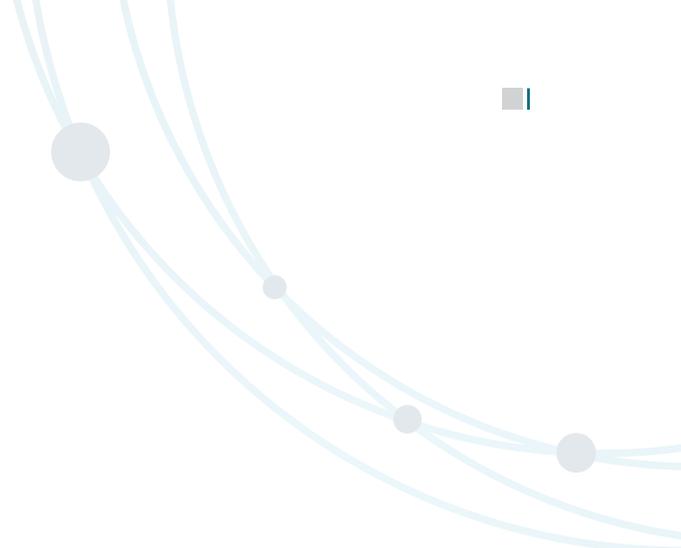


# Guide de Préconisations

Pose d'infrastructures  
fibres optiques





# Guide de préconisations

**POSE D'INFRASTRUCTURES  
FIBRES OPTIQUES**



# Sommaire

<b>1. Présentation du contexte et du GUIDE .....</b>	<b>9</b>
1.1. Décret 2020-116/PR et l'arrêté n°2021-002/PMRT : présentation et objectifs.....	9
1.2. Décision N°171/ARCEP/DG/22 : présentation des objectifs .....	10
1.3. Acteurs concernés par le guide.....	10
1.4. Présentation du guide .....	11
1.5. Terminologie .....	13
1.6. Normes .....	18
<b>2. Introduction .....</b>	<b>21</b>
2.1. Réseaux de fibre optique .....	21
2.2. Catégories de travaux concernés par le décret.....	27
2.3. Recommandations générales.....	33
<b>3. Construction de réseaux de conduites enterrées .....</b>	<b>37</b>
3.1. Phase études .....	37
3.2. Pose de conduites .....	44
3.3. Traversées de points particuliers.....	54
3.4. Pose de chambres de tirage ou de raccordement .....	56
3.5. Pose d'armoire de rue.....	64
<b>4. Pose de câble optique en conduites .....</b>	<b>67</b>
4.1. Phase études : plan de câblage optique .....	67
4.2. Fournitures.....	70
4.3. Pose de câble en conduite.....	76
<b>5. Construction de réseaux optiques aériens .....</b>	<b>81</b>
5.1. Phase études .....	81
5.2. Poteaux pour pose en aérien : fournitures.....	82
5.3. Pose de poteau pour câble en aérien .....	84
5.4. Caractéristiques du câble pour pose en aérien.....	85
5.5. Pose de câble en aérien .....	88
5.6. Raccordement du câble.....	91
5.7. Réception de la pose de câble en aérien.....	94
<b>6. Aménagement d'un réseau optique dans un immeuble.....</b>	<b>97</b>
6.1. Phase études .....	97
6.2. Fournitures.....	97
6.3. Pose des chemins de câble à l'intérieur de bâtiments.....	98
<b>7. Pose de câble en façade d'immeuble .....</b>	<b>101</b>
<b>8. Mesures de performances optiques.....</b>	<b>103</b>
8.1. Introduction.....	103
8.2. Mesures à réaliser selon la typologie du réseau .....	103
8.3. Mesures de photométrie et bilan réel .....	104
8.4. Mesures de réflectométrie .....	105
8.5. Mesures de dispersion de polarisation (PMD) .....	108

8.6. Photographie des connecteurs .....	109	9.7. Documents sur les réceptions optiques .....	117
8.7. Procédures de recette.....	109		
<b>9. Dossier des ouvrages exécutés .....</b>	<b>111</b>	<b>10. Annexes.....</b>	<b>121</b>
9.1. Recette par section.....	111	10.1. Annexe 1 : code FOTAG IEEE 802.8 .....	121
9.2. Format du DOE.....	111	10.2. Annexe 2 : tests de mandrinage.....	121
9.3. Documents liés aux fournitures.....	113	10.3. Chambres de tirage : dimensions et constructions.....	123
9.4. Plans de récolement .....	113	10.4. Description du modèle SIG : définition des attributs pour chaque table.....	130
9.5. Cartographie et SIG : modèle de données .....	114		
9.6. Documents sur les recettes du génie civil.....	116		

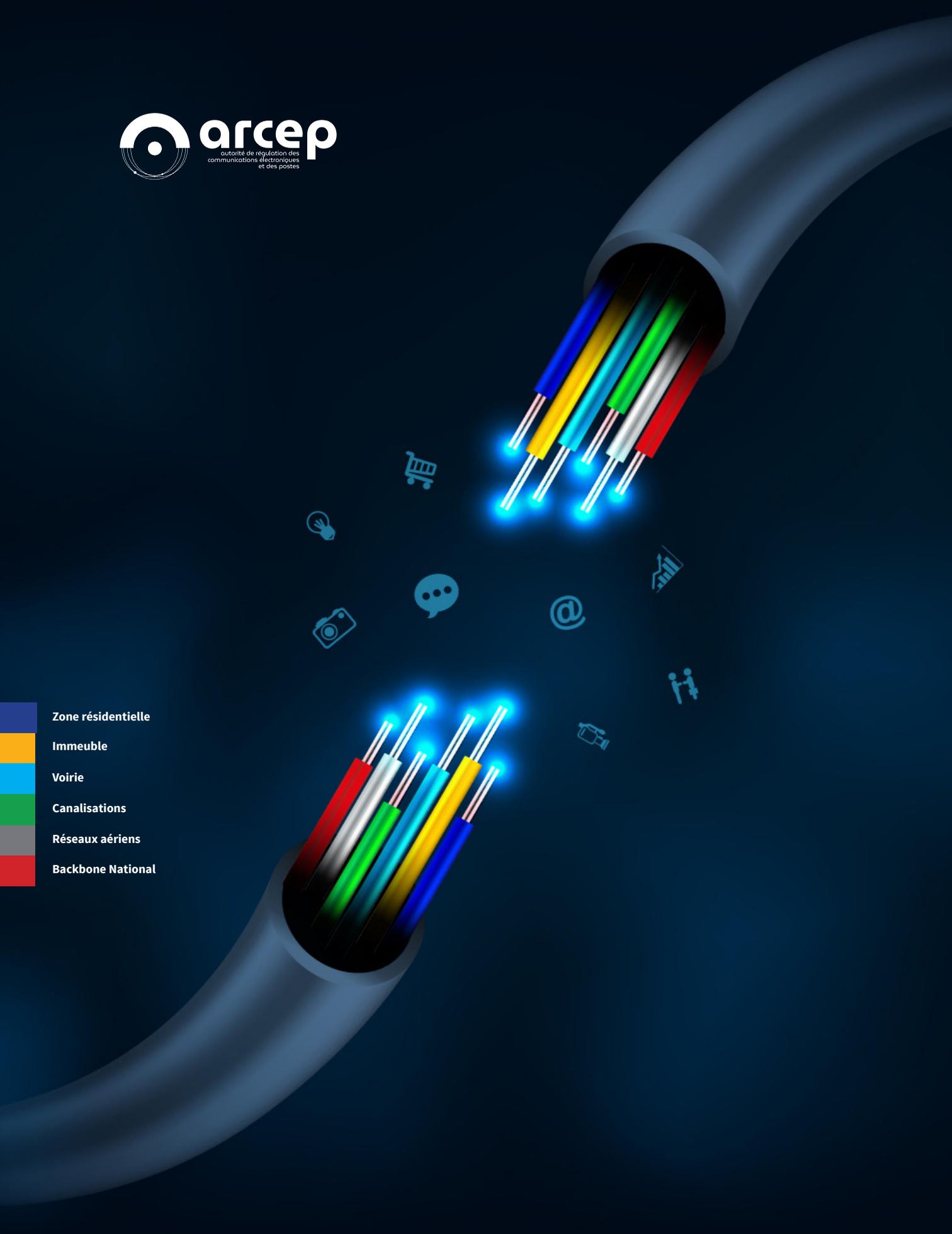
## Tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Classification des acteurs concernés par les travaux.....	10
<b>Tableau 2 :</b> Nomenclature des identifiants.....	39
<b>Tableau 3 :</b> Configuration des conduites en fonction des catégories de réseau .....	44
<b>Tableau 4 :</b> Caractéristiques mécaniques des fourreaux de type PEHD .....	47
<b>Tableau 5 :</b> Caractéristiques mécaniques des fourreaux en PVC.....	48
<b>Tableau 6 :</b> Les profils de tranchées .....	51
<b>Tableau 7 :</b> Description des tests réalisés lors de la réception des conduites.....	54
<b>Tableau 8 :</b> Caractéristiques des tampons de chambre.....	58
<b>Tableau 9 :</b> Dimensionnement de l'armoire de rue.....	64
<b>Tableau 10 :</b> Différentes mesures en fonction des types de longueurs .....	69
<b>Tableau 11 :</b> Caractéristiques de la fibre en fonction des catégories de réseaux.....	70
<b>Tableau 12 :</b> Cas d'utilisation des câbles à usage aérien .....	86
<b>Tableau 13 :</b> Longueurs d'onde à tester en fonction de la longueur du tronçon .....	103
<b>Tableau 14 :</b> Mesures à réaliser selon la typologie du réseau .....	104
<b>Tableau 15 :</b> Valeurs des performances selon le type de mesure.....	106
<b>Tableau 16 :</b> Arborescence des documents du DOE .....	111
<b>Tableau 17 :</b> Eléments constitutifs des métadonnées .....	115
<b>Tableau 18 :</b> Liste des couches .....	115

