de sortie du réflectomètre et permettre la mesure du premier connecteur. Cela permet d'avoir une pente d'atténuation linéique avant la première connectique, nécessaire à la technique de mesure utilisée par le réflectomètre.

Toute mesure par réflectométrie (multimode et monomode) requiert une bobine amorce de longueur suffisante, en lien avec la largeur d'impulsion utilisée. Plus cette largeur est grande, plus la bobine amorce est longue. 500m est une longueur régulièrement utilisée pour un réseau FTTH.



Figure 7.9 : bobine

Les connecteurs de la bobine amorce doivent être parfaits. Des connecteurs en mauvais état abiment le connecteur d'entrée du réseau ou entraînent de mauvais résultats à l'OTDR.

En bouclage, on insérera une bobine amorce suffisamment longue entre les deux connecteurs de la baie afin de pouvoir séparer et mesurer précisément ces deux connecteurs du réseau.

Le bouclage permet de mesurer deux fibres simultanément en n'utilisant qu'un seul appareil. Le technicien distant branche simplement une fibre sur l'autre. Cela permet une prise de mesure plus rapide en diminuant le nombre de test par deux.

Cette mesure par bouclage n'est pas applicable aux liaisons longues distances limitées par la dynamique de l'appareil.

L'ajout d'une bobine de fin de fibre constituée de plusieurs centaines de mètres de fibre optique à l'extrémité d'un segment de fibre à mesurer permet de visualiser et de mesurer correctement le dernier connecteur en reportant la réflexion de Fresnel créée à cette extrémité de plusieurs centaines de mètres.

7.2 - TEST, RECETTE ET MISE EN SERVICE DE LA COUCHE OPTIQUE PASSIVE

7.2.1 - INTRODUCTION

Un réseau FTTH, qu'il soit Point-à-Point ou PON, induit le déploiement d'une quantité importante de fibres. Par ailleurs, la construction et l'exploitation de ce réseau d'accès sont soumises à de très fortes contraintes économiques.

Les tests de mise en service de la couche réseau sont très fortement liés à la couche optique passive. Il est très difficile de dissocier les tests à réaliser à chacune de ces deux étapes.

Il est nécessaire de valider à la fois les deux tronçons NRO-SRO/PM et SRO/PM-PBO lors du déploiement de la couche optique passive, puis le lien NRO-DTIO/PTO lors de la mise en service de la couche réseau. Cette démarche permet, en effet, de maîtriser parfaitement la qualité du réseau et d'établir clairement les limites de responsabilité entre l'opérateur d'infrastructure et les opérateurs de service qui s'appuieront sur cette infrastructure. Les contraintes économiques amènent à alléger les tests de caractérisation du réseau. Ces aménagements sous-entendent une bonne complémentarité entre la phase de déploiement du réseau et sa phase de mise en service.

7.2.2 - CIBLE DE LA RECETTE

Ce paragraphe a pour but d'identifier les tests optiques à effectuer pour qualifier la Boucle Locale Optique mutualisée (BLOM).



Figure 7.10 : la Boucle Locale Optique Mutualisée (BLOM)

Le réseau d'accès est mis en place à l'établissement de l'infrastructure et doit être qualifié à ce stade. Le raccordement est réalisé au fil de l'eau à l'occasion du « branchement » des usagers et sera qualifié à ce moment.

La BLOM est composée des segments suivants :

Segment 1 : la partie transport reliant le nœud de raccordement optique (NRO) au répartiteur optique du SRO/PM.

Segment 2 : la partie distribution reliant le répartiteur optique du SRO/PM au point de branchement optique (PBO).

Segment 3 : le raccordement reliant le point de branchement optique (PBO) à la prise terminale DTIO/PTO.

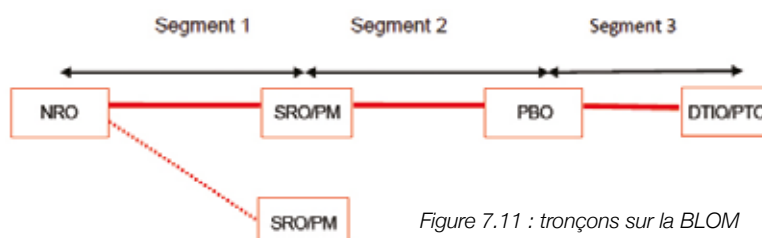


Figure 7.11 : tronçons sur la BLOM

Les mesures à effectuer sur la BLOM s'apparentent aux mesures traditionnelles sur fibres optiques réalisées sur des tronçons Point à Point, à savoir réflectométrie et photométrie. Elles diffèrent cependant dans leur réalisation, entre les tronçons NRO-SRO/PM d'une part et les tronçons SRO/PM-PBO d'autre part :

- de par la densité des fibres sur chacun des tronçons ;
- de par les contraintes de réalisation des tests induites par la localisation et la nature des PBO qui en général ne sont pas équipés de connecteurs.

Le tronçon reliant le NRO au SRO/PM est commun à tous les abonnés d'une même zone. Le tronçon reliant le SRO/PM au PBO est commun à un groupe d'abonnés. Ces différents tronçons seront ultérieurement mis à disposition des opérateurs commerciaux qui activeront la couche réseau.

La limite de responsabilités entre l'opérateur d'infrastructure et les opérateurs commerciaux sera d'autant plus efficace que cette infrastructure aura été qualifiée avec soin. Une qualification sommaire peut confronter l'installateur, lors d'un branchement d'abonné, à des problèmes techniques antérieurs à son intervention. De même les coûts d'exploitation et de maintenance seront maîtrisés sur un réseau convenablement qualifié.

7.2.3 - RECETTE

7.2.3.1 - CAS DU TRONÇON NRO-SRO/PM

Une fois le câble optique raccordé, l'ensemble de la liaison NRO/PM-SRO sera qualifiée par réflectométrie dans les deux sens de transmission et aux deux longueurs d'ondes (1310nm et 1550nm).

La longueur d'ondes 1490nm utilisée dans les réseaux PON étant très proche de la deuxième fenêtre à 1550nm, elle ne nécessite pas de validation spécifique.

Ces mesures permettent de déterminer l'affaiblissement total d'un câble ou d'un tronçon : connecteur, fibre, épissure, et de localiser, le cas échéant, la position des défauts.

Toutes ces informations seront intégrées dans un système de gestion géographique (SIG) mis en place pendant la phase de déploiement.

La réflectométrie permet de qualifier les points suivants :

- la longueur totale de la liaison ;
- le bilan optique aux deux longueurs d'ondes 1310 et 1550 nm ;
- la position, l'affaiblissement et la réflectance de chaque évènement (épissure, point de connexion, etc.) ;
- l'atténuation linéique de chaque tronçon de câble ;
- l'absence de dommages sur le câble lors de l'installation.

Une mesure réflectométrique, pour être complète et c'est le cas du segment 1, doit se faire dans les 2 sens. En effet, la valeur réelle d'affaiblissement d'un évènement est la moyenne des 2 valeurs prises dans chacun des sens de transmission. Une bobine amorce G657A2 de longueur suffisante (typiquement 500 mètres) est insérée avant la mesure à chaque extrémité. Pour bien analyser ces tests, il est important de connaître les caractéristiques de chaque élément :

- l'affaiblissement linéique de la fibre (fiche technique câblé) ;
- la valeur maximale d'atténuation des épissures, points de connexion et connecteurs, spécifiée dans le cahier des charges ;
- la valeur maximale de la réflectance spécifiée dans le cahier des charges ;
- les deux premiers paramètres serviront au calcul du bilan optique théorique aux deux longueurs d'ondes 1310 et 1550 nm qui tiendra compte de l'affaiblissement linéique de la fibre, de la valeur moyenne des épissures par fusion et des raccordements.

Les tests permettront de vérifier que les tronçons de câbles ont été posés sans contraintes et que les opérations de raccordement en cassette, de nettoyage et de fusion ont été réalisées suivant les règles de l'art.

Le pic sur la figure 7.12 est signe d'une réflexion (connecteur), la chute de la trace montre la présence d'une épissure. La présence d'un coupleur optique amplifie la chute.

⁵ Dans le cas de tronçon de transport mettant en œuvre plusieurs boîtes intermédiaires, afin de minimiser le nombre de tests, il est préconisé de constituer et de qualifier la liaison complète en un seul test.

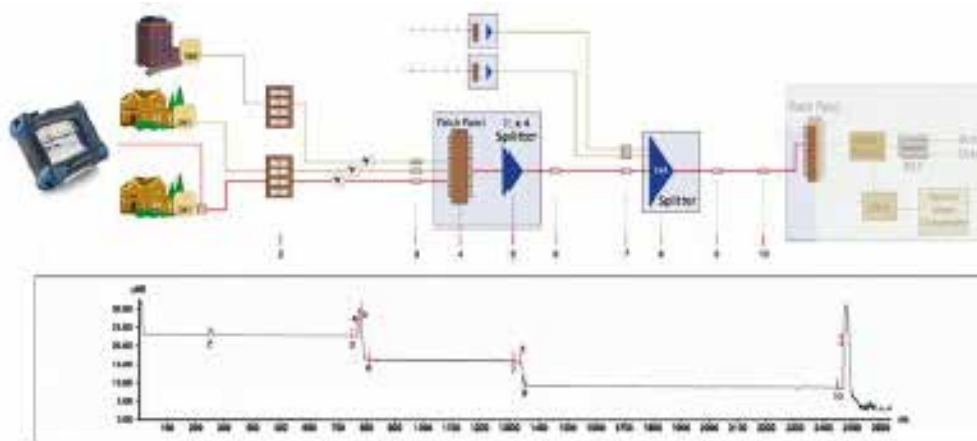


Figure 7.12 : tests OTDR (NRO-PBO) – architecture avec coupleurs

7.2.3.2 - CAS DU TRONÇON SRO/PM-PBO (OU PR)

L'absence en général de connecteurs au PBO ne permet pas de réaliser les tests sur ce tronçon dans les mêmes conditions que le précédent.

Les mesures sur le segment 2 entre le SRO/PM et le PBO, segment distribution, sont réalisées dans un seul sens de transmission en partant de la tête de câble du SRO/PM. Toutes les fibres sont mesurées à une seule longueur d'ondes 1550 nm. Une bobine d'insertion en fibre G657 (typiquement 500 m) est placée à l'extrémité des fibres à mesurer.

Ce test simplifié permettra :

- de démontrer qu'aucune contrainte n'existe sur la liaison ;
- de confirmer la longueur du lien ;
- de caractériser la réalisation de la connectique de la fibre de référence côté NRO.

7.2.3.3 - MESURES COMPLEMENTAIRES

Les mesures de réflectométrie peuvent être complétées par une mesure d'insertion. Ce test consiste à injecter, à l'aide d'une source lumineuse, stabilisée et calibrée, une puissance P1 à l'origine du lien et de mesurer le niveau de puissance P2 reçu à l'autre extrémité. L'affaiblissement est mesuré en dB avec un radiomètre calibré, à 1310 nm et 1550nm ou 1490 nm. Chaque circuit est testé dans les deux sens de transmission.

Cette mesure, si elle n'est pas réalisée explicitement, devra être déduite des mesures réflectométriques. Elle constitue une donnée de « caractérisation » de la liaison qui sera fournie aux opérateurs commerciaux et leur permettra de mettre au point l'ingénierie des réseaux utilisant cette liaison.

7.2.3.4 - TEST ET RECETTE DU CABLAGE D'IMMEUBLE

La méthode de test et de recette pour le câblage d'immeuble (segment 3) dépend très largement de l'organisation générale du déploiement de la BLOM. Dans l'hypothèse où le même acteur réalise en un chantier la continuité du réseau depuis le NRO jusqu'au PBO ou au-delà (DTIO/PTO), le câblage d'immeuble s'insérera dans une procédure de test du réseau de bout en bout, décrite précédemment. Si le câblage d'un immeuble est réalisé pour le compte d'une entité différente de celle qui déploie le reste de l'infrastructure, il conviendra de qualifier cette installation :

- Par des contrôles visuels, qui représentent un complément d'information nécessaire et incontournable pour la fiabilisation des données. Les principales applications du contrôle visuel, après travaux, sont :
 - Vérification de la qualité générale de l'installation (rayon de courbure, étiquetage de tous les éléments constitutifs du réseau pré installé, fixations des contenants, traversées d'étages (rebouchages), étiquetage des DTIO/PTO, conformité des composants utilisés aux normes en vigueur (marquage CE, lovage des fibres dans les PBO) ;
 - Vérification de l'adéquation entre le dossier de récolement et l'installation ;
- Par un test élémentaire au crayon optique (pour la continuité optique et le repérage des fibres),

La détection visuelle du signal injecté se fait :

- lorsqu'ils existent, sur chaque connecteur en attente dans le boîtier de pied d'immeuble ;
- s'il n'est pas requis de connecteur, à l'extrémité des câbles à fibres optiques.

On réalisera une photométrie (sauf si les fibres sont laissées nues en attente au niveau d'un boîtier en pied d'immeuble). La valeur mesurée pour la colonne montante ne doit pas excéder 2dB.

On peut réaliser une mesure de réflectométrie depuis chaque logement considéré et dans un seul sens de transmission, elle se fait avec ou sans connecteur dans le local technique.

Tant que ce câblage n'est pas raccordé au réseau de desserte, la vérification de la connectivité et de la performance optique ne sera que partielle. Si on opte pour une recette avant le raccordement, il faudra prévoir des réserves contractuelles pour tenir compte d'éventuels problèmes constatés après le raccordement.

7.2.3.5 - TEST ET RECETTE DU RACCORDEMENT D'USAGER

Lors du branchement d'un abonné, il reste à valider la connexion du câble depuis le PBO jusqu'à la prise de l'abonné.

Si la construction de la partie terminale s'effectue préalablement à la mise en service, il conviendra d'effectuer une mesure de photométrie afin de valider les pertes de la liaison PBO-DTIO/PTO si le PBO dispose de connecteurs, ou de la liaison SRO/PM-DTIO/PTO si le PBO n'est pas connecté.

Dès lors, si une recette a été effectuée en amont et que les résultats sont disponibles, il n'est pas nécessaire de refaire un test optique lors de la mise en service.⁶ Celui-ci sera requis en cas de problème à la mise en service, ou pourra se faire de façon statistique sur un nombre réduit de connexions d'usagers.

Il appartiendra aux exploitants de déterminer la procédure la plus adaptée.

Si le raccordement usager s'effectue pour une mise en service, un test laser sera réalisé entre le PBO et le DTIO/PTO pour vérifier la continuité optique et une mesure de photométrie pour vérifier l'atténuation.

Si besoin, l'installateur réalisera une réflectométrie afin d'identifier un point de défaillance du réseau.

7.2.3.6 - AUTOMATISATION DES TESTS

Aujourd'hui, un système mobile de test robotisé destiné à la certification automatique du réseau FTTH et à la validation des réseaux existants est expérimenté. Il pourrait permettre des économies d'échelle CAPEX/OPEX dans la certification des réseaux optiques.

Ce système ne nécessite aucune expertise particulière car, une fois, mis en place, il se charge d'effectuer automatiquement les mesures réflectométriques sur chacune des fibres et effectue les analyses croisées afin de détecter toutes les incohérences avec les études de déploiement réalisées en amont. Un reporting est alors réalisé en temps réel à destination des techniciens qui peuvent ainsi intervenir pour corriger les éventuels problèmes. Dès lors, les techniciens ont la possibilité de lancer un nouvel essai depuis leur smartphone afin de valider chaque intervention. Le système est capable de tester environ 500 fibres automatiquement en moins de 4h et archive ainsi toutes les mesures sans risque d'erreur. Toutes les traces réflectométriques alimentent une base de données afin de documenter le réseau FTTH.

Les gains de temps pour la livraison du réseau sont donc évidents et les coûts cachés (ré interventions, manque des traces réflectométriques...) sont mieux maîtrisés.