## Table des illustrations

<b>Figure 1 :</b> Structure d'une fibre monomode.....	21
<b>Figure 2 :</b> Distinction réseau de collecte / réseau de desserte .....	24
<b>Figure 3 :</b> Câble de fibre optique et les gaines colorées protégeant les tubes et les fibres.....	26
<b>Figure 4 :</b> Principe de l'adduction d'un immeuble.....	28
<b>Figure 5 :</b> Schéma général de position des conduites par rapport à une voirie .....	30
<b>Figure 6 :</b> Déroulement type de la phase étude.....	40
<b>Figure 7 :</b> Tube PEHD .....	48
<b>Figure 8 :</b> Rayon de courbure minimal à appliquer à un PEHD .....	46
<b>Figure 9 :</b> Compactage .....	49
<b>Figure 10 :</b> Grille antichute .....	52
<b>Figure 11 :</b> Fabrication d'une chambre L3T .....	58
<b>Figure 12 :</b> Disposition des conduites au niveau des masques d'arrivée des chambres – configuration 6 conduites.....	60
<b>Figure 13 :</b> Croisement de conduites en changement de côté de voirie .....	62
<b>Figure 14 :</b> Constitution d'un câble pour réseau de desserte .....	73
<b>Figure 15 :</b> Schématisation flèche et portée d'un câble aérien.....	81
<b>Figure 16 :</b> Illustration de la fixation du boîtier et du lovage .....	93
<b>Figure 17 :</b> Branchement mixte/souterrain .....	94
<b>Figure 18 :</b> Schéma de mise en œuvre des gaines intérieures en immeuble et préconisations pour les dimensions des gaines techniques.....	99
<b>Figure 19 :</b> Accroche du câble en « goutte d'eau » .....	101
<b>Figure 20 :</b> Light Source FLS-600 EXFO et PX1 EXFO .....	104
<b>Figure 21 :</b> Exemple de courbes de données délivrées par un réflectomètre et analysée par un logiciel adapté (Ici FiberCable) .....	106
<b>Figure 22 :</b> MAX715B EXFO .....	108
<b>Figure 23 :</b> Sonde FIP 400B .....	109
<b>Figure 24 :</b> Inspection des connecteurs EXFO (Celle de gauche est correcte, et sur celle de droite le connecteur révèle des défauts.) .....	109
<b>Figure 25 :</b> Code FOTAG .....	121
<b>Figure 26 :</b> Définition des paramètres du mandrin à utiliser pour les conduites prévues.....	122
<b>Figure 27 :</b> Dimension des chambres.....	124
<b>Figure 28 :</b> Exemple de procès-verbal de relevé de tests au scléromètre.....	125
<b>Figure 29 :</b> Armature L2T .....	126
<b>Figure 30 :</b> Coffrage L2T .....	126
<b>Figure 31 :</b> Armature L3T .....	127
<b>Figure 32 :</b> Coffrage L3T .....	127
<b>Figure 33 :</b> Armature L5T .....	128
<b>Figure 34 :</b> Coffrage L5T .....	128
<b>Figure 35 :</b> Armature K2C .....	129
<b>Figure 36 :</b> Coffrage K2C .....	129

-  Zone résidentielle
-  Immeuble
-  Voirie
-  Canalisations
-  Réseaux aériens
-  Backbone National



# Presentation du contexte et du guide

## 1.1 DECRET 2020-116/PR ET L'ARRETE N°2021-002/PMRT : PRÉSENTATION ET OBJECTIFS

Le déploiement de réseaux de fibre optique constitue un investissement d'avenir clé pour permettre l'acheminement de trafics de communications électroniques à très haut débit à travers tout le territoire et participer à l'amélioration de la qualité de services offerte par les opérateurs de communications électroniques. Pour accélérer ce déploiement, la République Togolaise a adopté le 23 décembre 2020, le décret N° 2020-116/PR qui porte sur le déploiement national de réseaux de communications électroniques en fibre optique et de l'arrêté n°2021-002/PMRT, signé le 23 février 2021.

Ce décret a pour objectif :

- de réduire le coût de déploiement et accélérer l'extension du réseau de fibre optique sur tout le territoire en tirant profit des infrastructures alternatives ;
- d'encourager tous les acteurs de l'économie nationale à s'impliquer dans l'effort de digitalisation du Togo ;
- de permettre aux opérateurs de télécommunications de se raccorder à un moindre coût à la fibre optique ;
- d'améliorer la qualité de service mobile, en particulier dans les zones rurales ;
- de renforcer l'aménagement numérique du territoire en permettant l'utilisation rationnelle des infrastructures pouvant accueillir de la fibre optique.

Le décret prévoit l'obligation de la pose de câbles de fibre optique lors de la réalisation de travaux sur des ouvrages de génie civil d'importance significative pour les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre. Il prévoit également le transfert des infrastructures de fibre optique déployées à la Société d'Infrastructures Numériques (SIN), société d'État créée par décret n°2016-166/PR du 24 novembre 2016 dont l'objet est de détenir et d'exploiter des infrastructures de télécommunications à très haut débit et de les mettre à disposition auprès de tiers sur le marché de gros.

Cet arrêté précise les points suivants :

- Dans ses articles 2 et 3 : les catégories de travaux et les quantités minimales relatives aux chantiers relevant du décret sont définies ;
- Dans son article 4 : l'arrêté insiste sur le caractère de neutralité d'accès qui doit guider la réalisation ;
- Dans ses articles 5 à 8 : les dispositions relatives aux constructions d'immeuble sont définies ;
- Dans ses articles 9 à 14 : les dispositions relatives aux travaux de génie civil importants sont explicitées ;
- Dans ses articles 15 à 18 : les impacts sur les procédures administratives existantes sont précisés, et les nouvelles démarches spécifiques à ces travaux sont indiquées.

## 1.2 DÉCISION N°171/ARCEP/DG/22 : PRÉSENTATION ET OBJECTIFS

Cette décision précise les points suivants :

- L'application des prescriptions du présent guide aux opérateurs de communications électroniques ;
- La fixation d'exigences d'un nombre minimal de fibres optiques sur les artères de backbones des réseaux de communications électroniques ;
- Un délai de mise en conformité des backbones existants aux nouvelles exigences.

## 1.3 ACTEURS CONCERNES PAR LE GUIDE

Les travaux concernés par le décret peuvent être répartis dans les catégories suivantes :

- La construction ou l'aménagement d'une zone résidentielle ;
- La construction, l'aménagement ou la rénovation d'un immeuble de bureaux ou de logements et des bâtiments de service public ;
- La construction ou l'aménagement d'une voirie ;
- L'installation ou le réaménagement de canalisations (réseaux secs ou réseaux humides) ;
- L'installation ou le réaménagement de réseaux aériens.

**Ce guide a été rédigé à l'adresse des acteurs concernés par ces travaux d'infrastructures numériques, consécutifs au décret. Le tableau ci-dessous propose une classification de ces acteurs.**

**Tableau 1 :** Classification des acteurs concernés par les travaux

	Travaux	Maître d'Ouvrage (MOA)	Maître d'Oeuvre (MOE)
	<b>Zone résidentielle</b>	Promoteur immobilier	Entreprise spécialisée
	<b>Immeuble</b>	Promoteur immobilier	Entreprise spécialisée
	<b>Voirie</b>	Ministère des Travaux Publics	Entreprise spécialisée
	<b>Canalisations</b>	Opérateur (gaz, hydrocarbures, eau, électricité, télécoms)	Entreprise spécialisée
	<b>Réseaux aériens</b>	Opérateur (électricité, télécoms)	Entreprise spécialisée
	<b>Backbone national</b>	Opérateurs de communications électroniques	Entreprises spécialisées

**NB :** Les codes de couleurs ci-contre permettent une utilisation simplifiée de ce guide. Ils orienteront le lecteur vers la ou les parties qui l'intéressent en fonction de ses attentes et de la nature des travaux qu'il est amené à exécuter.