7.3 - TEST ET MISE EN SERVICE DE LA COUCHE OPTIQUE ACTIVE

7.3.1 - INTRODUCTION

La couche « réseau » concerne tous les éléments actifs qui s'appuient sur la couche optique passive pour transporter les services jusqu'aux équipements des usagers.

La mise en service de la couche réseau sera réalisée par les opérateurs commerciaux au moment de l'activation de l'infrastructure et du raccordement des premiers abonnés.

Cette opération nécessite préalablement le « brassage » des circuits de la couche optique et leur qualification en vue de cette mise en service. Une bonne qualification de la couche optique permettra de garantir que la couche réseau pourra transmettre les données en respectant les critères de qualité de service.

⁶ Dans le cas où l'opérateur commercial qui met la ligne en service n'est pas l'opérateur d'infrastructure, un test photométrique pourrait être réalisé pour déterminer correctement les limites de responsabilités.

Les tests à réaliser dépendent en partie des architectures retenues pour la couche réseau :

- architecture de type Ethernet Point à point ;
- architecture de type PON.

Les mesures réalisées sur les architectures PON peuvent différer de celles réalisées sur un réseau point à point dans la mesure où :

- la présence de coupleurs réduit les budgets optiques disponibles ;

- la présence de coupleurs nécessite, dans le cas où des tests de réflectométrie doivent être conduits, des appareils disposant d'une grande dynamique et de zones mortes réduites, l'intervention s'effectue sur un réseau « en service » puisque la fibre est activée.

Dans le cas d'une architecture PON, la mise en continuité des segments de transport et distribution se fait au travers d'un coupleur à n branches.

7.3.2 - SYNTHÈSE DES TESTS RÉALISÉS

Le tableau suivant synthétise les tests réalisés sur les « circuits » aux différentes étapes de leur constitution, en fonction des options d'équipement du réseau. Ces différents tests sont ensuite explicités dans la suite du chapitre. Les tests « circuits » seront ajustés en fonction de la présence ou non de l'OLT raccordé au NRO au moment du test.

La réflectance est trop souvent négligée : Un bilan optique correct dans le sens descendant – OLT vers ONT, peut ne pas l'être dans le sens remontant. Ceci est dû aux phénomènes de réflexion qui ne sont pas symétriques. La liaison peut alors être en défaut lors de la mise en service et la recherche de panne trop vite orientée vers un changement d'actif ne résoudra pas le problème.

	Désignation	Procédure de test	Type de mesure
Test réalisé à l'établissement de l'infrastructure	Segment 1	Installé et qualifié au moment de l'établissement de l'infrastructure, selon les procédures définies au paragraphe 9.2.3 1310 et 1550 nm dans les deux sens de transmission depuis le NRO et le SRO/PM	Réflectométrie (Photométrie possible en complément)
	Segment 2	Installé et qualifié au moment de l'établissement de l'infrastructure, selon les procédures définies au paragraphe 9.2.3 Mesure à 1550 nm dans un sens de transmission (depuis le SRO/PM)	Réflectométrie (Photométrie possible en complément)
	Segment 3	Constitué au fil de l'eau au moment du raccordement d'abonné Test de continuité avec une source laser visible qui permet de vérifier la continuité optique. Mesure d'atténuation entre le PBO et le DTIO/PTO.	Laser rouge & Photomètre, voire Réflectométrie

Tableau 7.1 : tests à réaliser à l'établissement de l'infrastructure

7.3.3 - NATURE DES TESTS RÉALISÉS

7.3.3.1 - TEST DU TRONÇON NRO-PBO CONSTITUÉ – SEGMENT 1 + 2

Cette étape de validation fait largement consensus, elle est traitée dans le guide d'harmonisation édité par la Mission Très Haut Débit.

Si les tronçons élémentaires NRO-SRO/PM et SRO/PM-PBO ont été préalablement testés et qualifiés, il est possible de s'appuyer sur les résultats de mesure de chacun des tronçons pour caractériser le « circuit » NRO-PBO constitué dans le cas d'un réseau point à point. Pour un réseau PON, il est tout de même recommandé de valider la qualité de pose des coupleurs.

Dans le cas où le segment SRO/PM-PBO n'a pas été qualifié préalablement, un test en réflectométrie du « circuit » NRO-PBO sera recommandé depuis le NRO à 1550nm.

Dans tous les cas, ces mesures seront bien sûr comparées avec les valeurs théoriques calculées et seront enregistrées dans la base documentaire.

7.3.3.2 - TEST DE CIRCUIT OLT ETEINT – MESURE PAR INSERTION

Dans le cas où il n'existe pas encore d'OLT en service à l'extrémité NRO du circuit, le test s'effectue de manière traditionnelle par une mesure d'insertion avec injection d'un signal optique aux différentes longueurs d'ondes du système, à partir d'une source lumineuse et mesure du niveau de puissance (dB) reçu à l'extrémité à l'aide d'un photomètre.

7.3.3.3 - TEST DU CIRCUIT OLT ALLUME – MESURE DE PUISSANCE

Dans le cas où l'OLT est présent et allumé à l'extrémité NRO, le test est réalisé avec l'équipement. Une mesure de puissance (dBm) est réalisée, à l'extrémité distante, à l'aide d'un mesureur de puissance.

La longueur d'ondes de test dépend de la nature du réseau :

Réseau de type Ethernet Point à point :

La puissance est mesurée en sortie de la carte OLT et à l'extrémité distante. Le test est réalisé à la longueur d'ondes du système Ethernet :

- 1310nm en voie descendante dans le cas d'un fonctionnement sur deux fibres,
- 1550nm en voie descendante dans le cas d'un fonctionnement sur une seule fibre.

Réseau de type PON :

Un photomètre classique permet de mesurer la puissance disponible en tout point du parcours optique. Le test s'effectue au PBO où on relève la valeur à 1490 nm.

La mesure de puissance relevée est à rapprocher de la puissance de sortie de la carte OLT. Cette valeur est en principe relevée lors de la mise en service de la carte OLT. Elle est en général comprise entre +1,5 dBm et +5 dBm.

Si on mesure au PBO un niveau de -20dBm et que le niveau en sortie de l'OLT est de +2 dBm, le bilan optique en dB sera de : $20 + 2 = 22$ dB.

7.4 - BILAN OPTIQUE THEORIQUE

Afin de d'assurer que les mesures réflectométriques effectuées sur les segments de transport et de distribution sont cohérentes avec les routes optiques prévues lors de la conception de l'ingénierie du réseau (APD), l'affaiblissement linéique mesuré sera comparé avec l'affaiblissement linéique théorique de chaque liaison optique.

$$\text{Affaiblissement théorique de la liaison (dB)} = \alpha \cdot L + \alpha e \cdot X_e + \alpha c \cdot X_c$$

Avec :

- α : Affaiblissement linéique de la fibre
- L : Longueur optique du tronçon à mesurer
- αe : Affaiblissement lié à l'épissure
- αc : Affaiblissement lié au connecteur
- X_e : Nombre d'épissures total sur le tronçon à mesurer
- X_c : Nombre de connecteurs sur le tronçon à mesurer

Le tableau 7.2 donne les valeurs moyennes d'affaiblissement pour les différents composants.

		Mesure à 1310 nm		Mesure à 1550 nm	
		Valeur max	Valeur moyenne	Valeur max	Valeur moyenne
α	Affaiblissement linéique	0,4 dB/km	0,36 dB/km	0,25 dB/km	0,19 dB/km
αe	Atténuation d'une épissure	0,2 dB	0,1 dB	0,2 dB	0,1 dB
	Atténuation d'un connecteur SC/APC 8° grade C1	0,5 dB	0,35 dB	0,5 dB	0,35 dB
αc	Atténuation d'un connecteur SC/APC 8° grade B1	0,25 dB	0,12 dB	0,25 dB	0,12 dB

Tableau 7.2 : valeur moyenne d'affaiblissement des différents composants d'un circuit optique

Les valeurs maximales sont conformes aux normes NF-EN 60793-2-50 et NF-EN 61753-131-3. Les valeurs moyennes (à 95% des cas dans la norme).

Coupleurs	Valeur d'affaiblissement
Coupleur 1:2	3,5 dB
Coupleur 1:4	7,3 dB
Coupleur 1:8	10,9 dB
Coupleur 1:16	14,5 dB
Coupleur 1:32	18,5 dB
Coupleur 1:64	21 dB

Tableau 7.3 : valeur moyenne des coupleurs optiques

Le budget optique disponible dépend des choix « système » :

- dans le cas des architectures point à point (P2P), l'objectif de réduction des coûts conduit souvent à choisir des émetteurs peu puissants ce qui amène généralement à des budgets optiques de l'ordre de 15 à 20 dB.
- dans le cas des PON, avec des lasers B+, avec un taux de couplage de 1:64, le coupleur optique introduit une perte supplémentaire de 21 dB avec un budget (OLT-ONT) généralement de 28 dB, soit 7 dB hors coupleurs.

- dans la mesure où ces infrastructures sont mutualisées, le budget optique le plus défavorable doit permettre de remplir l'objectif : on retient donc cette valeur de 28 dB (données moyennes communiquées par les équipementiers) dont 21 dB pour des coupleurs.

L'utilisation d'un laser C+ ne permet pas d'augmenter la distance, mais d'être plus tolérant aux pertes et surtout pourrait permettre un partage 1x128 au lieu de 1x64. Le standard G984.2 indique un écart maximum entre l'ONT le plus proche de l'OLT et le plus éloigné de 20Km.

Le tableau suivant présente les recommandations de la Mission France Très Haut Débit.

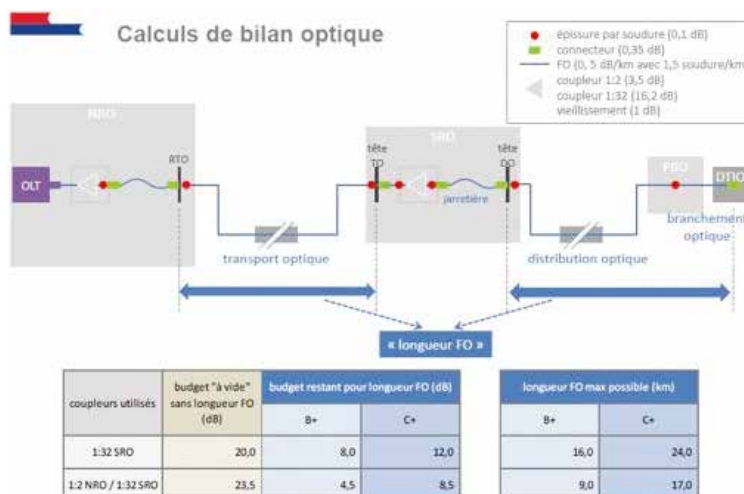


Tableau 7.4 : bilan optique - recommandations de la Mission Très Haut Débit

7.5 - MESURES REFLECTOMETRIQUES

Dans le cas de problèmes rencontrés sur le réseau d'accès, des tests de réflectométrie peuvent être mis en œuvre pour confirmer la nature, l'origine et la localisation de la panne.

Toutes les mesures sont effectuées avec des appareils de rétrodiffusion (OTDR) possédant un certificat de calibration de moins de deux ans. Afin d'éviter de détériorer le réseau, il est important de vérifier la conformité du matériel utilisé et veiller à inspecter les connecteurs (y compris

les connecteurs des bobines amorces) avant de procéder aux contrôles par mesure.

Les tests de réflectométrie seront réalisés entre le NRO-SRO/PM (segment transport optique) et entre le SRO/PM-PBO (segment de distribution optique). Dans le cas d'immeubles déjà équipé en fibre optique (câblage vertical), la mesure du segment « distribution » est réalisée entre le SRO/PM et le boîtier de pied d'immeuble.

La mesure est réalisée en respectant le schéma suivant :

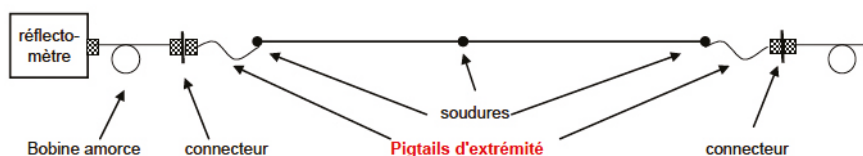


Figure 7.13 : schéma mesure réflectométrique

Les mesures sont réalisées avec une largeur d'impulsion adaptée à la longueur de la liaison : typiquement entre 20 et 100 ns pour une longueur de fibre comprise entre 2 et 10 km. Dans le cas d'un bouclage, la largeur d'impulsion est inférieure à 300 ns.

Dans le cas d'une architecture de réseau point à point, le test en réflectométrie pourra être mis en œuvre au NRO, SRO/PM, PBO ou DTIO/PTO.

Dans le cas d'une architecture PON, ce test aura lieu du PBO ou DTIO/PTO en remontant vers le NRO, à la longueur d'ondes de 1625 nm ou 1650nm. En effet, en fonction du type de coupleur, de l'architecture retenue (cascade ou non) et de la longueur des branches (qui peut être très proche l'une de l'autre), il est très difficile d'obtenir une courbe OTDR facilement interprétable en réalisant le test en sens inverse du NRO vers le PBO.

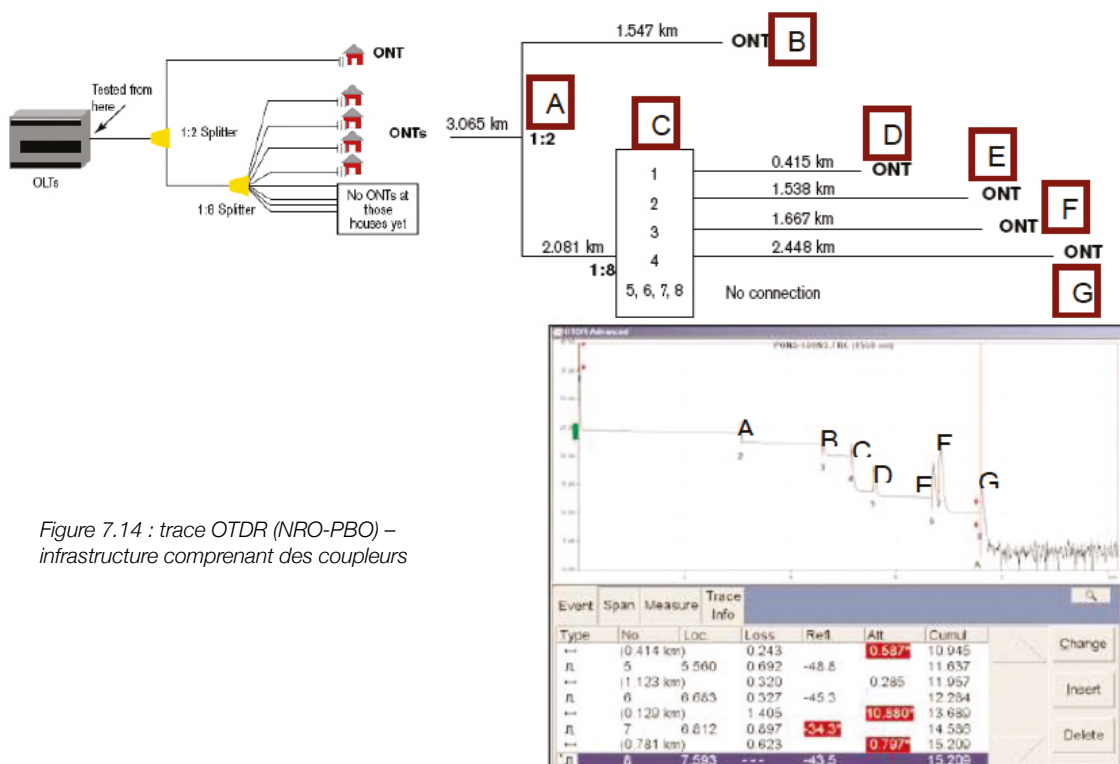


Figure 7.14 : trace OTDR (NRO-PBO) – infrastructure comprenant des coupleurs

Le nombre d'événements étant important pour des réseaux relativement courts, il est nécessaire d'utiliser des modules OTDR de grande dynamique avec des zones mortes réduites.

Malgré tout, l'analyse des défauts est complexe : pour valider précisément les événements, il faut régulièrement jouer sur les paramètres de mesure, largeur d'impulsion versus résolution.

Une nouvelle technologie dite intelligente, basée sur la réflectométrie permet de s'affranchir de cette problématique puisque l'équipement va lui-même effectuer les mesures aux différentes impulsions et compiler toutes les informations mesurées pour donner une représentation parfaite du réseau et du/des défaut(s). L'utilisation de ces appareils de mesure de nouvelle génération simplifie l'analyse

pour les techniciens et n'impose plus un niveau d'expertise élevé.



Figure 7.15 : réflectomètre de nouvelle génération

Ces équipements proposent aussi des actions correctives à apporter en cas de défaut détecté.

7.6 - EXPLOITATION ET MAINTENANCE DU RESEAU D'ACCES

7.6.1 - GENERALITES

Les missions d'exploitation et de maintenance des réseaux d'accès à très haut débit sur fibres optiques sont essentielles pour garantir une disponibilité maximum des services aux clients. Pour cela, en complément des outils de test et de diagnostic, la mise en place d'une solution de supervision et de test centralisé (RFTS) associée à une documentation informatisée et détaillée du réseau (base de données géographique et base documentaire) doit être considérée.

Ces différents systèmes assurent une surveillance permanente du réseau en comparant les valeurs mesurées aux valeurs de référence et permettent de diminuer notablement le temps de diagnostic lors d'un dérangement.

7.6.2 - ORGANISATION

L'organisation de l'exploitation et de la maintenance d'un réseau FTTH sera guidée par :

- les contraintes d'optimisation des ressources,
- un objectif prioritaire de qualité et de disponibilité optimum du réseau,
- le paramètre économique associé,
- l'environnement concurrentiel.
- la durée de vie d'une infrastructure FTTH devra être au moins équivalente aux infrastructures cuivre existantes.

Pour assurer cette longévité il faudra :

- soigner la conception,
- organiser et suivre la mise en œuvre,
- développer l'exploitation et la maintenance de niveau 1.

Pour assurer une exploitation et une maintenance de qualité, il est impératif de mettre en place une organisation structurée. Certaines tâches sont généralement réalisées par l'opérateur d'infrastructure, d'autres pourront être sous-traitées, en particulier la maintenance de niveau 1.

La proximité entre l'exploitation et la maintenance, qui peut être parfois consécutive à la qualité de la construction et de l'exploitation, peut amener à regrouper les deux activités au sein d'une même entité. Les principales fonctions sont énumérées ci-après.

7.6.2.1 - EXPLOITATION

La fonction exploitation est une tâche qui va regrouper plusieurs activités :

- l'étude des routes et chemins optiques ;
- l'élaboration des dossiers techniques ;
- le raccordement des équipements ;
- la réalisation de mesures et cahiers de recette ;
- l'élaboration des procédures d'exploitation ;
- le suivi et la mise à jour de la documentation ;
- l'administration de la base de données du SIG ;
- l'évolution du logiciel SIG.

7.6.2.2 - MAINTENANCE

La fonction maintenance va s'appuyer sur les règles d'exploitation définies au préalable qui prennent en compte :

- des méthodes et procédures de maintenance, avec le maintien en conditions opérationnelles (MCO) grâce à la maintenance curative et préventive ;
- une centralisation des dérangements sur un même site ;
- un suivi des tickets d'incident par rapport au contrat souscrit et aux contraintes de qualité de service ;
- un suivi et une mise à jour de la documentation ;
- la planification des travaux programmés (préventif).

7.6.3 - LES MISSIONS D'EXPLOITATION

7.6.3.1 - LA FOURNITURE DE CIRCUITS

La fourniture de circuits est une des premières missions de l'exploitation. Elle comprend :

- la création d'un circuit optique pour la mise à disposition d'un nouveau lien ou le raccordement d'un nouvel abonné (P2P) ;
- la mise en place de coupleurs pour le compte d'un opérateur de transport PON et la création de circuits point à multipoints ;
- la modification et la suppression de circuits optiques.

La réalisation de cette tâche est généralement confiée à un prestataire externe et nécessite un contrôle et une coordination en 3 phases :

- l'étude du routage, avec ses interconnexions, et du bilan optique (en cohérence avec les règles d'ingénierie). Celui-ci pourra se faire à partir d'un système de gestion et de documentation du réseau ;
- la mise en place des accessoires de raccordement avec connexion des fibres ;
- l'établissement du cahier de recette qui sera la base contractuelle avec le client.

7.6.3.2 - LES CALCULS DE BILANS

Le bilan optique sera calculé au minimum à 1310nm, longueur d'ondes la plus contraignante. Il tiendra compte des valeurs d'affaiblissement de chacun des composants constitutifs du circuit et des pertes d'insertion dues aux coupleurs qui seront mis en œuvre sur le circuit.

7.6.3.3 - LES MESURES DE CIRCUITS

En général, elles sont effectuées par un prestataire, et se déclinent en 2 types de mesures :

- mesure de rétrodiffusion faite avec un réflectomètre optique (OTDR) ;
- mesure d'insertion.

Elles sont décrites dans le § 7.5.1

7.6.4 - LES MISSIONS DE MAINTENANCE

7.6.4.1 LA MAINTENANCE PREVENTIVE

La maintenance préventive a pour but d'anticiper d'éventuelles dégradations du réseau. Cette opération peut se faire soit au travers de contrôles visuels réguliers des éléments du réseau, effectués au titre des missions d'exploitation, soit de manière automatique, à partir d'un système de supervision qui analyse en temps réel et en permanence les variations dans le temps.

Des seuils d'alarmes pourront aussi être définis, pour permettre une meilleure programmation des opérations de maintenance ou rénovation du réseau.

Figure 7.17 : affichage d'une alarme réseau dans la carte d'un SIG

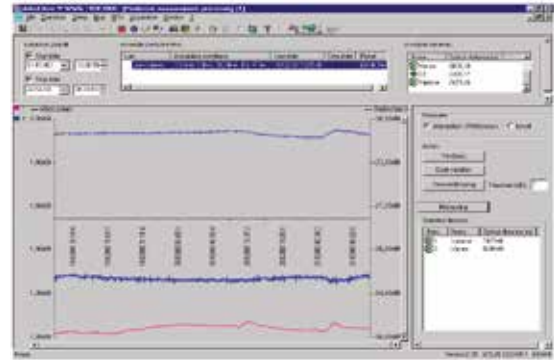


Figure 7.16 : surveillance dans le temps atténuation et réflectance

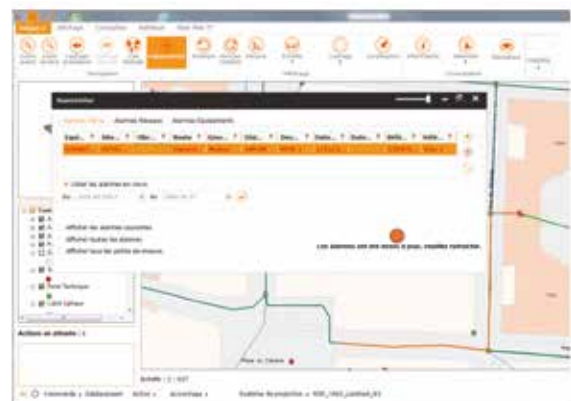
7.6.4.2 - LA MAINTENANCE CURATIVE

Dès la détection d'un incident, que ce soit à partir des équipements, d'un système de supervision ou à l'issue d'un appel client, un processus de traçabilité doit être mis en place pour un bon suivi du service client :

- ouverture d'un ticket d'incident ;
- analyse du défaut ;
- intervention sur site ;
- remise en état et validation ;
- clôture du ticket d'incident.

Toute cette procédure est généralement liée à des contrats de services garantissant une disponibilité maximum, avec des garanties de temps d'intervention (GTI) et ou des garanties de temps de rétablissement (GTR).

L'efficacité de la maintenance curative est liée d'une part à une définition précise des procédures de maintenance et d'autre part à la disponibilité de ressources compétentes et d'outils d'analyse et de supervision adaptés et calibrés. Dans ce contexte, le couplage du système de supervision du réseau et du SIG est un plus dans la rapidité et l'efficacité du processus de maintenance curative.



7.6.4.3 - LES TRAVAUX PROGRAMMES

Dans le cadre d'opérations programmées sur le réseau ou liées à la maintenance préventive, l'Opérateur d'infrastructure devra informer les clients conformément aux modalités définies par contrat. A la fin de l'intervention, un cahier de recette comprenant les tableaux de mesures et les courbes sera transmis au client. Le SIG sera mis à jour.

7.7 - LE REFERENTIEL RESEAU ET LA DOCUMENTATION ASSOCIEE

7.7.1 - INTRODUCTION

La qualité de service d'un réseau dépend en grande partie de la qualité de sa documentation et d'un accès rapide à l'information. Elle s'articule autour d'un ou plusieurs outils de référentiel réseau et d'un ensemble de documents et de procédures complémentaires.

Les outils utilisés intègrent la plupart du temps une composante cartographique s'appuyant sur les technologies des bases de données géographiques et des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG).

Les sources documentaires complémentaires doivent être numérisées et facilement accessibles depuis ces bases de données.

Le référentiel est l'élément fédérateur d'une bonne organisation de l'exploitation et de la maintenance, il permet également la vue patrimoniale du réseau. Il doit être opérationnel dès le début du déploiement de l'infrastructure et être conçu, si possible, en amont du déploiement.

Le coût d'investissement est modéré par rapport au service rendu. La plate-forme matérielle/logicielle et l'intégration des données représentent quelques pourcents du coût de l'infrastructure.

Le référentiel mis en place sera différent selon que l'on est maître d'ouvrage ou opérateur, en charge de la gestion ou de l'exploitation des différents éléments du réseau, ou encore propriétaire de l'infrastructure.

7.7.2 - OBJECTIFS ET FONCTIONNALITES

Le référentiel permet de normaliser et hiérarchiser le réseau, de répondre instantanément à une demande ou question d'un technicien ou d'un client, de s'engager sur des critères techniques de qualité. Il permet de favoriser la circulation de

l'information entre les différents acteurs (maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, installateurs et sous-traitants) et les différentes équipes (commerciales, juridiques, techniques) du gestionnaire du réseau. Dans le cas des réseaux d'initiative publique il permet également le calcul des droits à certains financements, le contrôle des dépenses et le calcul des biens de retours.

Plus précisément, les outils utilisés doivent permettre :

- le positionnement aux différents niveaux de localisation (ville, adresse, élément de réseau, etc.) ;
- la visualisation et le recensement des éléments de l'infrastructure du réseau (fourreaux, chambres de tirage, locaux techniques, baies de connexion, têtes optiques, câbles, boîtes, prises, circuits optiques) ;
- l'inventaire des adresses et des prises raccordées ou raccordables ;
- la gestion des sites (calepinage faux plancher, distribution alimentation, climatisation) ;
- la visualisation de la saturation des liens (taux d'occupation) ;
- le calcul de la disponibilité des ressources ;
- le calcul des routages en fonction du niveau de sécurisation recherchée ;
- le calcul de l'affaiblissement d'un circuit optique ;
- la gestion des circuits optiques, des contrats et des clients ;
- la gestion des états (circuit En service/Hors Service, élément défectueux) ;
- l'inventaire patrimonial (locaux techniques, câbles, baies de brassage, tiroirs de répartition, jarretières, etc.) ;
- la production d'informations de synthèse sur l'état du réseau (tableaux de bord et statistiques, communication) ;
- la déclaration des réseaux (guichet INERIS, collectivités demandeuses) ;
- les réponses aux DT/DICT (détails du génie civil ou accès aux plans) ;
- la production des flux IPE (flux interop entre opérateurs) ;
- la gestion des historiques ;
- la gestion des évolutions (base de données étude) ;
- ...

Ces outils viennent en compléments de procédures telles que :

- procédure de signalement d'un incident : cette procédure précise les différentes étapes de suivi de l'incident (ouverture du ticket d'incident, rapport de diagnostic, méthode d'intervention, de contrôle avec le client ainsi que la clôture du ticket d'incident). Elle indique les informations essentielles fournies par le client pour que l'intervention soit lancée et se déroule dans les meilleures conditions (référence, caractéristiques, etc.). Elle précise les moyens mis en œuvre et les procédures d'escalade ;
- procédure de test ;
- compte rendu d'intervention : ce document permet de détailler les modifications apportées au réseau et qui seront à reporter dans le référentiel technique au titre des mises à jour.

7.7.3 - CONTENU

Un réseau virtuel est construit avec le référentiel. Il simule chaque élément du réseau.

Les éléments gérés dans le référentiel et la quantité d'information pour chacun de ces éléments dépendent du rôle et des responsabilités de l'acteur concerné, ainsi que du niveau de détail souhaité. Il faut évidemment garder en mémoire qu'un niveau de détail élevé nécessitera un effort plus important pour collecter puis mettre à jour les informations.

On précise ci-dessous une liste non exhaustive des différentes catégories d'information qui doivent être gérées, à adapter selon le niveau de responsabilité de l'acteur :

- Fond de plan cartographique : pour le positionnement et la visualisation des éléments du réseau, pour des échelles allant du 1/1 000 000 au 1/5 000 environ.
- Adresses et bâtiments : positionnement des adresses relevées, identification des bâtiments, lien avec les bases existantes (hexacle Mediapost, BAN...), nombre de locaux.
- Nœuds de Raccordement Optique, Sous Répartiteurs et Points de Branchements avec leurs zones arrière et leurs caractéristiques : code unique national, dimensionnement, type, références constructeurs.
- Sites techniques, locaux techniques avec les informations sur les conditions d'accès.

- Baies de brassage : localisation (étage, local...), type (fabricant, modèle, taille, capacité, ports), jarretières, longueur de lovage de câble.
- Equipement (passifs au minimum) : taille de l'équipement (en cohérence avec la taille de la baie), type d'équipement, référence constructeur, présence de sous-équipements, de connecteurs.
- Prises (Site Utilisateur Final) : localisation, état du raccordement, propriétaire.
- Chambres, poteaux et autres points techniques : positionnement, type, code.
- Boîtes de protection d'épissures (Eléments de Branchement Passif) et cassettes : type (fabricant, modèle, taille, capacité, ports).
- Infrastructures : type d'infrastructure et mode de pose, espace d'implantation, composition, marquage.
- Conduites composant l'infrastructure (fourreaux, caniveaux, chemins de câbles...)
- Câbles optiques (internes comme externes) : positionnement, code et/ou étiquette, nombre de fibres, code couleur, type de câble (fournisseur et modèle), longueurs cartographiques et réelles, affaiblissement, fourreaux empruntés par le câble, tubes et fibres avec leurs indication de couleur et bagues, position et longueurs des loves dans les points techniques.
- Jarretières : longueur, couleur, type de connecteurs aux extrémités.
- Tubes, fibres et épissures ou connecteurs : identification des fibres et tubes (couleurs, bagues...), type de fibre, type de connectivisation.
- Routes optiques et mesures associées : courbes de réflectomètre, affaiblissement, ORL, propriétaire / affectation client.
- Liens vers les documents (voir chapitre suivant).
- Informations sur les clients et tous les organismes en général (gestionnaires de sites ou d'infrastructures ou de voirie par exemple) : nom contact, liste des liaisons et/ou services.

Des informations génériques doivent également être présentes pour ces éléments :

- Le propriétaire et le gestionnaire (voir l'utilisateur) de chaque élément du réseau, ainsi que le type de contrat associé le cas échéant.