Le Maître d'ouvrage s'attache, en général, les services d'un bureau de contrôle (Assistant à maîtrise d'ouvrage ou Ingénieur conseil), pour le suivi, le contrôle et la réception des travaux.

Les bureaux d'études retenus par les MOA pour réaliser les travaux veilleront à respecter les prescriptions techniques contenues dans le guide pour la rédaction des documents d'étude.

Les opérateurs pourront y découvrir le fonctionnement d'un projet de construction d'infrastructure numérique, que ce soit dans la phase de préparation (études, choix des fournitures), de travaux ou de réception.

Les câbles de fibre optique déployés au sein de chaque immeuble bâti et sur le terrain privé sur lequel l'immeuble est bâti sont la propriété respectivement du (des) propriétaire(s) des immeubles et du foncier concernés.

En cas d'immeubles bâtis et de terrains privés collectifs, les câbles établis sur les parties communes sont la propriété de la copropriété ; les câbles établis sur une partie privative appartiennent au copropriétaire concerné.

L'Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes (ARCEP) joue son rôle de

régulateur en intervenant pour résoudre les différends qui pourraient résulter de l'application de ce décret.

Elle peut être représentée dans l'organe d'instruction des demandes de permis de construire et dans l'organe d'inspection des travaux de construction pour la vérification des pièces et pour la conformité des travaux aux règles applicables en matière de déploiement des câbles de fibre optique.

La Société d'Infrastructures Numériques (SIN) est le dépositaire de l'avant-projet sommaire et de la validation des prescriptions techniques particulières relatifs aux travaux ou ouvrages d'importance significative prévus par l'article 4 du Décret. Ces opérations sont effectuées en ligne sur une plateforme électronique dédiée.

La SIN précise les caractéristiques techniques des câbles de fibres optiques à déployer en fonction des travaux. Elle valide le tracé des câbles de fibre optique, les rapports de pré-recette.

S'agissant des infrastructures déployées dans le cadre des activités de communications électroniques, les opérateurs autorisés sont responsables de toutes les actions concourant à la mise en place des infrastructures qui demeurent leur propriété. Ils veillent à la conformité des déploiements aux prescriptions du présent guide.



## 1.4 PRESENTATION DU GUIDE

Le présent guide fournit les éléments essentiels pour définir le cahier des charges de la partie télécommunications des travaux de génie civil prévus dans le décret, action qui est sous la responsabilité du MOA, et les travaux de déploiement des réseaux de communications électroniques par les opérateurs autorisés.

S'agissant des infrastructures déployées dans le cadre des travaux de génie civil le MOA aura la responsabilité de veiller à ce que les documents produits en phase étude, et donc avant le démarrage des travaux, soient conformes aux prescriptions de ce guide, et présentera ces documents à la SIN pour validation.

Le guide pourra servir également de support pour la rédaction des permis de construire et des dossiers de demande d'acte d'urbanisme. Le guide présente plusieurs aspects importants :

- Les éléments permettant de préparer le projet :
  - Les règles d'ingénierie pour définir les composants à installer selon les configurations ;
  - La sélection des fournitures à utiliser ;
  - Les étapes dans les phases d'études ;
- Les éléments pour réaliser le projet :
  - Les modes opératoires et procédures à appliquer, incluant les procédures de réception des travaux ;
  - Les équipements à prévoir notamment pour les mesures de performance.

- Les procédures de recette des travaux et la constitution des livrables finaux (Dossier des Ouvrages Exécutés).

**Le guide présente le niveau d'exigence minimal attendu. Des solutions avec un niveau de performance ou d'exigence supérieur pourront toujours être proposées, avec justification à l'appui, et à faire valider par le bureau de contrôle.**

**Le respect des préconisations de ce guide, par tous les acteurs concernés, permettra une grande homogénéité sur le territoire togolais, permettant à terme de simplifier les raccordements, les interconnexions et les opérations de maintenance. Les effets positifs habituels d'une homogénéisation sont une réduction des coûts et une meilleure qualité de service.**

**L'aspect cartographique est essentiel dans les livrables à rendre en phase étude et fin de projet, et le guide fournit les spécifications pour les données à créer à chaque projet qui pourront alimenter un Système d'Information Géographique (SIG).**

**Le respect des préconisations de ce guide, par tous les acteurs concernés, permettra une grande homogénéité sur le territoire togolais ...**

## 1.5 TERMINOLOGIE

<b>Accotement</b>	Espace de terrain situé le long de la voirie, entre la partie sur laquelle les véhicules circulent ou stationnent et le caniveau d'évacuation d'eau de pluie, éventuellement suivi d'un trottoir.
<b>Atténuation</b>	Diminution relative de la puissance d'un signal au cours de sa transmission. Elle est calculée en effectuant le rapport entre la puissance du signal reçu et le signal émis. L'unité de mesure est le dB.
<b>ARCEP</b>	Autorité de régulation du marché des télécommunications au Togo.
<b>APD - Avant-Projet Détaillé</b>	Plan d'étude détaillé, livré en seconde instance d'études, après validation d'un APS.
<b>APS - Avant-Projet Sommaire</b>	Plan d'étude simplifié, livré en première instance d'études.
<b>Backbone</b>	Réseau de transport
<b>BPE - Boîtier de Protection d'épissure</b>	Boîtier enfermant les jonctions par soudure réalisées pour joindre deux portions de câble.
<b>Chambre de tirage / de dérivation</b>	Coffrets enterrés, généralement en béton, permettant de réaliser l'insertion du câble optique dans une conduite enterrée, ou d'abriter un BPE.
<b>CD - Chromatic Dispersion</b>	Dispersion chromatique. Variations de temps de propagation des diverses longueurs d'onde. L'unité de mesure est ps / nm / km.
<b>Conduite</b>	Élément (tube) installé directement dans le sol ou en sous tubage dans une conduite plus large, pour permettre l'installation d'un câble par tirage, ou portage (air ou eau).
<b>Dérivation</b>	Technique permettant de dériver plusieurs fibres d'un backbone vers un point distant, ou d'éclater un câble optique dans un réseau de desserte vers plusieurs sous-répartiteurs et PBO.
<b>DTIO - Dispositif de terminaison intérieure optique</b>	Point de terminaison de la fibre optique dans le cas d'un réseau de desserte, matérialisé par une prise murale dans l'appartement ou la maison.

<b>Dorsale</b>	Backbone.
<b>Epissure</b>	Jonction réalisée entre deux fibres, en général par fusion créée par un arc électrique.
<b>DOE - Dossier des ouvrages exécutés</b>	Dossier livré en fin de travaux et contenant toutes les informations utiles pour la maintenance de l'architecture.
<b>FTTx - Fiber to the x</b>	Englobe différents termes pour des variantes techniques sur l'accès Internet par fibre optique. Les principales variantes concernées par le présent document sont désignées par les termes FTTH et FTTB.
<b>FTTH - Fiber to the Home</b>	Type de réseau de télécommunications (réseau d'accès) qui permet notamment l'accès à Internet à très haut débit et dans lequel la fibre optique se termine au domicile de l'abonné.
<b>FTTB - Fibre to the Building</b>	Topologie d'accès à Internet consistant à amener la fibre optique dans chaque immeuble et à terminer le raccordement final des 100 derniers mètres en réutilisant un câble cuivre existant (câble coaxial du réseau de télévision, paire de cuivre du réseau téléphonique, etc.).
<b>FTTN - Fibre to the neighbourhood</b>	Fibre jusqu'au quartier, le quartier étant desservi ensuite par une autre technologie.
<b>FTTC - Fibre to the curb</b>	Fibre jusqu'au trottoir.
<b>FTTS - Fibre to the street</b>	Fibre jusqu'à la rue – bâtiment.
<b>FTTN - Fibre to the node</b>	Fibre jusqu'au répartiteur.
<b>FTTCab - Fibre to the cab</b>	Fibre jusqu'au sous-répartiteur.
<b>FTTP - Fibre to the premises</b>	Fibre jusqu'aux locaux – entreprises.
<b>FTTE - Fibre to the enterprise</b>	Fibre pour les entreprises.
<b>FTTO - Fibre to the office</b>	Fibre jusqu'au bureau – entreprises.