- Le code : un système de référencement doit pouvoir permettre d'identifier de façon non équivoque chaque composante du réseau. Dans le cas de la réutilisation d'infrastructures tierces, on s'attachera à conserver les références des éléments dans le référentiel de son propriétaire et/ou gestionnaire, notamment afin de faciliter les mises à jour et les échanges entre acteurs.
- Le suivi des évolutions des éléments du réseau (avancement des projets, dates de pose, dates de mise en service, état).
- Le suivi des principales évolutions (pour chaque enregistrement : date de création en base, date de mise à jour, date d'abandon, source de la mise à jour ou de l'abandon).
- La précision et la source du positionnement des objets géographiques (qualité du géo-référencement).

Le géostandard de la COVADIS Aménagement Numérique des Territoires (ANT) GraceTHD recense une partie de ces éléments qui doivent être gérés sans pour autant être suffisants dans un objectif d'exploitation des réseaux. Le projet associé GraceTHD-MOD propose une liste des différentes informations qui doivent être collectées à chaque étape d'un projet de réseau d'initiative publique.

7.7.4 - DOCUMENTS COMPLEMENTAIRES

L'installation et la recette du réseau optique produisent de nombreux documents : courbes OTDR, dessins, tableaux de mesures, schéma d'épissures, etc. Ces informations, disponibles sous différents formats électroniques ou sous forme papier, sont souvent classées puis oubliées.

Lors des modifications ou des évolutions du réseau, cette documentation disparate est rarement mise à jour car elle n'est pas facile d'accès. Après quelques années de fonctionnement, il devient très difficile d'avoir une documentation qui reflète fidèlement l'état actuel du réseau. Il est alors nécessaire de compter sur la mémoire des différents intervenants. Ce manque de mise à jour de la documentation pénalisera l'exploitation et la maintenance du réseau.

Pour faciliter la mise à disposition et le maintien de la documentation, il est possible d'utiliser des systèmes de gestion électronique de documents ou plus simplement, de lier les documents aux éléments du réseau dans le référentiel.

Les documents qui présentent un intérêt pour la maintenance et l'exploitation du réseau doivent ainsi être numérisés, mis à jour et conservés, en particulier s'ils contiennent des informations non présentes dans le référentiel. On peut citer notamment :

- Les plans détaillés des boîtes d'épissures et des baies de brassage (détail des connexions avec l'indication des ports utilisés, usage des ports de sortie (IP, DWDM), jarretière, longueur de lovage de câble).
- Le dossier d'ingénierie contenant l'ensemble des règles appliquées.
- Les plans de détail du génie civil.
- Les dossiers de création de sites : DOE et les DIUO, ainsi que les dossiers d'implantation des armoires de rues et des shelters.
- Les dossiers de raccordements de sites : plans de casage, schémas, PV et photos.
- Les fiches d'accès aux sites : contacts, numéros de téléphone, moyens d'accès.

D'autres documents seront simplement archivés jusqu'à leur fin de validité. Par exemple :

- Les fiches techniques des équipements, des câbles, des boîtes, des fibres (affaiblissement, dispersion chromatique, dispersion de mode de polarisation, coefficient de rétrodiffusion) et de l'ensemble des éléments du réseau.
- Les PV, fiches de recettes et fichiers de tests mandrinage et étanchéité des fourreaux, courbes de réflectomètre, génie civil.
- Les plans de masques (FOA), les dossiers des appuis aériens et plus généralement les dossiers de commande et les PV de réception des infrastructures tierces.
- Les permissions de voirie, les autorisations de passage ou de surplomb dans le cas de l'aérien, les PV de réception.
- Les conventions signées avec les gestionnaires d'infrastructures tierces.
- Les conventions immeubles et les conventions cadres signées avec les bailleurs sociaux.
- Les photos et les minutes de terrain.

L'ensemble des documents doivent être typés, référencés et classés de façon à retrouver facilement le ou les éléments de réseau correspondant dans le référentiel. Chaque document doit faire mention de sa date de création, sa date de dernière modification et/ou son indice, l'auteur et le valideur et/ou approbateur.

Il est pertinent de vouloir diminuer le nombre et le type de documents complémentaires nécessaires au profit d'une augmentation du nombre et du type d'informations contenues dans la base de données référentielle. Cette suppression de la documentation ne doit cependant se faire que si l'ensemble des informations nécessaires est contenu dans la base de données.

On peut citer pour exemple les plans de détail du génie civil, aujourd'hui indispensables pour l'exploitation du réseau (en particulier pour répondre aux contraintes réglementaires DT DICT). Il serait possible de se passer des plans de génie civil à condition de disposer dans le référentiel de la même précision, du même niveau de détail et de la possibilité d'édition de plans à la demande. La production, la gestion et l'archivage des plans de génie civil ne devra donc pas être supprimée si le référentiel ne permet pas d'afficher un fond de plan détaillé (type Plan Corps de Rue Simplifié – standard PCRS) à l'échelle topographique (1/200 à 1/500 en zones urbaines) et de produire des plans conformes à la réglementation (position du réseau en classe A et donc emprises et orientation des chambres ; indication des coordonnées X, Y et Z de certains points du réseau ; cotations ; échelle graduée...).

Un projet collaboratif nommé GraceTHD-MOD et lié au géostandard ANT GraceTHD vise à lister l'ensemble de la documentation nécessaire ainsi que l'usage et le contenu type des différents documents. Il propose également un système de référencement et de classement des documents, à adapter à chaque réseau. Ce projet peut servir de base à la réflexion pour la mise en place de la gestion documentaire.

7.7.5 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET INTEROPERABILITE

Les outils choisis doivent être ouverts, évolutifs en limitant au maximum les développements spécifiques afin de limiter les coûts d'exploitation à venir. Ils doivent offrir une haute disponibilité

(performances, sécurité, fiabilité). Les interfaces doivent être simples et conviviales pour obtenir l'adhésion du personnel. Ils doivent idéalement être accessibles en mobilité.

L'ouverture et l'interopérabilité des systèmes seront notamment facilitées par l'utilisation de standards et de formats ouverts de l'industrie.

Une application de gestion de documentation de réseau doit pouvoir communiquer avec d'autres applications comme, par exemple, des systèmes de surveillance (RFTS).

Sa modélisation et son paramétrage doivent également être compatibles avec les différents géostandards (Base Adresse Nationale, Plan Corps de Rue Simplifié, ANT GraceTHD...) et permettre de répondre aux exigences réglementaires en vigueur (code des postes et communications électroniques et arrêtés pour les modalités de communication d'informations à l'Etat et aux collectivités territoriales sur les infrastructures et réseaux / directives Arcep pour la fourniture des données / réglementation travaux à proximité des réseaux).

Le géostandard ANT GraceTHD doit être privilégié pour les échanges d'informations entre acteurs.

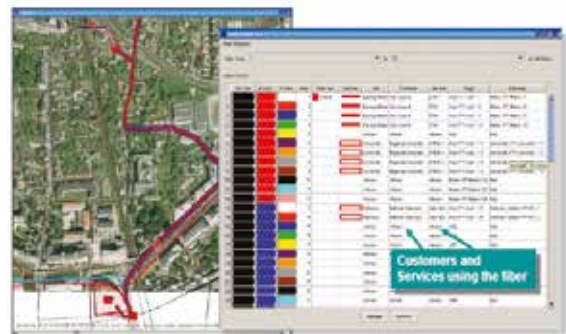


Figure 7.18 : exemple de cartographie

7.7.6 - LES PROCEDURES DE GESTION DOCUMENTAIRE

En complément d'une documentation et d'outils facilement accessibles, la mise en place de procédures d'acquisition et de gestion documentaire est indispensable pour garantir la complétude et la mise à jour systématique des bases de données référentielles et de la base de documents. Le suivi de ces procédures et la mise à jour de la documentation demandent un effort qui doit être continu et maintenu afin de ne pas perdre les avantages que constitue la mise en place du

référentiel. Un manque de mises à jour entraîne un défaut de fiabilité du référentiel et peut rendre caduques les investissements associés à la mise en place et à l'alimentation du référentiel.

L'alimentation et la mise à jour du référentiel doit être faite le plus directement possible (éviter les doubles saisies facteurs d'erreurs, favoriser la saisie « à la source »). Elle doit faire l'objet de contrôles automatisés et de contrôles manuels par échantillonnage.

7.8 - LES OUTILS DE SURVEILLANCE ET D'AIDE A L'EXPLOITATION

Les systèmes de surveillance de câbles optiques deviennent les outils incontournables de la maîtrise du réseau optique et d'aide à l'exploitation. En effet, ils proposent de fournir un état synthétique quasiment temps-réel du réseau surveillé. Le principe est d'utiliser une ou plusieurs fibres par câble, de réaliser des mesures réflectométriques sur chacune de ces fibres et de comparer cette mesure avec la trace réflectométrique de référence prise à la mise en service. Les fibres surveillées peuvent être des « fibres noires » (non utilisées) ou des « fibres actives » (utilisées en transmission). Dans ce dernier cas, une longueur d'ondes différente de celles utilisées en transmission est utilisée.

La topologie d'un réseau de fibre optique dans le réseau d'accès est plus complexe que dans le cas des réseaux « longue distance ». Les mesures effectuées par les OTDR fournissent une localisation des défauts en linéaire par rapport au point de mesure ou par rapport aux points particuliers (soudures, connecteurs...). Or cette localisation des défauts doit être géographique pour permettre une intervention plus rapide, d'autant plus que les techniciens du réseau d'accès ont à faire face à des technologies différentes qui nécessitent des compétences variées. Les systèmes de surveillance sont donc au carrefour entre les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), les mesures réflectométriques automatisées et les systèmes de gestion d'astreintes afin de réduire les temps d'intervention et de remise en état des réseaux optiques surveillés.

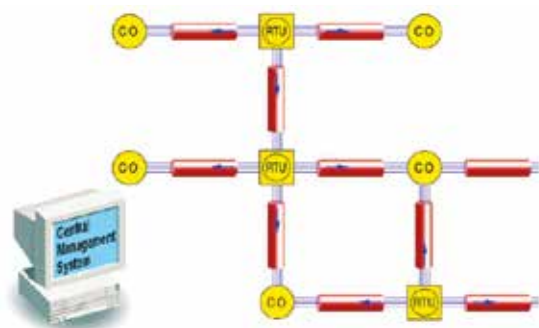


Figure 7.19 : système de surveillance RFTS

Les principaux avantages d'un système de surveillance de câbles optiques sont repris cidessous :

- diminution du temps de rétablissement ;
- détection des dégradations avant que le service soit affecté ;
- détection des intrusions ;
- démarcation entre les différents intervenants ;
- attraction de nouveaux clients.

7.9 - EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE LA COUCHE OPTIQUE ACTIVE

En cas de défaut, grâce aux différents systèmes de gestion des équipements actifs, l'exploitant du réseau pourra dans une première analyse pré-localiser la zone en cause : défaut affectant l'OLT, défaut entre le NRO et l'utilisateur.

Dans le cas d'un défaut situé entre le NRO et le DTIO/PTO, l'exploitant aura la vision des ONT en défaut. Ces informations, couplées à la consultation du SIG, permettront de pré-localiser le tronçon concerné, en particulier dans le cas d'une architecture Point à Point.

Dans le cas d'une architecture Point Multipoint (PON), la procédure de diagnostic est sensiblement plus complexe et plusieurs cas sont à envisager :

- un ONT en défaut ;
- plusieurs ONT en défaut raccordés derrière un même coupleur ;
- tous les ONT en défaut.

Dans le cas où un seul ONT est en défaut, un technicien se déplacera chez le client. Celui-ci validera, par inspection visuelle, l'état de fonctionnement de l'ONT (synchro, puissance...) grâce aux « LEDs » en face avant et vérifiera le branchement de l'installation (câble de

branchement / prise optique/cordon optique). Il procédera, le cas échéant au nettoyage des connecteurs. Il procédera à une mesure de puissance (photométrie).



Figure 7.20 : insertion d'un testeur dans l'installation d'abonné

En fonctionnement normal, l'ONT émet un signal à 1310 nm, s'il reçoit le signal à 1490nm de la carte OLT. Le test permettra de vérifier la présence et le niveau du signal.

Si le signal à 1490 nm en provenance de l'OLT est trop faible ou absent, le problème se situe au niveau du parcours optique ou de l'émission. Si la réception de signal à 1490nm est correcte et le niveau du signal de l'ONT à 1310 nm trop faible, l'anomalie se situe au niveau de l'ONT.

Il se peut aussi que l'ONT à 1310nm émette une puissance correcte mais que, en raison de réflectances trop importantes, le signal n'atteigne pas le central.

L'étape suivante permet de valider le parcours optique depuis le point d'accès d'abonné. On branchera une source laser rouge visible sur la prise optique afin de suivre le câble sur sa partie visuellement accessible jusqu'au PBO.

Si la lumière rouge n'apparaît pas, l'incident se situe entre la prise et le PBO, au niveau du câble de branchement ou de la prise.

Si le défaut n'est pas visible de façon évidente (écrasement, travaux en cours...), on réalise en complément du test précédent, une mesure réflectométrique à 1625 nm à la prise optique pour localiser la contrainte.

Il est à noter que le service peut être défectueux alors que l'ONT est fonctionnel et le bilan optique conforme. Dans ce cas, le client est pollué par un ONT défaillant chez un autre client ; ONT émettant au même moment que le client en défaut. Cette double émission simultanée est alors

incompréhensible pour l'OLT. Cet ONT défaillant émettant à un autre moment que celui qui lui est attribué est appelé « rogue » ONT (ou ONT « pollueur »). Cette défaillance peut être répétitive, c'est alors toujours le même autre client qui est impacté ; ou alors aléatoire (émission aléatoire dans le temps à tout moment), et le nombre de clients impactés peut-être très variable. Sa mise en évidence n'est donc pas une chose aisée.

Il existe aussi un cas où un ONT va émettre de manière continue, on parle d'ONT « tueur ». La totalité des clients sur l'arbre PON est alors perturbée et en défaut. Pour déterminer l'ONT en défaut, il faut alors les déconnecter par commande logicielle les uns après les autres.

Dans le cas où plusieurs ONT sont en défaut, la consultation de la base de données (SIG) permettra de déterminer le PBO en défaut. Un technicien se déplacera sur le PBO en défaut. En première analyse, celui-ci utilisera une pince optique pour s'assurer que le signal passe de l'OLT vers l'ONT.

Si c'est le cas, le problème se situe entre le PBO et l'ONT. Si, par contre, il n'y a pas de signal, le problème se situe entre PBO et l'OLT pour une architecture P2P ou entre le(s) coupleur(s) pour une architecture PON.

La localisation se fera alors avec un réflectomètre à 1625nm que l'on raccordera généralement avec une épissure mécanique.

Si l'accès chez un client est possible, le réflectomètre peut être raccordé au réseau sur la prise terminale optique.

Dans le cas où tous les ONT sont en défaut, le problème peut venir soit de l'interface optique de l'OLT dans le cas d'un PON, soit du câble de transport.

Le technicien se déplacera au nœud de raccordement optique. En l'absence d'une cause de défaut visuellement évidente au NRO, on débranche le câble de la carte OLT et on réalise une mesure réflectométrique.

Les différents cas décrits précédemment illustrent bien l'intérêt pour le gestionnaire, d'associer la supervision des alarmes remontées par les équipements actifs avec la gestion de l'infrastructure fibre.

Les avantages d'un système de supervision fibre optique de test centralisé sont les suivants :

- les réseaux qui n'ont pas de possibilité d'avoir des routes optiques de secours seront en situation critique si le câble est coupé (pas de redondance possible) ;
- le point de démarcation du défaut (lien physique / équipement) est difficile à déterminer car l'équipement terminal n'est pas de la responsabilité du Gestionnaire ;
- une coupure de fibre est plus courante dans le réseau d'accès, car c'est dans cette partie qu'il y a le plus d'interventions et de travaux ;
- le réseau d'accès peut également utiliser d'autres technologies (radio, cuivre), il n'est pas toujours possible de disposer des ressources ad-hoc avec les bonnes compétences optiques ;
- par nature de la technologie PON, il est plus difficile de localiser un défaut que sur un réseau traditionnel (P2P) ;
- en zones moins denses, les temps de déplacement sur site sont plus longs ;
- une documentation détaillée du réseau favorise les échanges et limite les ressources internes.

La mise en place du concept d'exploitation et de maintenance du réseau d'accès sera guidée par les contraintes d'optimisation des ressources, de poursuite d'un objectif de qualité et de disponibilité optimum.

La maintenance étant liée à l'exploitation, la mutualisation des équipes pour ces deux tâches pourra également être considérée.

L'inconvénient reste le coût de la solution pour des services dédiés aux particuliers. La fiabilité de la fibre qui se dégraderait moins que le cuivre dans le temps ne joue pas non plus en faveur de ce type de solutions.

La phase de déploiement est déterminante pour garantir la longévité du réseau. Si la pose a été correctement réalisée et qualifiée, l'infrastructure optique vieillira d'autant mieux, diminuant fortement les risques d'intervention.

7.10 - EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE LA ZONE ABONNE

Si le promoteur est le propriétaire du câblage d'immeuble, il lui est conseillé d'en concéder l'exploitation et la maintenance par convention à l'opérateur d'immeuble. Ceci assurera aux occupants des appartements l'exploitation d'un service de bout en bout allant du NRO à la prise d'abonné.

L'exploitation et la maintenance tiendront compte des contraintes suivantes :

- la difficulté d'accès aux points de mesure ;
- la fibre est éclairée, le réseau étant en fonctionnement ;
- la présence de coupleurs dans les architectures Point-Multipoint.

La maintenance sera réalisée avec plusieurs types d'équipements présentés ci-dessous par ordre d'intervention :

- un laser rouge ou source visible VFL se raccordera, en cas de panne, sur la prise optique de l'abonné. Si la lumière rouge n'apparaît pas au niveau du PBO, probabilité de rupture ou d'écrasement. Si elle apparaît bien au PBO, on recherchera une éventuelle contrainte à l'aide d'un OTDR ;
- un testeur photométrique PON mesurera les niveaux de puissance à 1310 et 1490 nm en s'insérant sur la liaison ;
- un réflectomètre optique avec un module OTDR à 1625 nm filtré. La longueur d'ondes de 1625 nm évitera de perturber le réseau lorsqu'il sera connecté de l'ONT (abonné) vers l'OLT (Nœud d'Accès NRO).

Jusqu'à récemment, étaient utilisées des pinces de trafic permettant de valider la présence d'un signal, son sens de transmission, voire d'obtenir une estimation de la puissance, en courbant localement la fibre optique. Or cet outil ne fonctionnera pas pour les fibres G657 dorénavant utilisées dans les réseaux d'accès, ces fibres étant insensibles au rayon de courbure.



8

ACRONYMES

Acronymes	Terminologie	Définitions
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Technologie de transmission de signaux numériques sur les paires cuivre utilisées dans le réseau de distribution du RTC
ADSS	All Dielectric Self Supported	Technologie de câble aérien autoporté
AFNOR	Association Française de Normalisation	
AMF	Association des Maires de France	
AMII	Appel à manifestations d'intentions d'investissements	Projets déclarés en 2011 des opérateurs de déploiements de réseaux de boucle locale à très haut débit en fibre optique à horizon de 5 ans sur des zones situées hors des zones très denses
AMO	Assistance à Maîtrise d'Ouvrage	
ANT	Aménagement numérique du territoire	L'aménagement numérique du territoire est le processus par lequel les acteurs publics améliorent les conditions d'accès aux ressources de la société de l'information, pour la population (particuliers et entreprises) de leur territoire
AON	Active Optical Network	Architecture de réseau FTTH mettant en œuvre une double étoile active et des composants électroniques actifs dans le réseau d'accès
APD	Avant-Projet Détaillé	Livrable dans le cadre des missions de maîtrise d'œuvre
APC	Angled Physical Contact	Désigne une technique utilisée dans les raccordements monomodes nécessitant un affaiblissement de réflexion élevé. La technique est applicable à différents standards de connecteurs (FC, SC...) et permet d'obtenir, par un contact physique angulaire des deux fibres, une réjection des réflexions (Return-Loss)
APS	Avant-Projet Sommaire	Livrable dans le cadre des missions de maîtrise d'œuvre
Arcep	Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes	Autorité administrative indépendante française chargée, entre autre de réguler le marché et les services de communications électroniques
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Technique de transfert asynchrone et de commutation de paquets qui permet de multiplexer des données numériques sur une même ligne de transmission
AVICCA	Association des Villes et Collectivités pour les Communications électroniques et l'Audiovisuel	Association regroupant des collectivités territoriales françaises (villes, intercommunalités, départements, syndicats mixtes, etc.) actives pour l'aménagement de leur territoire en réseaux de communications électroniques et le développement des services et des usages
BLOD	Boucle Locale Optique Dédiée	
BLOM	Boucle Locale Optique Mutualisée	
BLR	Boucle Locale Radio	
BPE	Boîtier de Protection d'Epissures	Matériel passif mis en œuvre dans le déploiement des réseaux optiques
BPE	Béton Prêt à l'Emploi	Le BPE est préparé dans des installations fixes, les centrales à béton, et transporté jusqu'au lieu d'utilisation par camions malaxeurs ou camions bennes

Acronymes	Terminologie	Définitions
BPI	Boîtier de Pied d'Immeuble	Composant de la couche optique passive positionné en pied d'immeuble et permettant de desservir les usagers de l'immeuble
B-PON	Broadband Passive Optical Network	Technologie de réseau PON standardisée par l'ITU-T et fondée sur le protocole ATM
BPU	Bordereau de Prix Unitaires	
BT	Basse Tension	Niveau hiérarchique du réseau de distribution de l'électricité
CAPEX	Capital Expenditure	Dépenses d'investissement
CCI	Chambre de Commerce et d'Industrie	Les CCI fournissent informations, conseils et outils pratiques aux entreprises, créateurs d'entreprises, étudiants et lycéens, collectivités territoriales
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières	
CEI	Commission électrotechnique internationale	La CEI est l'organisation internationale de normalisation chargée des domaines de l'électricité, de l'électronique et des techniques connexes
CEN	Confiance dans l'Economie Numérique (loi pour la)	Loi n°2004-575 de juin 2004
CENELEC	Comité Européen de Normalisation en Electronique et en Electrotechnique	Organisme européen de normalisation
CEREMA	Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement	
CGCT	Code Général des Collectivités Territoriales	Ensemble des articles de loi régissant le fonctionnement des Collectivités Territoriales
CL	Centre Local	Etablissement de France Télécom, intégré dans l'architecture du réseau téléphonique
CMP	Code des Marchés Publics	
CPE	Customer Premises Equipment	Le CPE est un équipement qui se trouve dans le site d'un client (d'une entreprise) et qui est raccordé à l'infrastructure d'un opérateur via la boucle locale
CPCE	Code des Postes et Communications Electroniques	Code juridique qui regroupe des dispositions réglementaires et législatives relatives aux communications électroniques et au service postal
CPL	Courant porteur en ligne	Technique de transmission de données permettant d'utiliser le câblage d'alimentation électrique à l'intérieur du logement
CPSD	Convention de Programmation et de Suivi des Déploiements	
CREM	Conception Réalisation Exploitation Maintenance (contrat de)	Un des modes de passation des marchés publics
CRI	Compte-Rendu d'Intervention	
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing	Technique de multiplexage en longueurs d'ondes. Les longueurs d'ondes sont ici relativement espacées
DDT	Direction départementale des territoires	La DDT met en œuvre les politiques publiques d'aménagement et de développement durable du territoire
DGE	Direction Générale des Entreprises	

Acronymes	Terminologie	Définitions
DICT	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux	
DIR	Direction interdépartementale des routes	Service dépendant de la direction des infrastructures de transport du ministère de l'écologie, créé dans le cadre du transfert des routes nationales d'intérêt local aux départements
DIUO	Dossier d'Interventions Ultérieures sur l'Ouvrage	
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification	Norme spécifique permettant le transfert de données à vitesse élevée (internet) sur un système de télévision par câble existant. La norme actuelle de référence est DOCSIS 3.0
DOE	Dossier des Ouvrages Exécutés	Terme d'ingénierie décrivant les dossiers de récolement et recette dans une construction
DP	Domaine Public	En droit public français, le domaine public est l'ensemble des biens appartenant à l'État, à des collectivités locales et à des établissements publics et affectés à une utilité publique
DQE	Devis Quantitatif Estimatif	
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement	Service déconcentré du Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement
DSL	Digital Subscriber Line	Voir ADSL
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	Équipement d'interface permettant de concentrer les accès ADSL au niveau du répartiteur cuivre du NRA
DSP	Délégation de Service Public	Moyen réglementaire permettant aux collectivités de gérer les services fournis aux administrés au travers d'un délégataire, Cette solution est beaucoup employée pour mettre en œuvre les infrastructures territoriales de communication
DT	Déclaration de Travaux	
DTIO	Dispositif de Terminaison d'Intérieur Optique	Équipement de la couche optique passive décrivant la prise terminale d'abonné
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing	Technique de multiplexage (optique) en longueur d'ondes permettant de véhiculer plusieurs signaux sur la même fibre optique, par la mise en œuvre de plusieurs (jusqu'à 100 canaux) dans la même fenêtre de transmission (1550 nm) avec un espacement de 0,25 à 1,6 nm
EDGE	Enhanced Data rate for GSM Evolution	Norme compatible avec le GSM (2 ^{ème} génération) permettant d'augmenter les débits et dite aussi 2.75G (voir GPRS)
EL	Equivalent Logement	
ELD	reprise Locale de Distribution	Entreprise locale concessionnaire du service de distribution de l'électricité
ENEDIS		Entreprise nationale (anciennement ERDF) concessionnaire du service de distribution de l'électricité
EPON	Ethernet Passive Optical Networks	Technologie de réseau PON standardisée par l'IEEE (IEEE 802.3ah) et fondée sur la norme Ethernet
EPCI	Établissement public de coopération intercommunale	L'EPCI est une structure administrative regroupant des communes ayant choisi de développer des compétences en commun

Acronymes	Terminologie	Définitions
ETEL	Espace Technique Electrique du Logement	
ETSI	European Telecommunication Standardization Institute	Organisme Européen chargé de la normalisation pour l'ensemble du domaine des télécommunications
EuroDOCSIS		Variante européenne de la norme DOCSIS
FAI	Fournisseur d'Accès à Internet	Fournisseur de services d'accès à l'internet.
FANT	Fonds d'Aménagement Numérique des Territoires	Créé par la loi Pintat du 17/12/2009
FC	Fiber Connector	Type de connecteur optique à fêrûle céramique Ø 2,5 mm
FC/APC	Fibre Connector/Angled Physical Contact	Connecteur FC de type APC (voir APC)
FDDI	Fiber Distributed Data Interface	Standard de transmission de données à 100Mbit/s sur un réseau local en fibres optiques
FH	Faisceau Hertzien	Liaison radioélectrique point à point, bilatérale et permanente (full duplex)
FIRIP	Fédération des Industriels des Réseaux d'Initiative Publique	
FMC	Field Mountable Connector	Technologie de connecteur optique à montage « terrain »
FNCCR	Fédération nationale des collectivités concédantes et régies	la FNCCR représente ses adhérents au niveau national, auprès des pouvoirs publics, des instances européennes et des entreprises concessionnaires
FRP	Fibre Reinforced Polymer	Matière polymère résistante utilisée dans la protection des câbles
FSAN	Full Service Access Network	Terme générique regroupant les normes des réseaux d'accès optiques issus des acteurs majeurs des télécoms (opérateurs et équipementiers) des années 1990
FSN	Fonds national pour la Société Numérique	Le FSN accompagne le développement de l'économie numérique par la mobilisation de moyens à destination des entreprises et des structures de recherche et développement
FSO	Free Space Optic	Technologie de liaison point à point mettant en œuvre la transmission des signaux par un faisceau optique en transmission libre (non guidée) dans l'atmosphère
FTTA	Fibre To The Antenna	
FTTDP	Fibre To The Distribution Point	
FTTE	Fibre To The Enterprise	
FTTH	Fibre To The Home	Architecture de réseau de distribution sur fibres optiques où la terminaison optique est située dans le logement des usagers
FTTH-Pro		
FTTN	Fibre To The Node	
FTTO	Fibre To The Office	
FTTx	Fibre To The x	Terme générique décrivant les différentes architectures de réseau de distribution optique (FTTC, FTTLA, FTTN, FTTB, FTTH)
GC	Génie Civil	
G-CANT		Association regroupant les Conseils de l'Aménagement Numérique du Territoire

Acronymes	Terminologie	Définitions
G-FAST		Protocole applicable aux lignes xDSL permettant d'augmenter les débits pour les lignes courtes (ITU-T G.9700 et 9701)
GFU	Groupe Fermé d'Usagers	Ensemble d'utilisateurs ayant la possibilité de communiquer entre eux, mais pas avec l'extérieur, sauf exception
GIX	Global Internet eXchange	Point physique permettant aux fournisseurs d'accès internet (FAI-ISP) d'échanger du trafic internet entre leurs réseaux grâce à des accords mutuels dits de « Peering »
G PON	Gigabit-capable Passive Optical Network	Technologie de réseau PON standardisée par l'ITU-T
GPRS	Global Packet Radio service	Evolution de la norme GSM (2 ^{ème} génération) permettant d'augmenter les débits par l'introduction de techniques de transmission par paquets et dite aussi 2.5G
GSM	Global System for Mobile Communication	Norme européenne de téléphonie cellulaire très répandue dans le monde, en concurrence avec la norme CDMA
GTC	Gestion Technique Centralisée	
GTI	Garantie de Temps d'Intervention	Règle imposée aux sous-traitants en charge de la maintenance des réseaux
GTL	Gaine Technique du Logement	
GTR	Garantie de Temps de Rétablissement	Règle imposée aux sous-traitants en charge de la maintenance des réseaux
HD	Haut Débit	Débit inférieur aux critères définis pour le très haut débit et au minimum supérieur ou égal à 512Kbit/s
HFC	Hybrid Fibre Coax	Architecture de réseau large bande basée sur l'introduction de technologies optique sur le transport, tout en assurant la distribution finale vers les abonnés par des technologies coaxiales arborescentes
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access	Protocole de téléphonie mobile constituant une évolution logicielle de la 3G (UMTS, dite aussi 3.5G ou 3G+). Les performances de cette technologie sont dix fois supérieures à la 3G (UMTS R'99) et permettent d'approcher les performances des réseaux DSL
HTA	Haute Tension A	Niveau hiérarchique du réseau de distribution de l'électricité
IEC	International Electrotechnical Commission	Comité de normalisation international
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Société scientifique basée aux Etats Unis active dans l'établissement de standards dans le domaine des réseaux et télécommunications
IMT-2000	International Mobile Telecommunications-2000	IMT-2000 désigne les technologies d'accès radio des systèmes cellulaires de la troisième génération qui sont retenues par l'UIT
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques	
IP	Internet Protocol	Protocole de communications qui attribue à chaque machine une adresse qui permettra l'échange d'informations, transmises de manière discontinuée (par paquets)
IPTV	Internet Protocol Television	L'IPTV utilise la même infrastructure que l'accès Internet, mais avec une bande passante réservée