<b>FTTLA</b> - <i>Fibre to the last amplifier</i>	Fibre jusqu'au dernier amplificateur.
<b>Fourreau</b>	Conduite.
<b>Jarretière</b>	Brin de fibre terminée aux deux extrémités par un connecteur
<b>Love de câble</b>	Longueur additionnelle de câble laissée dans une chambre de tirage. La longueur additionnelle est lovée proprement dans la chambre.
<b>MOE</b> - <i>Maître d'Œuvre</i>	Toute personne physique ou morale qui a en charge la réalisation d'un ouvrage de génie civil.
<b>MOA</b> - <i>Maître d'Ouvrage</i>	Toute personne physique ou morale au bénéfice de qui est réalisée un ouvrage de génie civil.
<b>MAN</b> - <i>Metropolitan Area Network</i>	Réseau de collecte à l'échelle d'une ville.
<b>NRO</b> - <i>Nœud de raccordement optique</i>	Le nœud de raccordement optique (NRO) est, dans un réseau de desserte par fibre optique (FTTH), le point qui permet de relier le réseau de desserte au réseau de collecte, et au niveau duquel sont installés les équipements actifs à partir desquels un opérateur active les accès de ses abonnés.
<b>OTDR</b> - <i>Optical Time Domain Reflectometer</i>	Instrument de test utilisé pour caractériser, dépanner et entretenir les réseaux de télécommunications en fibre optique, et utilisant la technique de réflectométrie.
<b>Photométrie</b>	Mesure de l'atténuation du signal optique le long d'une fibre optique.
<b>Piquage</b>	Mode particulier de dérivation d'un câble optique dans le cas d'un backbone.
<b>PBO</b> - <i>Point de Branchement optique</i>	Le boîtier PBO est un boîtier de distribution de palier pour les installations collectives FTTH. Il réalise l'interface entre le câble de colonne montante et les raccordements vers les logements.
<b>PEHD</b> - <i>Polyéthylène Haute Densité</i>	Matériau privilégié pour les conduites enterrées.
<b>POP</b> - <i>Point of Presence</i>	Nœud ou site d'un réseau de télécommunication dans lequel il peut avoir des équipements actifs ou passifs.

<b>Point de terminaison</b>	Début ou fin d'une section
<b>P2P - Point to point</b>	Technique de raccordement de l'abonné dans un réseau de desserte, où la liaison entre le NRO et le DTIO est exclusive pour l'abonné, et non partagée avec d'autres abonnés.
<b>PMD - Polarization Mode Dispersion</b>	Dispersion modale de polarisation. Dispersion du signal optique due à une différence de la vitesse de propagation de l'onde selon les modes de polarisation, qui ne sont plus synchrones. Ce phénomène crée une diffusion aléatoire de l'impulsion optique. L'unité de mesure est ps / km1/2
<b>PON - Passive Optical Network</b>	Architecture pour réseau de desserte de type point-multipoint passive, c'est-à-dire où plusieurs usagers partagent une même fibre, et aucun équipement actif n'est intercalé entre le central et les abonnés.
<b>Pigtail</b>	Brin de fibre terminé à une seule extrémité par un connecteur.
<b>PTO - Point de Terminaison Optique</b>	DTIO
<b>Réception</b>	Procédure de validation de travaux effectués
<b>Recette</b>	Réception
<b>Réflectométrie</b>	Technique permettant de détecter, localiser et caractériser les incidents le long d'une fibre optique, basée sur l'injection d'impulsions lumineuses à travers une fibre optique et l'analyse de la lumière réfléchiée.
<b>Réseau de collecte</b>	Réseau de liaisons avec forte bande passante, soit en urbain soit en interurbain.
<b>Réseau de desserte</b>	Réseau permettant de raccorder un ensemble de bureaux ou de foyers à la fibre optique.
<b>Réseau de Transport</b>	Réseau de liaisons de transmission avec forte bande passante, reliant des infrastructures de collecte des opérateurs.
<b>Section</b>	Portion linéaire de l'infrastructure délimitée par deux points de terminaison.
<b>Smoove</b>	Protection d'épaisseur thermo rétractable renforcée par une barre en métal pour rigidifier et protéger la soudure de deux fibres optiques.

<b>SIN</b> - <i>Société d'Infrastructures Numériques</i>	Entité qui sera propriétaire des infrastructures de télécommunications qui seront construites.
<b>SRO</b> - <i>Sous répartiteur optique</i>	Nœud intermédiaire de brassage en aval duquel chaque habitation ou entreprise est desservie avec une fibre optique.
<b>Synoptique</b>	Schéma de représentation du câble optique avec les différents évènements (loves, épissures, etc.).
<b>SIG</b> - <i>Système d'Information Géographique</i>	Système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques.
<b>TPC</b> - <i>Terre-Plein Central</i>	Espace situé entre deux séries de voies circulées à sens unique.
<b>Tube</b>	Un câble est composé de plusieurs tubes, chacun d'eux rassemblant un ensemble égal de fibres optiques.
<b>Tronçon</b>	Portion linéaire d'un réseau sur lequel sont créées une ou plusieurs sections.
<b>UIT</b> - <i>Union Internationale des Télécommunications</i>	Agence des Nations Unies spécialisée dans les technologies de l'information et de la communication, dont le siège se trouve à Genève (Suisse). L'UIT est particulièrement impliqué dans la définition de standards technologiques.
<b>WAN</b> - <i>Wide Area Network</i>	Réseau de collecte réalisant des liaisons interurbaines.

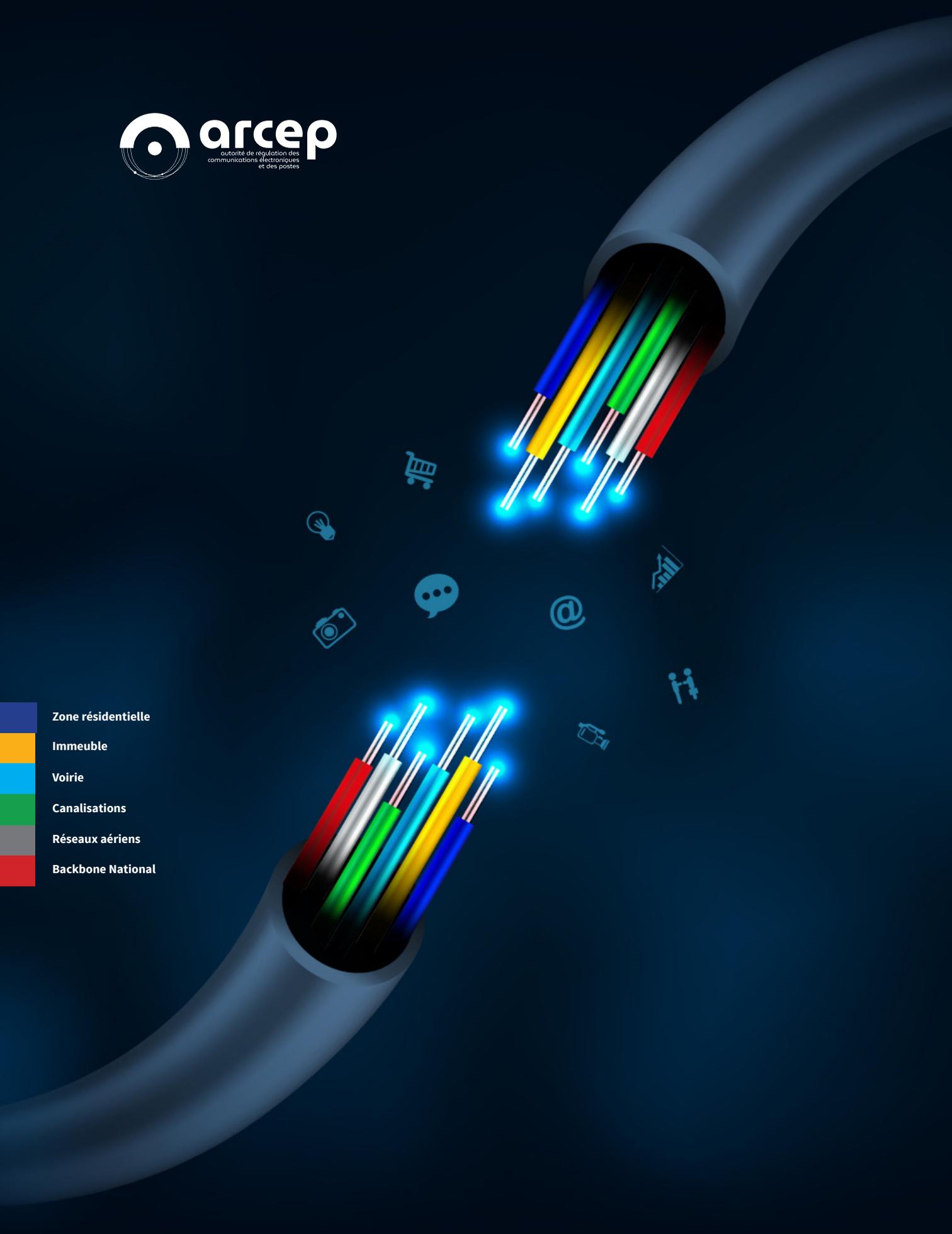
## 1.5 NORMES

Le tableau ci-dessous récapitule les normes citées dans le guide.

Norme	Application	Paragraphes concernés dans le guide
<b>ISO 13 480</b>	Exigences relatives aux réseaux de tuyauteries industrielles	3.2.2.2
<b>NF EN 12613</b>	Dispositifs avertisseurs à caractéristiques visuelles, en matière plastique, pour câbles et canalisations enterrés	3.2.8
<b>NF P 98050</b>	Ouvrages souterrains d'hébergement de réseaux secs - partie 1 : chambres de tirage et de raccordements	3.4.2
<b>NF P 98051</b>	Chambres sans fond	3.4.2
<b>NF P 98311</b>	Fermeture des chambres de tirage	3.4.3
<b>EN -GJS-500-7</b>	Matériau pour le tampon des chambres	3.4.3
<b>UTE C66400</b>	Revêtement pour le tampon des chambres	3.4.3
<b>IEC 60794-1-2</b>	Câbles à fibres optiques - Spécification générique - Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques	4.2.2.3
<b>NF EN 50289-4-17</b>	Méthodes d'essai pour évaluer la résistance aux UV des gaines des câbles électriques et des câbles à fibre optique	4.2.2.3
<b>IK 10</b>	Indice de protection aux chocs mécaniques	4.2.3
<b>IP 68</b>	Indice de protection sur la pénétration de corps étranger et de l'eau	4.2.3
<b>NFC 67.100</b>	Poteaux en bois destinés à la construction des lignes aériennes électriques et de télécommunication	5.2.2
<b>NF C.67.200</b>	Poteaux en béton armé destinés aux lignes électriques aériennes	5.2.3
<b>NF C.67.250</b>	Poteaux en béton armé précontraint destinés aux lignes électriques aériennes	5.2.3
<b>UTE C15-400 F1</b>	Installations électriques à basse tension - Guide pratique	5.2.4
<b>NF C 11201</b>	Réseaux de distribution publique d'énergie électrique des domaines de tension BT et HTA	5.3.1
<b>NF EN 206-1</b>	Béton - spécification, performances, production et conformité	5.3.4
<b>NF EN 61663-1</b>	Protection contre la foudre - Lignes de télécommunication - Partie 1 : installations à fibre optiques	5.4.1
<b>UIT -T K8</b>	Séparation en terre entre les câbles de télécommunications et les mises à la terre de systèmes électriques	5.4.1
<b>NF EN 60794-3-10</b>	Câbles extérieurs – Spécification de famille pour les câbles optiques de télécommunications destinés à être installés dans des conduites, directement enterrés ou attachés en aérien	5.4.2

Norme	Application	Paragraphes concernés dans le guide
<b>NF EN 60794-3-11</b>	Câbles à fibre optique - 3-11 : Câbles extérieurs – Spécification de produit pour les câbles de télécommunications à fibres optiques unimodales, destinés à être installés dans des conduites, directement enterrés et en aériens ligaturés.	5.4.2
<b>NF EN 60794-3-20</b>	Câbles extérieurs – Spécification de famille pour les câbles optiques de télécommunications aériens autoporteurs.	5.4.2
<b>NF EN 60794-3-21</b>	Câbles extérieurs – Spécification particulière pour les câbles optiques de télécommunications aériens autoporteurs utilisés dans le câblage de locaux	5.4.2
<b>XP C 93-850-3-25</b>	Câbles à fibres optiques - 3-25 : Spécification particulière - Câbles de distribution à usage extérieur, en aérien ou en souterrain	5.4.2
<b>XP C 93-850-6-25</b>	Câbles à fibres optiques – 6-25 : Spécification particulière – Câble de distribution à usage mixte (intérieur et extérieur).	5.4.2
<b>NF EN 60794-4-20</b>	Optical fibre câbles – Part 4-20 : Câble optiques aériens sur ligne électrique – Spécifications de famille pour les câbles entièrement diélectriques et autoporteurs	5.4.2
<b>XP C 93-850-3-22</b>	Câbles à fibres optiques – 3-22 : Spécification particulière – Câble optique de branchement à usage extérieur, aérien, façade ou conduite	5.4.2
<b>XP C 93-850-6-22</b>	Câbles à fibres optiques – 6-22 : Spécification particulière – Câble de branchement à usage mixte (intérieur et extérieur)	5.4.2
<b>NF EN 615376.2.1</b>	Exigences et essais pour les systèmes de chemin de câbles et les systèmes d'échelle à câbles prévus pour le support, le logement des câbles et éventuellement d'autres équipements électriques dans des installations électriques et/ou des systèmes de communication	6.2.1
<b>NF EN 61386-22</b>	Systèmes de conduits pour la gestion du câblage - Partie 22 : règles particulières - Systèmes de conduits cintrables	6.2.1
<b>NF EN 50085-2-1</b>	Systèmes de goulottes et systèmes de conduits-profilés pour installations électriques - Partie 2-1 : systèmes de goulottes et systèmes de conduits-profilés prévus pour être montés sur les murs et les plafonds	6.2.1
<b>NF C 15-100</b>	Installations des réseaux de communication dans les bâtiments d'habitation	6.2.1
<b>NF C 32070 2.1</b>	Conducteurs et câbles isolés pour installations - Essais de classification des conducteurs et câbles du point de vue de leur comportement au feu	6.2.2
<b>NF EN 13501-6</b>	Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 6 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu sur câbles de puissance, de commande et de communication	6.2.2
<b>IEEE 802.8</b>	CODE FOTAG	10.1

-  Zone résidentielle
-  Immeuble
-  Voirie
-  Canalisations
-  Réseaux aériens
-  Backbone National



# Introduction

## 2.1 RÉSEAUX DE FIBRE OPTIQUE

### 2.1.1. Fibre optique

Une fibre optique est un tube de verre ou de plastique de dimension très fine, comparable à l'épaisseur d'un cheveu. Elle fait office de guide d'onde pour tout signal lumineux injecté à l'une de ses extrémités, et la propagation du signal lumineux se fait en exploitant les propriétés de réfraction de la lumière.

Une fibre est structurée en trois parties :

- Le cœur : le noyau du câble en fibre optique, qui sert à la transmission de la lumière sur toute la longueur du câble.
- La gaine : une couche supplémentaire, faite d'un matériau semblable à celui du cœur, mais avec un indice de réfraction inférieur pour faciliter la réflectance continue de la source lumineuse vers le cœur.
- Le revêtement : la couche externe du câble qui enveloppe, protège et isole le cœur et la gaine.

La lumière, injectée à une extrémité de la fibre, se propage en étant réfléchi sur les parois du cœur, à condition que les courbures appliquées sur la fibre

n'excèdent pas les limites imposées par la différence d'indice de réfraction entre les deux parties de la fibre.

La fibre optique est utilisée aussi bien pour l'éclairage, la fibroscopie ou la transmission de données. C'est bien sûr ce dernier aspect qui est développé dans ce guide.

Les fibres optiques dédiées à la transmission de données se distinguent selon les principes de fabrication, de variation de l'indice de réfraction et des modes de propagation : monomode ou multimode. Seules les fibres monomodes sont concernées dans ce document, les fibres multimodes étant utilisées non pas pour des réseaux de télécommunications, mais pour des réseaux informatiques, déployés au sein des locaux d'entreprise.

Les longueurs d'onde du signal lumineux utilisé dans les applications de télécommunications vont de 1310 nm à 1625 nm. Le signal est émis par un laser, et des récepteurs photoélectriques sont utilisés pour récupérer le signal émis à l'autre bout de la fibre. Il existe des amplificateurs à fibres optiques dont l'élément principal est une fibre optique en verre dopée aux terres rares (l'Erbium par exemple).

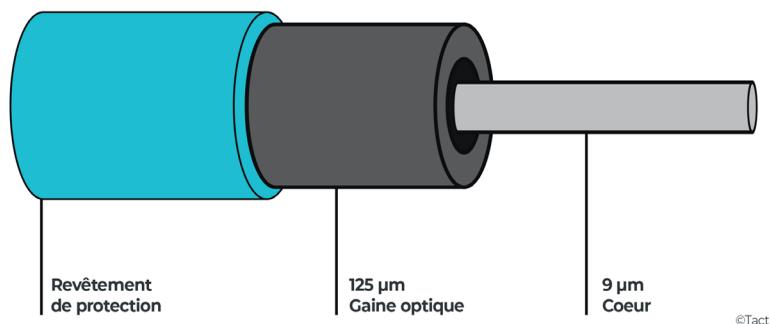


Figure 1 : structure d'une fibre monomode



### 2.1.2. Réseaux de télécommunications utilisant la fibre optique

A l'inverse des réseaux mobiles, qui sont basés sur la transmission des informations par ondes radio, les réseaux fixes assurent cette transmission à travers un câble physique, disposé de plusieurs manières :

- **soit enterrés** : en général à travers des conduites souterraines, mais aussi avec des câbles enterrés en pleine terre ;
- **soit en aérien** : et supporté par des poteaux voire des pylônes ;
- **soit même dans les fonds sous-marins** : à travers fleuves ou océan, les câbles de fibre optique peuvent être simplement déposés au fond de l'eau, ou encore enfouis dans une tranchée créée dans le fond des cours d'eau peu profonds. Le cas des câbles sous-marins est ici exclu de ce guide, car non concerné par les applications du décret cité en début de paragraphe.