Acronymes	Terminologie	Définitions
IRIS	Découpage du territoire en mailles de taille homogène	Les communes de 10 000 habitants et une forte proportion des communes de 5 000 à 10 000 habitants sont découpées en IRIS
IRU	Indefeasible Rights of Use	C'est un droit imprescriptible régi par contrat entre un opérateur et le propriétaire d'une infrastructure. La traduction française est « Droit Irrévocable d'Usage » (DIU)
ISO	Organisation internationale de normalisation	L'ISO est le plus grand organisme de normalisation au monde
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunications Standardisation Section	Section Télécommunications de l'Union Internationale des Télécommunications, organisme de normalisation des télécoms basé à Genève
LAN	Local Area Network	Réseau Local –Réseau d'entreprise
LC	Local Connecteur	Type de connecteur optique basé sur une ferrule Ø 1,25 mm
LFO	Liaison Fibre Optique	Offre de France Télécom permettant le raccordement passif par fibre optique des répartiteurs distants NRA-NRA et NRA-POP
LMDS	Local Multipoint Distribution Service	Version particulière du MMDS
LME	Loi de Modernisation de l'Économie	La loi de modernisation de l'économie (LME) est une loi du 4 août 2008, constituée de quatre grands volets : encourager les entrepreneurs, relancer la concurrence, renforcer l'attractivité du territoire et améliorer le financement de l'économie
LTE	Long Term Evolution	Evolution de la norme 3G de téléphonie mobile vers la 4ième génération
LSOH	Low Smoke (0) zero Halogen	Matériau de gainage optique assurant en cas d'incendie une faible diffusion de fumées et le non dégagement de substances halogènes
MAC	Matériau Auto Compactant	
MAN	Metropolitan Area Network	Réseau métropolitain de télécommunications
MCO	Maintien en Conditions Opérationnelles	
MeD	Montée en Débit	Réaménagement de la boucle locale cuivre de France Télécom pour apporter de meilleurs débits et services
MIMO	Multiple Input Multiple Output	Technique de multiplexage utilisée dans la norme 802.11n
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution System	Système de distribution large bande utilisant la diffusion terrestre sur des fréquences allant de 1 à plusieurs dizaines de GHz
MOe	Maître d'Œuvre	
MOP	Maîtrise d'Œuvre Publique	La loi sur la maîtrise d'œuvre publique, dite loi MOP, définit les missions confiées à un maître d'œuvre
MLPS	Multi Protocol Label Switching	Standard permettant l'optimisation du routage des paquets IP dans un réseau d'opérateur ; il est indépendant des protocoles des couches 2 et 3 de l'ISO
M-SAN	Multi Service Access Node	
MTBF	Mean Time Between Failures	Temps moyen entre pannes ou durée moyenne entre pannes

Acronymes	Terminologie	Définitions
MVDS	Multipoint Video Distribution system	Autre terminologie utilisée pour le MMDS
NA	Nœud d'Accès	
NF	Nœud de Flexibilité	Nœud de l'architecture du réseau d'accès optique
NG-PON (1 et 2)	Next Generation Passive Optical Network	Normes développées par l'ITU-T en évolution des normes GPON NG-PON1 : débit maximum descendant 10 Gbit/s/fibre NG-PON2 : débit maximum descendant 40 Gbit/s/fibre
NO	Nœud Optique	Equipement de ligne optoélectronique mis en œuvre dans les architectures HFC et FTTLA des réseaux câblés
NRA	Nœud de Raccordement d'Abonné	Le NRA est le siège du répartiteur général dans le réseau de boucle locale de France Télécom. C'est au niveau du NRA que les opérateurs alternatifs disposent de l'accès à la boucle locale et peuvent dégroupier les lignes de leurs abonnés
NRA-ZO	Nœud de Raccordement d'Abonné en Zone d'Ombre	NRA créés afin de réduire la distance de ligne des abonnés pour certains sites, d'augmenter le débit des services DSL sur ces lignes et de supprimer les lignes inéligibles
NRO	Nœud de Raccordement Optique	Point de concentration du réseau en fibre optique d'un opérateur où sont installés les équipements actifs. Dans certains cas, le NRO peut assurer la fonction de PM
OAM	Operation administration and management	Ou Operations, administration and maintenance ou Operations and maintenance
OC	Opérateur Commercial	Opérateur choisi par le client final pour lui délivrer le service de communications électroniques ou par un fournisseur d'accès au service pour la fourniture d'un service de communications électroniques à son propre client final
OCEL	Opérateur Commercial d'Envergure Locale	
OEN	Opérateur commercial d'Envergure Nationale	
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Procédé de codage des signaux numériques par répartition en fréquences orthogonales sous forme de multiples sous-porteuses
OI	Opérateur d'Immeuble ou Opérateur d'Infrastructures	Organisme qui a signé une convention avec le propriétaire ou le syndicat de copropriété pour câbler l'immeuble
OLT	Optical Line Termination	Terminaison optique du réseau d'accès située dans le central de rattachement
ONT	Optical Network Termination	Terminaison optique du réseau
OPEX	Operational Expenditure	Dépenses d'exploitation
ORL	Optical Return Loss	Réfectance : affaiblissement de réflexion d'onde en retour
OT	Ordre de Travaux	
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer	Réfectomètre optique : appareil de mesure destiné à analyser et qualifier une liaison fibre optique
P2P	Point à Point	Terme utilisé pour décrire une architecture de réseau Point à Point

Acronymes	Terminologie	Définitions
PA	Point d'attente	
PABX	Private Automatic Branch Exchange	Autocommutateur téléphonique privé
PBO	Point de Branchement Optique	Nœud de l'architecture du réseau d'accès optique à partir duquel sont raccordés les clients
PC	Point de Concentration	Nœud de l'architecture du réseau d'accès cuivre à partir duquel sont raccordés les clients
PC	Physical Contact	Désigne une technique utilisée dans les raccordements fibre optique et qui permet de mettre en contact et d'aligner deux extrémités de fibre avec un contact physique au niveau des cœurs
PD(O)	Point de Démarcation (Optique)	
PeHD	Polyéthylène Haute Densité	Ces produits sont adaptés à la pose de câbles dans les réseaux de communications électroniques
PeMD	Polyéthylène Moyenne Densité	Matériau de gainage des câbles optiques
PF	Programme fonctionnel	
PLC	Planar Lightwave Circuit	Technologie de fabrication de coupleurs optiques utilisés dans les réseaux PON sur substrat, proche de la microélectronique
PLU	Plan Local d'Urbanisme	Principal document d'urbanisme et de planification au niveau communal et intercommunal
PM	Point de Mutualisation	Point d'extrémité où l'opérateur d'infrastructures donne accès aux lignes à d'autres opérateurs. A partir de ce « point » dans l'architecture réseau des opérateurs, le réseau très haut débit en fibre optique est mutualisé entre les opérateurs (en desserte vers les abonnés)
PMD	Polarization Mode Dispersion	Dispersion des Modes de Polarisation : phénomène de dispersion dû à la différence de temps de propagation entre deux modes orthogonaux sur une liaison monomode longue distance
PNTHD	Programme National Très Haut Débit	Programme national en faveur du très haut débit défini par le gouvernement en juin 2010 avec un objectif de couverture de 100% de la population en 2025
PON	Passive Optical Network	Réseau Optique Passif - Terme générique regroupant les architectures de réseau d'accès de type partagé et fondé sur les technologies fibres optiques. Elles se déclinent généralement en PON, E-PON et G-PON
POP	Point de Présence Opérateur	Local dans lequel sont hébergés les équipements d'un opérateur et à partir duquel il peut délivrer des services
PPP	Partenariat Public Privé (Contrat de)	Un des modes de passation des marchés publics
PR	Point de Récupération fibre	Egalement appelé Point de Raccordement
PRDM	Point de Raccordement Distant Mutualisé	Point situé en amont du point de mutualisation dont les caractéristiques sont les mêmes que celles d'un point de mutualisation établi en l'absence d'offre de raccordement distant. C'est le point de livraison de l'offre de raccordement distant

Acronymes	Terminologie	Définitions
PRM	Point de Raccordement Mutualisé	Offre de référence France Télécom pour l'accès à la sous-boucle filaire, en mono injection, selon les recommandations de l'Arcep de juin 2011
PRP	Point de Raccordement passif	Offre de France Télécom pour l'accès à la sous-boucle filaire
PTO	Prise de terminaison optique	Prise optique installée à l'intérieur d'un logement ou d'un local à usage professionnel. C'est le point de terminaison du réseau FTTH (appelé aussi DTIO)
PVC	PolyVinyl Chloride	Matériau de gainage des câbles optiques et de composition des fourreaux
PVR	Polyester	Polyester renforcé de verre
QMDA	Quadruple Division Multiple Access	Protocole pour les réseaux radio
QOS	Quality Of Service	Qualité de Service
RFoG	Radio Frequency over Glass	Technologie réseau répondant aux normes DOCSIS dans laquelle le signal RF est transporté sur un PON
RFTS	Remote Fibre Test System	Système de surveillance et test de câbles (fibres) optiques à distance
RIP	Réseau d'Initiative Publique	Infrastructures de réseaux de communications électroniques établies sur son territoire par une collectivité en maîtrise d'ouvrage directe ou en délégation.
R-LAN	Radio Local Area Network	
RO	Répartiteur Optique	Nœud de raccordement optique qui assure des fonctions d'affectation et de brassage des fibres entre les câbles
RTO	Répartiteur de Transport Optique	Répartiteur optique principal situé dans le NRO
SC	Subscriber Connector	Technologie de connecteur optique utilisant une fêrulle Ø 2,5mm
SC/APC	SC - Angled Physical Contact	Connecteur SC de type APC offrant un meilleur taux de réflexion
SCORAN	Stratégie de Cohérence Régionale sur l'Aménagement Numérique	La SCORAN est une instance de concertation Etat-Collectivités pour fixer des ambitions et garantir une cohérence d'aménagement numérique du territoire
SCOT	Schéma de cohérence Territoriale	Document d'urbanisme qui détermine, à l'échelle de plusieurs communes ou groupements de communes un projet de territoire qui vise à mettre en cohérence l'ensemble des politiques sectorielles notamment en matière d'urbanisme, d'habitat, de déplacements et d'équipements commerciaux
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Hierarchie de transmission numérique synchrone définie par l'UIT-T
SDTAN	Schémas Directeurs Territoriaux d'Aménagement Numérique du Territoire	Créé par la loi PINTAT du 17/12/2009
SDUS	Schéma Directeur des Usages et Services Numériques	
SFF	Small Form Factor	Transmetteur compact enfichable à chaud
SIG	Système d'Information Géographique	Système d'Information permettant de gérer à partir d'une cartographie, les emplacements géo-référencés des équipements d'un réseau
SIT	Systèmes d'Information Territoriaux de l'Etat	

Acronymes	Terminologie	Définitions
SMC	Sheet Molding Compound (Polyester)	Mélange de résine polyester, de charges inertes et de fibres de renfort
SMF	Single Mode Fibre	Fibre optique unimodale ou monomode
SMO	Syndicat Mixte Ouvert	Etablissement public assurant la gouvernance d'un projet d'initiative publique
SPL	Société Publique locale	Société Anonyme assurant la gouvernance d'un projet d'initiative publique
SRADT	Schéma Régional d'Aménagement et de Développement du Territoire	Le SRADT fixe les orientations fondamentales à moyen terme, de développement durable du territoire régional
SRDE	Schéma Régional de Développement Economique	
SR	Sous Répartiteur	Point de raccordement des abonnés sur la boucle locale cuivre de France Télécom
SRO	Sous Répartiteur Optique	
TDCC	Tableau de Distribution Courant Continu	
TDM	Time Division Multiplexing	Le multiplexage temporel permet à un émetteur de transmettre plusieurs canaux numériques élémentaires (voix, données, vidéo) sur un même support de communication à plus haut débit en entrelaçant dans le temps des échantillons de chacun de ces canaux.
TDMA	Time Division Multiple Access	Norme de multiplexage temporel appliqué à la téléphonie mobile
TGBT	Tableau Général Basse Tension	
THD	Très Haut Débit	Accès à internet avec un débit supérieur à celui d'un accès à haut débit de type ADSL (critères Arcep : supérieur à 30 Mbit/s dans le sens descendant)
TNT	Télévision Numérique Terrestre	
TOIP	Telephony over IP	
TRI	Taux de Rendement Interne	
TVHD	Télévision Haute Définition	
TVUHD	Télévision Ultra Haute Définition	
TWDM-PON	Time and Wavelength Dense Multiplexing – Passive Optical Network	Combinaison des techniques de multiplexage temporel et en longueur d'ondes
UHF	Union Internationale des Télécommunications	Domaine fréquentiel s'étendant de 300 MHz à 3 GHz
UIT-T	Union Internationale des Télécommunications	Organisation intergouvernementale technique de coordination
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System	Norme constituant l'implémentation européenne des spécifications IMT-2000 de l'UIT pour les systèmes radio cellulaires 3G
UTE	Union Technique de l'Electricité	Organisme de normalisation français
UV	Ultraviolet	Rayonnement électromagnétique d'une longueur d'ondes plus courte que celle de la lumière visible
VHF	Very High Frequency	Domaine fréquentiel s'étendant de 30 à 300 MHz

Acronymes	Terminologie	Définitions
VideolP	Video over IP	La vidéo sur réseau IP est une technique qui permet de transmettre des flux vidéo via l'Internet ou tout autre réseau acceptant le protocole TCP/IP
VLAN	Virtual LAN	Réseau Local Virtuel
VOD	Video On Demand	La vidéo à la demande est une technique de diffusion interactive de contenus vidéo numériques offerts ou vendus par les réseaux câblés, comme Internet, ou les réseaux non câblés, comme la téléphonie 3G
VOIP	Voice Over IP	La voix sur réseau IP, ou « VoIP » pour Voice over IP, est une technique qui permet de communiquer par la voix via l'Internet ou tout autre réseau acceptant le protocole TCP/IP. Cette technologie est notamment utilisée pour supporter le service de téléphonie IP (« ToIP » pour Telephony over Internet Protocol)
VPN	Virtual Private Network	Alors que le WAN traditionnel est basé sur des lignes louées à l'opérateur, le VPN est déployé sur des infrastructures partagées, notamment à travers le protocole IP en utilisant le réseau Internet public (Internet VPN) ou en utilisant des liens IP privés (IP VPN)
WAN	Wide Area Network	Réseau d'entreprise s'étendant au-delà des limites du territoire privé, et permettant la mise en place d'applications telles que Intranet, Extranet ou la connexion de télétravailleurs fixes ou nomades (voir aussi V.LAN)
WDM	Wavelength Division Multiplexing	Système de multiplexage en longueurs d'ondes mis en œuvre dans les transmissions sur fibres optiques et partageant la ressource de transmission (la fibre) entre plusieurs flux transmis par des lasers spécifiques émettant à des longueurs d'ondes différentes; à l'arrivée le signal optique est filtré pour isoler les différents signaux élémentaires
Wi-Fi	Wireless Fidelity	Label lié aux matériels conformes aux normes IEEE 802.11
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Famille de normes, définissant les connexions à haut-débit par voie hertzienne
xDSL	X Digital Subscriber Line	Terme générique regroupant l'ensemble des technologies permettant la transmission de services haut débit sur les supports à paires torsadées cuivre traditionnels
XGS-PON		Norme développée par l'ITU-T en évolution des normes GPON, XG-PON1 et XG-PON2. Elle permet un débit symétrique de 10 Gbit/s/fibre
ZA	Zone Arrière	Zone géographique incluant les prises raccordables desservies par un même Point de Mutualisation (PM)
ZAC/ZAE	Zone d'Activité Commerciale / Economique	
ZMD	Zones moins denses	Les ZMD correspondent au complément des zones très denses
ZTD	Zones très Denses	Cadre réglementaire défini par l'Arcep. Elles regroupent 106 communes réparties sur 20 agglomérations ; le reste du territoire est défini « hors des zones très denses