La fibre optique est devenue le support privilégié des réseaux fixes, dépassant de loin les performances

des réseaux basés sur du fil de cuivre, avec tout particulièrement deux points à leur avantage :

- Une atténuation du signal beaucoup plus faible que sur les réseaux à base de cuivre, ce qui permet des liaisons plus longues et réduit les besoins d'équipements actifs intermédiaires pour régénérer le signal ;
- Des possibilités de densification de l'information plus fortes, permettant d'augmenter la bande passante, qui est une mesure de la quantité d'information par seconde injectée dans le signal de transmission.

### 2.1.3. Usages et la classification des réseaux optiques

Réservée au départ pour les réseaux interconnectant les centres de données, elle est devenue la technologie privilégiée pour supporter les liaisons longues distances structurant les infrastructures numériques et Internet en particulier. Dans ce cas, on parle de dorsale optique (avec la traduction anglaise backbone utilisée également couramment).

Elle est maintenant utilisée également pour raccorder les particuliers, et dans ce cas, on parle de réseau FTTx avec beaucoup de déclinaisons, chacune d'elles correspondant à une variante technique sur le mode de connexion, dont le principe général reste le même: raccordement d'un espace physique délimité à Internet par l'intermédiaire de la fibre optique (voir le paragraphe 1.4 rassemblant les définitions des termes employés dans ce document).

La fibre optique devient également un support essentiel dans le déploiement des réseaux mobiles 4G et maintenant 5G : chaque station radio doit disposer d'une capacité de transmission importante vers le centre de données de l'opérateur, que seule la technologie de fibre optique peut assurer aujourd'hui : les technologies par ondes radio, faisceaux hertziens ou liaisons satellites, n'apportent pas sur ce point les performances exigées.

Les pays qui avaient déjà développé des réseaux fixes avec du câble en cuivre migrent à des vitesses variables leur infrastructure vers des supports à fibre optique. Dans le cas de nouveaux réseaux, on peut sauter le pas de l'étape cuivre pour démarrer d'emblée une infrastructure basée sur la fibre optique

#### 2.1.3.1. Réseaux de desserte en fibre optique

Un réseau de desserte assure une liaison optique avec un ensemble de maisons ou d'immeubles.

C'est un réseau hiérarchisé, en forme d'arbre. Le point correspondant à la tête d'un réseau de desserte est appelé Nœud de Raccordement Optique (NRO). En général est prévu un NRO pour plusieurs milliers de points de raccordement potentiels (résidence privée, établissement d'administration ou d'entreprise, etc.). Les équipements actifs de transmission sont placés dans ce NRO, c'est-à-dire les équipements alimentés électriquement permettant de réaliser les transmissions.

Le réseau de desserte est ensuite divisé en sous-sections géographiques, desservant chacune en ordre de grandeur quelques centaines de points de raccordements. A chacune de ces sous-sections est attribué un Sous-Répartiteur Optique (SRO).

Un Point de Branchement Optique (PBO) est le point ultime de la branche du réseau. Chaque abonné est relié à un PBO.

Dans un réseau de desserte en fibre optique, la transmission vers un abonné se fait à travers une fibre, dans laquelle circule les signaux émis dans les deux sens, la distinction de ces signaux se faisant par des systèmes à prisme à chaque extrémité.

Deux technologies principales existent pour le FTTx :

- Le P2P (« Point to Point »), où chaque fibre depuis le NRO alimente un et un seul abonné. Ce dernier dispose donc de la totalité des capacités de transmission de la fibre pour son usage personnel ;
- La famille des technologies PON (« Passive Optical Network »), où une même fibre est utilisée par un groupe d'abonnés (typiquement 1 fibre pour 64 abonnés), qui partagent alors à plusieurs la capacité de la fibre. La dispersion depuis une même fibre se fait à travers des coupleurs, disposés au niveau du NRO ou du SRO.

La plupart des opérateurs FTTx ont opté pour les technologies PON. Mais souvent les deux technologies coexistent dans les réseaux, ce qui permet aux opérateurs de proposer des services différenciés en termes de qualité de service selon la typologie de l'abonné.

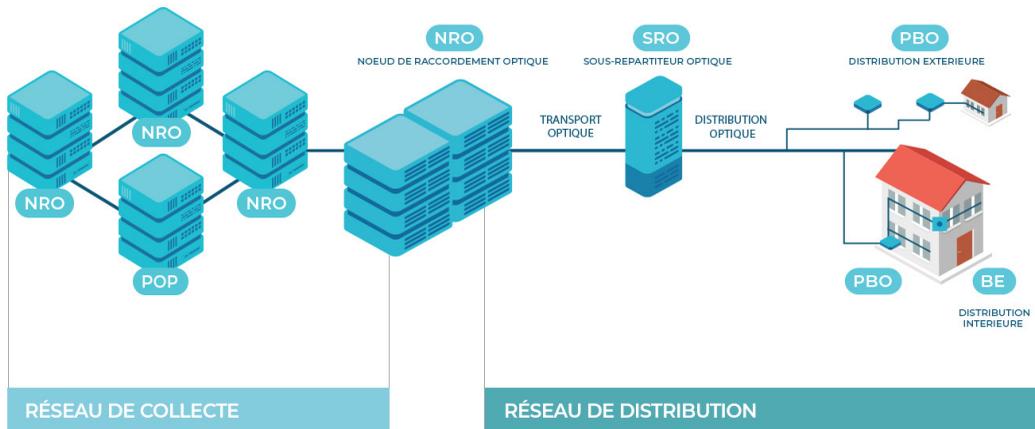


Figure 2 : Distinction réseau de collecte / réseau de desserte

### 2.1.3.2. Backbones / dorsales optiques / réseaux de collecte

Au contraire des réseaux FTTH, une liaison en backbone est constituée de deux fibres, séparant ainsi les signaux de chaque sens d'émission. Chaque liaison est donc supportée par une paire de fibres.

Les dorsales optiques (ou « backbone »), peuvent se situer à différentes échelles :

- En boucle métropolitaine : on parle alors de Metropolitan Area Network (MAN)
- En liaison interurbaine : le long des routes, voies ferrées, voies navigables, lignes à haute tension, etc. (on parle de WAN : Wide Area Network)

Le backbone, appelé aussi dorsale, est le centre névralgique d'un réseau haut débit et désigne l'ensemble des supports de transmission de ce réseau.

Il supporte le trafic en utilisant des technologies permettant une large bande passante. Pour illustrer un backbone, on utilise souvent la métaphore d'une autoroute alimentée par de nombreuses routes nationales et/ou départementales.

Le terme de « réseau de collecte » est souvent utilisé dans les réseaux FTTH/FTTB pour raccorder les NRO d'un opérateur, à l'échelon d'une ville et bien sûr également du pays.

Un Point de Présence (Point Of Présence, POP) est un site dans lequel un opérateur de télécommunication dispose d'équipements actifs ou passifs permettant de recueillir ou transmettre des flux locaux à la localisation du POP. Un POP est un des points essentiels d'un backbone. Entre ces POPs, sont installés des sites intermédiaires, appelés nœuds du réseau, permettant la régénération du signal optique et le raccordement sur le backbone de sous-réseau.

La topologie classique d'une dorsale est une boucle, permettant ainsi une permanence de la connectivité : si la connectivité sur une des branches entre deux nœuds du réseau est rompue (par cause de rupture accidentelle du câble optique par exemple), la liaison reste opérationnelle puisque le nœud est atteignable par l'autre côté de la boucle.

Lorsqu'un embranchement est prévu sur un câble, pour desservir un point isolé le long d'un réseau de collecte, on parle de dérivation.

#### 2.1.4 Pose de câbles optiques

Comme expliqué plus haut, la pose de câble optique peut se faire soit en aérien, soit en enterré.



Pour la pose en enterré, **poser un câble optique en pleine terre est une solution technique possible mais qui n'est pas retenue dans le contexte togolais de l'application du décret cité en début de document** : seules les configurations avec conduites sont présentées ici, car permettant notamment une meilleure évolution du réseau par l'ajout de nouveaux câbles à travers des conduites libres ou leurs remplacements.

Afin de réaliser facilement les opérations d'insertion du câble en conduite, sont construites à intervalle de distance convenable des chambres de tirage.

#### 2.1.5 Standards de fibre optique

L'UIT a défini plusieurs standards sur la fibre optique monomode : ITU-T G.652, ITU-T G.653, ITU-T G.654, ITU-T G.655, ITU-T G.656, ITU-T G.657.

Dans le cadre de l'application du décret cité en début de document, dépendant des exigences de performances et de capacités de transmission, les standards suivants pourraient être considérés :

- Pour les backbones : G.652.D, ou G.654.E, ou G.655.C, ou G.655.D, ou G.655.E ;
- Pour les réseaux d'accès : G. 657.A2 ou G.657.B2.



Toutefois, il est préconisé de se restreindre aux standards suivants :

- Pour les backbones : G652D ;
- Pour les réseaux d'accès : G657A2.

Ce sont les deux standards les plus utilisés à ce jour, et conformes aux exigences de la plupart des opérateurs.

Ce sont les standards qui sont repris dans le paragraphe sur les mesures de performances optiques, avec également le G655 pour la partie backbone, qui pourrait être utilisé pour des besoins en bande passante très élevés.

### 2.1.6 Les codes couleurs et regroupement de fibres par tube

Les fibres optiques sont regroupées par tube dans un câble, chaque tube ayant un nombre égal de fibres. Dans les câbles utilisés dans les réseaux de télécommunications, un standard de 12 fibres par tube s'est largement imposé.

La fibre est protégée par un revêtement, comme cela a été expliqué plus haut.

Afin d'identifier de manière sûre chaque fibre dans son tube, chaque revêtement a une couleur différente. Les tubes eux-mêmes sont protégés par un revêtement similaire, enfermant et protégeant donc les fibres du tube, et la couleur du revêtement du tube permet également de l'identifier.

Plusieurs codes couleurs ont été créés et ont été imposés par divers opérateurs précurseurs de l'utilisation de la fibre optique<sup>1</sup>. Un standard international a été défini, appelé « code FOTAG », et est décrit en annexe (paragraphe 10.1). Le sigle est l'acronyme du groupe de travail qui a défini ce code couleur : « Fiber Optic Technical Advisory Group ». Le nom officiel de ce standard est « code FOTAG IEEE 802.8 ».

Le code FOTAG est utilisé à la fois pour l'identification des fibres et des tubes. Il est préconisé d'utiliser ce code.

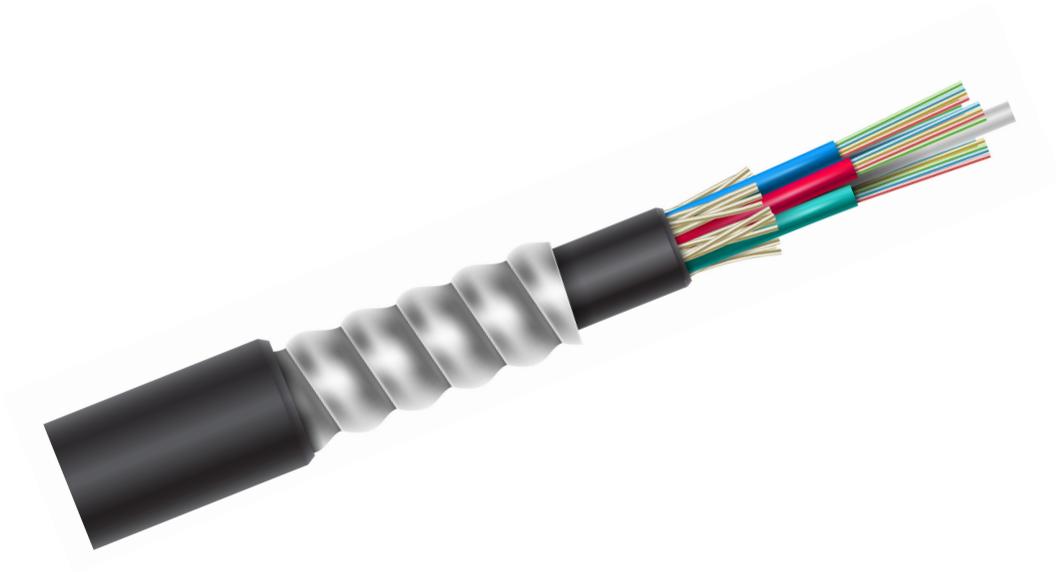


Figure 3 : câble de fibre optique et les gaines colorées protégeant les tubes et les fibres

<sup>1</sup> A titre d'exemple, en France coexistent plusieurs de ces codes dont notamment « France Telecom » et « SFR »

## 2.2 CATEGORIES DE TRAVAUX CONCERNES PAR LE DECRET

### 2.2.1. Construction ou aménagement d'une zone résidentielle ou d'une zone d'activité

Lors de la création ou l'aménagement d'une zone résidentielle, en général le projet intègre l'aménagement des voiries à l'intérieur de la zone. Afin de permettre le raccordement ultérieur des différents bâtiments, un réseau de conduites souterraines sera installé, en configuration hiérarchique, c'est-à-dire avec un point d'entrée de la zone identifié comme point d'entrée du réseau, et qui abritera un Sous-Répartiteur Optique (voir le paragraphe 2.1.3.1).

Si la zone d'activité ou résidentielle est très large, ou doit supporter une densité élevée de bâtiments, il faudra permettre la construction ultérieure de Nœud de Raccordement Optique, et non plus simplement d'un sous-répartiteur.

En conséquence, une surface suffisante pour la construction ultérieure d'un tel élément doit être réservée.

#### Pour créer un réseau optique incluant la création d'un NRO/SRO avec les PBO distribués, et les chambres nécessaires, les principes suivants seront suivis :

Définir l'emplacement du « point d'entrée de la zone », qui correspondrait à un SRO voire un NRO (réserver dans ce cas la surface correspondante), et matérialiser le point d'entrée par une armoire de rue dotée de tiroirs optiques. Ce point d'entrée doit être placé de manière à ce qu'aucune prise chez l'abonné ne soit à plus de 16 km (de câble) du NRO. De même un SRO doit desservir en moyenne 400 prises terminales, et au maximum 800.

Enterrer dans l'accotement de la voirie des conduites en quantité suffisante avec des chambres de tirage, espacées, de manière à permettre d'ajouter facilement des câbles optiques dans le réseau.

Installer une chambre au pied de chaque immeuble, pour permettre la pénétration de câble dans le bâtiment.

Installer des PBO (sur poteaux, ou façades d'immeuble, ou dans des locaux techniques d'immeuble, etc.), et les éventuels poteaux nécessaires pour ultérieurement raccorder chaque bâtiment de la zone depuis son PBO le plus proche.

Placer les câbles optiques dans les conduites pour raccorder chaque PBO et chaque immeuble depuis la tête du réseau.

### 2.2.2. Construction d'un immeuble

Que l'immeuble soit à une destination résidentielle ou professionnelle, l'objectif est de

permettre un raccordement simple de chaque logement / bureau individuel de l'immeuble avec la fibre optique.

#### Pour construire un réseau intérieur à l'immeuble, il convient de suivre les préconisations suivantes :

Installer une chambre au pied de l'immeuble côté rue, pour permettre l'arrivée d'un câble optique depuis le réseau de desserte.

Installer des PBO répartis dans les étages, en fonction du nombre de logements/bureaux de l'immeuble.

Installer des chemins de câble en colonne montante technique, sur lesquels des câbles peuvent être accrochés pour être raccordés sur les PBO dans les étages. Le chemin de câble devra partir du point de pénétration immeuble et sera réalisé dans la mesure du possible au plus proche de la chambre posée côté rue.

Mettre en œuvre des adductions pour raccorder chaque bureau/appartement au PBO le plus proche.

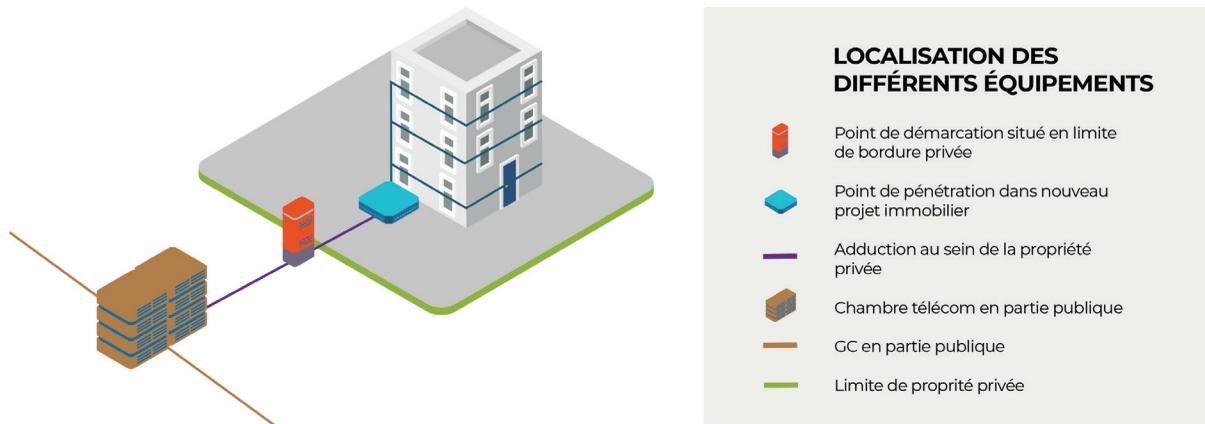


Figure 4 : Principe de l'adduction d'un immeuble

### 2.2.3. Construction ou aménagement d'une voirie

Lors de travaux sur une voirie, le complément télécommunication à insérer sera un tronçon

linéaire, enterré au niveau de l'un des accotements de la chaussée.