9

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : analyse des marchés pertinents (source Arcep)	20
Figure 1.2 : articulation des documents (source : CEREMA Ouest)	24
Figure 1.3 : représentation cartographique des dossiers FSN (source AVICCA)	25
Figure 2.1 : représentation des différents niveaux hiérarchiques des réseaux (source CEREMA)	34
Figure 2.2 : organisation de la boucle locale cuivre	37
Figure 2.3 : services ADSL disponibles en fonction de la distance au NRA	37
Figure 2.4 : typologie des boucles locales optiques	38
Figure 2.5 : topologie FTTH point-à-point (P2P)	40
Figure 2.6 : topologie FTTH en PON	40
Figure 2.7 : réseau Point-à-Multipoint de type AON	41
Figure 3.1 : le modèle en couches du réseau d'accès	45
Figure 3.2 : architecture cible FTTH (source Mission France THD)	49
Figure 3.3 : PBO avec raccordement au fil de l'eau	50
Figure 3.4 : PBO avec pré-raccordement à 100%	50
Figure 3.5 : le câblage des immeubles collectifs	50
Figure 3.6 : schéma général des différentes configurations possibles	54
Figure 3.7 : la boucle locale cuivre	57
Figure 3.8 : les briques de la montée en débit	57
Figure 3.9 : comparaison synthétique	61
Figure 4.1 : les composantes du réseau d'accès	64
Figure 4.2 : accessoires pour fourreaux	65
Figure 4.3 : boîtier de dérivation pour micro-tubes	65
Figure 4.4 : chambre béton et accessoires	67
Figure 4.5 : regards de branchement	67
Figure 4.6 : les différents types d'appuis	68
Figure 4.7 : potelets pour façades	69
Figure 4.8 : les différents types de poteaux de distribution électrique	69
Figure 4.9 : pince fusible H+V fixation sur console	71
Figure 4.10 : pince fusible H+V fixation sur traverse	71
Figure 4.11 : fonctionnement du dispositif fusible	71
Figure 4.12 : fusible H sur console	71
Figure 4.13 : suspensions spiralées standard et renforcée	71
Figure 4.14 : exemple d'aménagement d'un local NRO/PM	72
Figure 4.15 : atténuation spectrale des fibres G652 B et D	74
Figure 4.16 : répartition des forces liées à la charge d'un câble suspendu	79
Figure 4.17 : câble optique en façade	80
Figure 4.18 : principe de l'accessibilité permanente	81
Figure 4.19 : vue en coupe d'un câble à accessibilité permanente	81
Figure 4.20 : câble de branchement pré-connectorisé	82
Figure 4.21 : exemples d'épissures mécaniques et outillages de mise en œuvre	82
Figure 4.22 : connecteurs SC/PC et SC/APC (vert)	83
Figure 4.23 : schéma de câblage d'un pigtail 900µm	83
Figure 4.24 : illustration de l'installation d'un pigtail 900µm	83

LISTE DES FIGURES

Figure 4.25 : schéma d'installation d'un pigtail 1,6 ou 2mm	84
Figure 4.26 : illustration de l'installation d'un pigtail 2mm en sortie de cassette	84
Figure 4.27 : principe de brassage d'une jarretière 1,6 ou 2mm	84
Figure 4.28 : exemple de connecteur monté terrain	84
Figure 4.29 : tiroirs 19 pouces hauteur 1.5U (1 coupleur 1x64) et 3U (2 coupleurs 1x64)	85
Figure 4.30 : modules coupleurs 2x2 (sortie sur raccords, et 1 des 2 entrées sur raccords)	85
Figure 4.31 : ingénierie type raccordement direct	86
Figure 4.32 : ingénierie type raccordement indirect	87
Figure 4.33 : répartiteurs sur fermes	88
Figure 4.34 : répartiteur en baie	88
Figure 4.35 : répartiteurs sur ferme en raccordement indirect	88
Figure 4.36 : baies en raccordement indirect	89
Figure 4.37 : câblage d'un répartiteur en ferme ou en baie à 100% de jarretières	89
Figure 4.38 : armoire de rue passive 2x28U RAL7035 anti graffiti	90
Figure 4.39 : socle CCV pour armoire de rue passive 2x28U outdoor	91
Figure 4.40 : armoire de rue active 2x28U RAL1015 anti graffiti	92
Figure 4.41 : armoire de rue passive 2x40U RAL7035 anti graffiti	92
Figure 4.42 : exemple d'implantation de répartiteurs SRO/PM en local	92
Figure 4.43 : exemple d'un répartiteur SRO/PM	93
Figure 4.44 : boîtier de jonction et piquage	94
Figure 4.45 : entrées et sorties de câbles	94
Figure 4.46 : exemples de système d'ouverture d'un boîtier	95
Figure 4.47 : exemples de point de récupération	95
Figure 4.48 : points de branchement optique façade, poteau et souterrain	96
Figure 4.49 : points de branchement optique façade	96
Figure 4.50 : schématisation du câblage d'un petit et d'un grand immeuble (gauche)	97
Figure 4.51 : exemple d'un PBO pour le câblage d'un immeuble ancien	98
Figure 4.52 : exemples de boîtiers d'étage	98
Figure 4.53 : exemple de boîtier de Transition Intérieur/Extérieur	98
Figure 4.54 : DTIO au format disjoncteur à monter sur RAIL DIN	98
Figure 4.55 : prises terminales optiques 2 fibres	99
Figure 5.1 : architecture générale pour les habitations individuelles	102
Figure 5.2 : architecture du câblage d'un lotissement pavillonnaire (reproduction autorisée par Objectif Fibre)	103
Figure 5.3 : cas d'un lotissement de 2 maisons individuelles (reproduction autorisée par Objectif Fibre)	103
Figure 5.4 : architecture générale pour les immeubles collectifs (reproduction autorisée par Objectif Fibre)	104
Figure 5.5 : architecture générale pour les zones d'activités	104
Figure 5.6 : impact du type de local sur la partie terminale	109
Figure 5.7 : confection de tranchée et mise en place des fourreaux sous chaussée (Classe Trafic Type T5)	110

LISTE DES FIGURES

Figure 5.8 : pose de fourreau en tranchée standard	110
Figure 5.9 : coupe d'une saignée réalisée en micro-tranchage classique - Pose de plusieurs fourreaux	111
Figure 5.10 : machine de micro-tranchage en milieu urbain	112
Figure 5.11 : micro -tranchage après réfection de la couche de roulement	112
Figure 5.12 : machine de micro-tranchage en milieu urbain ou semi-urbain sous chaussée	113
Figure 5.13 : machine de micro-tranchage sous chaussée ou trottoir	113
Figure 5.14 : atelier de micro-tranchage en action	114
Figure 5.15 : système de pose de micro-tubes par soufflage	114
Figure 5.16 : pose en conduite occupée avec un câble	114
Figure 5.17 : pose de micro-tubes indépendants	115
Figure 5.18 : pose de micro-tubes indépendants et micro-conduite	115
Figure 5.19 : mode opératoire de pose de chambre	116
Figure 5.20 : exemples d'implantation	117
Figure 5.21 : solution de racks avec gestion de câblage interne	119
Figure 5.22 : exemple de configuration couloir froid	120
Figure 5.23 : circulation d'air dans un corridor froid haute densité	120
Figure 5.24 : adduction d'un immeuble neuf (reproduction autorisée par Objectif Fibre)	121
Figure 5.25 : exemple de réalisation d'un local technique (reproduction autorisée par Objectif Fibre)	121
Figure 5.26 : colonne de communication en immeuble collectif (reproduction autorisée par Objectif Fibre)	122
Figure 5.27 : accessoires de contrôle des micro-tubes	123
Figure 5.28 : mandrin adapté au contrôle des conduites PVC	123
Figure 5.29 : mandrin adapté au contrôle des conduites PeHD	123
Figure 5.30 : pose par soufflage - tirage	125
Figure 5.31 : pose par soufflage	126
Figure 5.32 : mise en place du balisage	130
Figure 5.33 : mise en place des poulies provisoires	130
Figure 5.34 : passage dans les poulies	130
Figure 5.35 : mise en place du cerclage feuillard	130
Figure 5.36 : mise en place d'équerre	130
Figure 5.37 : mise en place de traverse	130
Figure 5.38 : implémentation avec love de blocage au plus près des pinces d'ancrage	131
Figure 5.39 : implémentation avec love de blocage derrière le boîtier d'épissures ou PBO	131
Figure 5.40 : dispositifs de lovage fixes	132
Figure 5.41 : dispositifs de lovage ajustable	132
Figure 5.42 : joint ou protection d'épissure optique	132
Figure 5.43 : positionnement d'un joint dans une chambre	133
Figure 5.44 : installation d'un boîtier dans une chambre	133
Figure 5.45 : entrée de câble par thermo rétractable	133

LISTE DES FIGURES

Figure 5.46 : entrée de câble par kit mécanique	134
Figure 5.47 : entrée de câbles multiples bloc GEL	134
Figure 5.48 : configuration joint droit	135
Figure 5.49 : configuration distribution	135
Figure 5.50 : configuration piquage en ligne	135
Figure 5.51 : soudeuse alignement sur cœur	137
Figure 5.52 : soudeuse alignement sur gaine	137
Figure 5.53 : kit d'épissurage mécanique	137
Figure 5.54 : organisation du câblage dans le logement (reproduction autorisée par Objectif Fibre)	139
Figure 6.1 : CPE susceptible de supporter quatre opérateurs de services indépendants	143
Figure 6.2 : schéma d'une chaîne de liaison Ethernet point à point	143
Figure 6.3 : schéma d'une chaîne de liaison GPON	144
Figure 6.4 : schéma d'une chaîne de liaison Ethernet en double étoile active (AON)	145
Figure 6.5 : exemple de NRO AON	146
Figure 6.6 : exemple d'OLT industriel	147
Figure 6.7 : coupleur 1x32 « nu » et coupleur 1x16 « pré-connectorisé »	147
Figure 6.8 : coupleur 1x32 en boîtier avec gaine 2mm	147
Figure 6.9 : exemples d'ONT industriels	148
Figure 6.10 : chaîne de liaison type d'une architecture PON	149
Figure 6.11 : mutualisation passive des PON	152
Figure 7.1 : localisateur de défaut visuel	154
Figure 7.2 : photomètre	154
Figure 7.3 : insertion d'un photomètre PON	154
Figure 7.4 : mesure de perte d'insertion	154
Figure 7.5 : réflectomètre	155
Figure 7.6 : exemple de trace réflectométrique	155
Figure 7.7 : sonde d'inspection	156
Figure 7.8 : outils de nettoyage	156
Figure 7.9 : bobine	156
Figure 7.10 : la Boucle Locale Optique Mutualisée (BLOM)	157
Figure 7.11 : tronçons sur la BLOM	157
Figure 7.12 : tests OTDR (NRO-PBO) – architecture avec coupleurs	159
Figure 7.13 : schéma mesure réflectométrique	163
Figure 7.14 : trace OTDR (NRO-PBO) – infrastructure comprenant des coupleurs	164
Figure 7.15 : réflectomètre de nouvelle génération	164
Figure 7.16 : surveillance dans le temps atténuation et réflectance	166
Figure 7.17 : affichage d'une alarme réseau dans la carte d'un SIG	166
Figure 7.18 : exemple de cartographie	170
Figure 7.19 : système de surveillance RFTS	171
Figure 7.20 : insertion d'un testeur dans l'installation d'abonné	172

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : comparaison des responsabilités pour les différents montages	27
Tableau 1.2 : comparaison des montages	28
Tableau 2.1 : débit nécessaire par programme TV	30
Tableau 2.2 : débit nécessaire par logement « moyen »	31
Tableau 2.3 : les différentes couches de réseau et leurs caractéristiques	35
Tableau 2.4 : répartition des NRA d'Orange par capacité	35
Tableau 2.5 : panorama des solutions d'accès	36
Tableau 2.6 : marché mondial FTTH	41
Tableau 3.1 : comparaison des solutions QoS+ applicables à la BLOM	46
Tableau 3.2 : longueur moyenne de câble par logement	56
Tableau 4.1 : rayons de courbure applicables aux micro-tubes	66
Tableau 4.2 : les normes applicables aux fourreaux télécom	66
Tableau 4.3 : chambres sous trottoir	67
Tableau 4.4 : chambres sous chaussée	67
Tableau 4.5 : normes applicables	68
Tableau 4.6 : systèmes de câblage	73
Tableau 4.7 : code des couleurs – fibres et modules	76
Tableau 4.8 : caractéristiques des câbles à forte contenance	77
Tableau 4.9 : prise en compte des conditions climatiques (hypothèses)	79
Tableau 4.10 : caractéristiques principales des épissures et connecteurs	85
Tableau 5.1 : micro-tranchage en milieu urbain sous chaussée - largeurs et profondeurs des micro- tranchées	113
Tableau 5.2 : micro-tranchage en milieu urbain sous trottoir - largeurs et profondeurs des micro-tranchées	113
Tableau 5.3 : correspondance des descriptions détaillées	120
Tableau 5.4 : dimension des mandrins en fonction des types et dimensions de la conduite à contrôler	124
Tableau 5.5 : caractéristiques du compresseur pour la pose par soufflage	127
Tableau 5.6 : distance de pose par flottage - câble de 11mm de diamètre	128
Tableau 6.1 : évolution des normes PON	144
Tableau 6.2 : caractéristiques GPON type d'un OLT industriel	147
Tableau 6.3 : caractéristiques standards des coupleurs PLC	148
Tableau 6.4 : modélisation des besoins en fibres de transport dans le cas de systèmes PON	149
Tableau 6.5 : caractéristiques comparées des systèmes P2P, AON et PON	150
Tableau 7.1 : tests à réaliser à l'établissement de l'infrastructure	161
Tableau 7.2 : valeur moyenne d'affaiblissement des différents composants d'un circuit optique	162
Tableau 7.3 : valeur moyenne des coupleurs optiques	162
Tableau 7.4 : bilan optique - recommandations de la Mission France Très Haut Débit	163



10

**LISTE DES
ADHERENTS
AU CREDO**

LISTE DES ADHERENTS DU CREDO

3M Télécommunications
ACOME
ADP
Al Phiber
ALTEIS
AMBITION TELECOM ET RESEAUX
ANT Conseil
ARTERIA
ASSOCIATION NOVE@
ARUFOG
AXIANS
AXIONE
BEM INGENIERIE
CADAGEO
CAILabs
CAISSE DES DEPOTS
CEREMA
CEV
CFPC
CIRCET
COMMSCOPE
CONSEIL GENERAL DES HAUTS DE SEINE (92)
DOTIC
DRIVOPTIC
EGIS MOBILITE
EIGHT
ENEDIS
ERI
ERT TECHNOLOGIES
ESIGELEC
FIBAPT
FIRIP
FNCCR
FOLAN
FORMA 2000+
FORTEL
GISMARTWARE
HOPI MEDICAL
IDEA OPTICAL
IFOTEC
INFRACTIVE
INNOVANCE
INSTITUT MINES TELECOM
ITEDEC
IUT de SAINT-MALO
LASER 2000
LEBON CONSEIL
LOGIC
LOOPGRADE
NOETIKA
NUMELINK
RATP
RESEAUTEL
RTE
SAFEGE
SCHNEIDER-ELECTRIC
SERFIM-TIC
SETICS
SIEA
SM-CI
SMIX Doubs THD
SNCF
SOBECA/FIRALP
SOCOTEC
STRATEGIC-SCOUT
TACTIS
TDF
TELCITE
TELECOM SAINT ETIENNE
TELECOM SUDPARIS
TELENCO NETWORKS
VIAVI
VIERLING COMMUNICATION
WAVIN NOVOTECH

The background features a complex, abstract pattern of glowing blue fiber optic lines. These lines originate from a central circular opening that recedes into the distance, creating a tunnel effect. The lines radiate outwards, some ending in small, bright blue dots. The overall color palette is dark blue and black, with the glowing lines providing a vibrant contrast.

11

**LISTE DU COMITE
EDITORIAL ET DES
CONTRIBUTEURS**



LISTE DU COMITE EDITORIAL ET DES CONTRIBUTEURS

11.1 COMITE EDITORIAL

11.1.1 LIGNE EDITORIALE

Dominique WATEL : Président du CREDO

Michel TRIBOULET : Directeur Technique du CREDO

11.1.2 COMITE EDITORIAL ET AUTEURS

Gilles BILLET : IFOTEC

Hervé BRUNET : 3M TELECOM

Patrick DEMARET : IDEA OPTICAL

Éric GANGLOFF : TELECOM SUD PARIS

Mathieu HUSSON : INFRACTIVE

Michel LEBON : LEBON CONSEIL

François Antoine LERICHE : AXIANS

Serge PUJOL : CEREMA

Claude RICHARD : ALTEIS

Michel TRIBOULET : CREDO

Dominique WATEL : DRIVOPTIC

11.1.3 AUTEURS ET CONTRIBUTEURS

Jean-Philippe BARETY : Al Phiber

Mireille BONNIN : FNCCR

Xavier BOUCHERY : VIERLING COMMUNICATION

Pierre-Yves BRUNEL : FOLAN

Michel BUYLE : EIGHT

Julian CALDERON : CAISSE DES DEPOTS

Damien CHARITAT : Cabinet LOGIC

Gérard CRESPO : SCHNEIDER ELECTRIC

Jean-Claude DA ROCHA : ACOME

Carl DENIS : GISMARTWARE

Stéphane ESMAN : SM-CI

Gabriel JAGOT : TELENCO

Laurent LEBAILLY : WAVIN

Cristel LEGRAND : CADAGEO

Gérard LERAY : 3M TELECOM

Joël MAU : INSTITUT TELECOM

Fatou NDIAYE : Cabinet LOGIC

Pierre OBERDORF : COMMSCOPE

Servan PELTIER : IDEA OPTICAL

Jacques POLENI : VIAVI

Lucien TORCHIN : RESEAUTEL

Philippe VASSEUR : CEV

11.1.4 ORGANISMES CONTRIBUTEURS

Nous tenons tout particulièrement à remercier les organismes suivants qui ont contribué à la rédaction de ce guide :



Patrick CHAIZE et Ariel TURPIN



Jean-Pierre BONICEL

et Didier CAZES

11.2 COMITE DE RELECTURE

Mireille BONNIN : FNCCR

Dominique BRAULT : Délégué Général du CREDO

Serge PUJOL : CEREMA

Claude RICHARD : ALTEIS

Michel TRIBOULET : Directeur Technique du CREDO

Maximilien VOUILLEMET : ENEDIS

Dominique WATEL : Président du CREDO

The background is a dark green gradient with several bright green light trails of varying lengths and directions. Small white and grey dots are scattered throughout, some appearing as the end of a light trail. The overall effect is dynamic and futuristic.

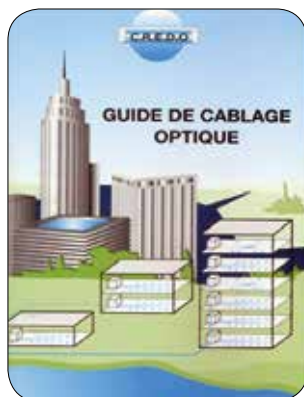
12

**LISTE DES
PUBLICATIONS
DU CREDO**

LISTE DES PUBLICATIONS DU CREDO

GUIDE DE CÂBLAGE OPTIQUE

1996



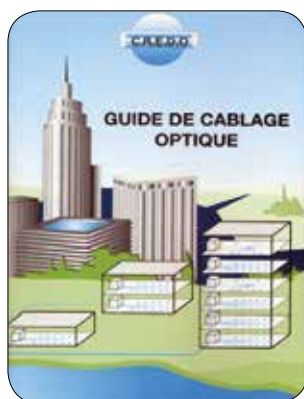
Ce guide, publié en 1996, fait le point sur l'usage des technologies fibre optique dans les infrastructures de câblage d'entreprise - bâtiments, campus, etc. - dans les réseaux fédérateurs et jusqu'à la prise terminale de bureau.

Il s'adresse à tous les acteurs intervenant dans les infrastructures et applications de télécommunications et réseaux.

Il décrit l'architecture générale, les concepts d'ingénierie et produits associés, les caractéristiques des composants mis en œuvre, les règles de mise en œuvre, les règles de contrôle, l'exploitation et les applications ainsi que la normalisation. Cette brochure est devenue depuis sa publication, l'ouvrage de référence en matière de câblage optique.

GLOSSAIRE DU CÂBLAGE OPTIQUE

1997



Près de 400 définitions du vocabulaire propre à la technologie de la fibre optique sont recensés dans ce glossaire du câblage optique.

Cet ouvrage est organisé par thèmes et rubriques : lois optiques, fibres, câbles, contenants et accessoires, mesures et appareils, composants passifs et actifs, raccordement, systèmes de transmission, pose, outillage...

Ce classement en rubriques permet, outre la recherche alphabétique, d'élargir la connaissance à d'autres termes proches, relevant du même domaine.

MESURES ET RECETTE D'UN CÂBLAGE OPTIQUE

1998



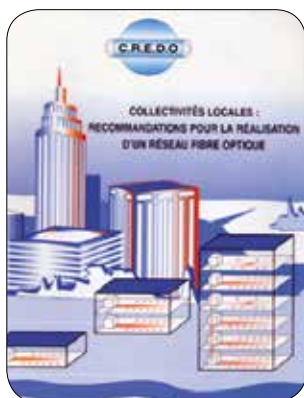
Cet ouvrage présente, dans le cadre de l'état de l'art actuel, les principes et la méthodologie de contrôle des installations à fibres optiques.

Véritable référentiel du contrôle, cet ouvrage répond à l'attente du marché en matière de clarification des prestations des professionnels. Pour chaque stade de réalisation, il précise les contrôles et mesures à effectuer et délimite les responsabilités de chaque intervenant.

Outre une méthodologie de mesures et précautions opératoires, le guide propose un cahier de recette pour suivre l'évolution du réseau et en faciliter la maintenance. Il comporte un glossaire spécifique des mesures et recette.

COLLECTIVITÉS LOCALES : RECOMMANDATIONS POUR LA RÉALISATION D'UN RÉSEAU FIBRE OPTIQUE

1998



Ce premier ouvrage de recommandations, publié en 1998 est entièrement dédié aux réseaux métropolitains fibre optique. Il répond à un double objectif : guider les élus locaux désireux de construire des GFU dans leurs choix technologiques et financiers et fournir aux services techniques un référentiel sur les règles d'architecture, le choix des technologies, les règles de mise en œuvre et de contrôle.

Ce guide de 44 pages est divisé en deux parties. Une première

partie destinée à éclairer les maîtres d'ouvrage sur l'apport du MAN (Metropolitan Area Network) à la Collectivité Locale et à ses administrés, son environnement réglementaire, ses modalités de réalisation et de gestion et les coûts afférents. La deuxième partie, à l'intention des services techniques, traite de l'ingénierie de câblage, du choix des composants, des règles d'installation, de mise en œuvre et des étapes de contrôle.

OPTIQUE : LES ACTEURS, CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES

1999



Le savoir-faire des intervenants est un élément décisif aussi stratégique que la qualité des technologies pour la réalisation d'un câblage optique. La lecture de ce guide fournit les éléments indispensables pour l'appréciation et le choix du prestataire le mieux adapté aux besoins et objectifs d'un projet.

Cet ouvrage s'adresse aux entreprises qui envisagent de se doter d'un câblage optique : de la PME, pour sa communication d'entreprise, à l'opérateur de télécommunication grande distance.

La mise en place d'un réseau de communication se décompose en différentes étapes, de la phase d'étude à l'exploitation, en passant par la réalisation. Le guide reprend cette décomposition en décrivant à chaque étape, les missions correspondantes et les métiers associés : concepteur, acheteur, installateur, intégrateur, expert. Après avoir défini précisément en quoi consiste chaque métier, l'ouvrage détermine les connaissances et compétences que l'on est en droit d'attendre de chaque intervenant.

RÉSEAU FIBRE OPTIQUE ÉTENDU MAN-WAN : GUIDE DE RÉALISATION

2001



Cet ouvrage porte sur la réalisation d'un Réseau Fibre Optique Étendu. Il s'adresse aux spécialistes du domaine et leur apporte des réponses aux questions d'actualité, ainsi que des recommandations sur les réseaux MAN-WAN.

Le guide dresse en premier lieu un état des applications mises en œuvre sur les réseaux longues distances - SDH et DWDM, ainsi que les applications métropolitaines plus spécifiques. Il fait le point sur les dif-

férents types de fibres monomodes mis en œuvre sur ces réseaux et les critères de choix associés. Avec de nombreuses photographies et illustrations, il décrit l'état de l'art des différents composants mis en œuvre sur ces infrastructures : câbles, connectique, accessoires de raccordement et répartiteurs, ainsi que les règles de mise en œuvre, de contrôle et d'exploitation.

LISTE DES PUBLICATIONS DU CREDO

LA FIBRE OPTIQUE DANS LES RÉSEAUX D'ENTREPRISE

2002



Quelle fibre optique choisir pour votre infrastructure de réseau ? Quelle distance déployer ? Quelle connectique mettre en œuvre ? Comment évoluent les normes et standards ? Votre infrastructure supporte-t-elle les nouveaux réseaux Gigabit Ethernet ou 10 Gigabit Ethernet ? Dans un environnement en forte évolution, le dernier ouvrage du CREDO actualise les données sur l'usage des technologies fibre optique dans les infrastructures de réseau d'entreprise - bâtiments, campus, etc.

Ouvrage de référence, ce guide s'adresse à tous les acteurs intervenant dans la réalisation ou

l'exploitation d'infrastructures de réseaux de télécommunications.

Il introduit de manière didactique les principes fondamentaux de la transmission optique. Il traite des standards de câblage et des applications de réseaux d'entreprise et de leurs évolutions. Avec de nombreuses photographies et illustrations, il décrit l'état de l'art des différents composants mis en œuvre : fibres, câbles, connectique, répartiteurs et propose, pour chacun de ces composants un guide de choix. Il décrit enfin les règles de mise en œuvre, de contrôle et d'exploitation des infrastructures.

TERRITOIRES NUMÉRIQUES : GUIDE DE MISE EN PLACE DES RÉSEAUX FIBRE OPTIQUE HAUT DÉBIT

2003



Le développement de services multimédia à haut débit vers les usagers passe par la mise en place, au niveau régional et local, d'infrastructures de réseaux de collecte et d'accès à base de fibres optiques.

Cet ouvrage est destiné à éclairer les Collectivités Territoriales et acteurs impliqués dans le déploiement des réseaux à haut débit régionaux et métropolitains.

Il constitue un véritable « condensé d'expertise » et un référentiel précieux de l'état de l'Art des technologies et pratiques.

Il fournit au lecteur tous les éléments nécessaires sur les enjeux, l'organisation du marché, le contexte réglementaire et l'état de l'Art des architectures et technologies permettant de favoriser le développement des services à haut débit sur le territoire, tout en pérennisant les investissements et infrastructures.

DÉVELOPPEMENT DES RÉSEAUX À TRÈS HAUT DÉBIT : GUIDE DE MISE EN PLACE DES RÉSEAUX FTTH

2007



A la faveur d'un contexte réglementaire réadapté, les Collectivités Territoriales se sont désormais insérées dans le nouveau panorama des télécommunications en dotant leurs territoires des réseaux de collecte essentiels au développement de la concurrence entre opérateurs et des nouveaux services associés. Dans ce contexte, la refonte des réseaux d'accès n'apparaît plus aujourd'hui comme une alternative, mais constitue une condition

essentielle au maintien de l'attractivité numérique des territoires. Par cet ouvrage, fruit de la vision et de l'expertise partagée de ses membres, le CREDO entend fournir aux décideurs et acteurs du très haut débit les clés permettant de projeter, planifier, concevoir et réaliser le réaménagement des réseaux d'accès tout en garantissant la pérennité des infrastructures et des investissements dans un contexte de mutualisation des coûts.

LES CONDITIONS POUR QUE LA MONTÉE EN DÉBIT SUR CUIVRE NE SOIT PAS UN FREIN AU DÉVELOPPEMENT DU FTTH

2011



Ce fascicule édité en juin 2011, exprime clairement la vision du CREDO pour que les opérations de montée en débit (MeD), temporaires mais souvent nécessaires pour éviter une fracture numérique du très haut débit, s'inscrivent dans une logique de déploiement généralisé des réseaux à fibres optiques sur le territoire.

Ce document met en évidence, sous forme de recommandations, les risques, les enjeux et le rôle que devraient jouer les Collectivités Territoriales.

GUIDE DE MISE EN PLACE DES RÉSEAUX D'ACCÈS FTTH : LE DÉPLOIEMENT SUR L'ENSEMBLE DU TERRITOIRE À L'EXCEPTION DES ZONES TRÈS DENSES

2012



Pour le CREDO, le réseau cible satisfaisant à tous les critères techniques de pérennité, de disponibilité et de qualité s'appuiera obligatoirement sur un réseau d'accès en « fibre optique ». C'est dans cet esprit que le Cercle a orienté ses travaux sur le déploiement des réseaux d'accès FTTH dans les zones moins denses (ZMD), définies comme l'ensemble du territoire français à l'exception des zones très denses (ZTD). En se référant à la décision idoine de l'Arcep (décision n°2010-1312 du 14 décembre 2010), le CREDO fournit aux acteurs du domaine un guide de recommandations, dans le même esprit que le guide de

mise en place des réseaux FTTH paru en 2007. Dans ces zones moins denses, le Cercle, fort de son expertise et de sa maîtrise technique, met à disposition des collectivités territoriales un référentiel de l'état de l'art des architectures, des technologies et des techniques de mise en œuvre et d'exploitation des réseaux d'accès FTTH dans une logique de mutualisation des infrastructures et des coûts.

En expliquant clairement sa vision et en étant force de propositions, le CREDO participe activement au développement des services numériques sur le territoire.

MONTÉE VERS LE TRÈS HAUT DÉBIT DES TERRITOIRES, UNE ÉTAPE TRANSITOIRE VERS LE FTTH

2014



Le CREDO considère qu'il est important d'inscrire les opérations de montée en débit, quelle que soit la technologie retenue, comme autant d'étapes transitoires avant la mise en œuvre de solutions à très haut débit. Toute autre approche, qui pourrait avoir un intérêt à court terme mais risquerait de freiner, voire de mettre un coup d'arrêt au caractère prioritaire du déploiement des réseaux d'accès fibre optique, est à proscrire. Cela nécessite que les collectivités

fassent des choix éclairés que seule une bonne connaissance des solutions possibles peut leur permettre de faire. En analysant dans le présent guide ces solutions technologiques de manière la plus exhaustive possible, en donnant des critères d'appréciation objectifs et pertinents et en expliquant clairement sa vision, le CREDO souhaite participer activement au développement des services numériques sur le territoire.

DATACENTRES RÉGIONAUX DE NOUVELLE GÉNÉRATION

2015



La généralisation du très haut débit sur l'ensemble du territoire d'ici 2022 avec une proportion d'au moins 80% en fibre optique sera un vecteur impératif et incontournable pour le dynamisme, la prospérité et la croissance économique nécessaires au maintien et à la création d'emplois. L'accès à des contenus et services identiques en tout point du territoire sera source d'équité et d'attractivité territoriale. La création d'un Datacentre local pourrait s'inscrire totalement dans cette démarche en permettant aux collectivités de toutes tailles de développer leurs propres projets

numériques locaux, ou d'accéder à des offres de services de qualité professionnelles à des conditions économiques acceptables.

La mutualisation est le cœur du modèle économique. Le poumon de cette mutualisation sera le Datacentre régional qui se positionnera comme le lien entre le développement des infrastructures à très haut débit et des usages. La création d'un Datacentre aura un impact important sur l'emploi direct lié à la construction et à l'exploitation du centre et indirect en favorisant le développement de l'écosystème TIC.

NOTES

NOTES

NOTES

NOTES



L'association des métiers et expertises
pour le Très Haut Débit

Novembre 2017

11-17, rue de l'Amiral Hamelin - Paris 75016

Retrouvez tous nos événements
et publications sur notre site
www.cercle-credo.com