**Positionner le tronçon optique au niveau des terre-pleins centraux (TPC) n'est pas une solution à retenir, car en phase d'exploitation il est beaucoup plus compliqué de réaliser des travaux de réparation ou de maintenance à cet endroit, et il est plus facile d'assurer la sécurité des intervenants en accotement.**

La configuration de l'infrastructure de télécommunication à mettre en place le long d'une voirie est celle d'un backbone. Si toutefois, ce projet est inséré dans un programme plus large d'aménagement de zone résidentielle ou d'activité, se référer alors au paragraphe 2.2.1.

Le tronçon doit être divisé en sections de longueurs inférieures à 80 km, pour éviter de trop grands affaiblissements du signal dans la fibre optique, ce qui amènerait à mettre en place des équipements actifs plus performants donc plus coûteux.

Chaque section sera délimitée par deux armoires de rue, une à chaque extrémité, et contenant chacune un tiroir optique.

Il y a donc automatiquement un point de terminaison de section en début et une autre en fin de tronçon. Lorsqu'un tronçon doit être divisé en plusieurs sections de longueur 80 km ou moins, il faut alors

définir des points de terminaison de chaque section, qui sont autant de points intermédiaires le long du tronçon sur lesquels une armoire de rue sera également installée. Le choix de l'emplacement de ces points intermédiaires devra être fait judicieusement, car ces points de terminaison, dotés d'une armoire de rue avec tiroir optique, seront autant de points d'entrée possibles sur le backbone. Il faudra veiller à sélectionner des points ayant une valeur géomarketing : ville importante, bâtiment public dont le raccordement est primordial, concentration de sites de télécommunications existants ou à venir, future zone résidentielle ou d'activité, etc.

Si des points d'intérêt marketing sont plus nombreux que les points de terminaison de section à prévoir, il pourra être simplement prévu une chambre dite de dérivation, pour permettre un raccordement ultérieur sur le backbone en mode « piquage » (voir le paragraphe 4.2.3).

Les travaux se dérouleront en **deux phases**, décrites ci-dessous.



• **Première phase**

liée à des travaux de génie civil : pose des conduites enterrées, des chambres et des armoires de rue.

• **Deuxième phase**

liée à des travaux optiques : pose du câble optique dans une des conduites, raccordements optiques entre tourets et dans les armoires de rue. L'insertion d'un câble en conduite ne se fait que lorsque l'infrastructure génie civile est finalisée.

### La réalisation d'un backbone optique le long d'une voirie doit respecter les principes suivants :

En phase d'études préliminaires aux travaux, découper le tronçon en sections d'environ 80 km ou moins et choisir judicieusement les points de terminaison des sections.

Placer les armoires de rue en début et fin de chaque section. Pour chaque armoire de rue, une chambre de tirage sera créée et placée devant, permettant aux câbles optiques de transiter depuis les conduites vers l'armoire. L'extrémité du câble sera raccordée sur un tiroir optique dans l'armoire.

Définir les points de dérivation : points le long du parcours où il sera éventuellement intéressant ultérieurement de pouvoir se raccorder sur le câble. A chacun de ces points, installer une chambre, dite de dérivation.

Installer des chambres de tirage réparties le long du parcours pour permettre l'insertion de câbles optiques dans les conduites. L'interdistance entre chambre ne devra pas excéder 2000 m, pour des raisons techniques. En effet, les tourets de câble optique sont fournis de manière générale sur des longueurs multiples de 2000 m (souvent 4000 m ou 6000 m). Une interdistance de 2000 m s'adapte donc bien aux longueurs des tourets. Cela permet aussi de s'adapter aux performances des techniques d'insertion du câble en conduite par portage (air ou eau).

Des boîtiers de jonction sont à poser :

- 1) aux endroits où il faut raccorder deux tourets de câble (on parle alors de « joint droit ») ;
- 2) aux endroits où une dérivation est prévue (on parle de « joint de dérivation »).

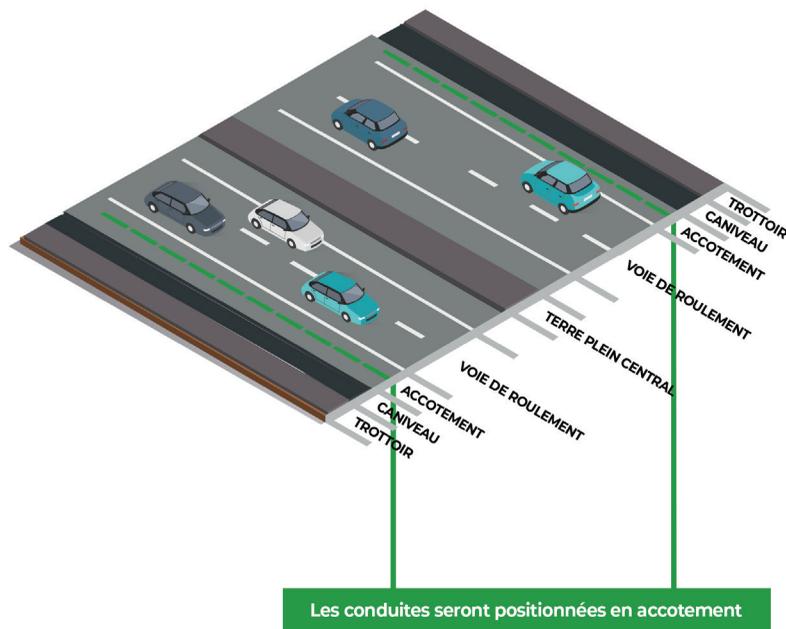


Figure 5 : Schéma général de position des conduites par rapport à une voirie

#### 2.2.4. Installation ou réaménagement de canalisations (réseaux secs ou réseaux humides)

Les canalisations pour réseaux secs (électricité, télécommunications, gaz, etc.) ou humides (eau, pétrole, etc.) sont soit enterrées soit posées en surélévation par rapport au terrain naturel sur des supports adéquats. Dans tous les cas, les travaux de génie civil nécessaires doivent intégrer la mise en place d'un réseau backbone optique enterré, le long de la canalisation, et en respectant les règles de distance selon la nature du réseau construit. Les règles à appliquer sont les mêmes que celles pour les voiries (paragraphe 2.2.3).

#### 2.2.5. Installation ou réaménagement de réseaux aériens

Les réseaux aériens peuvent être composés :

- de poteaux (pour d'autres réseaux de télécommunications, ou pour le réseau de distribution électrique basse/moyenne tension) ;

- ou de pylônes (pour les réseaux électriques de haute / très haute tension).

Dans les deux cas, les structures mises en place (poteau ou pylône) doivent supporter un câble optique supplémentaire.

##### 2.2.5.1. Poteaux de taille basse en zone interurbaine

Il s'agit ici typiquement de la création d'un réseau électrique basse/moyenne tension. Le réseau optique ajouté en application du décret cité au début de ce document sera ici dans une configuration de réseau de collecte ou de backbone optique.

En particulier, il s'agira de découper le tronçon en sections de longueur convenable, et de placer judicieusement des BPE pour dérivations potentielles ultérieures (voir le paragraphe 2.2.3).



#### L'infrastructure doit prévoir des poteaux permettant de supporter les éléments suivants, en plus des câbles initialement prévus :

Un câble optique sera ajouté, compatible avec un backbone.

Les BPE pourront être placés sur les poteaux. Alternativement, il sera possible de les placer dans une chambre au pied du poteau, en protégeant la descente et remontée du câble (gaine oméga).

Une armoire de rue sera placée en début et fin de chaque section. Devant chaque armoire de rue, sera posée une chambre de tirage, au pied du poteau correspondant au point de terminaison de la section.

Un BPE sera associé à chaque point de dérivation, éventuellement associé à une chambre placée au pied d'un poteau.

### 2.2.5.2. Poteaux de taille basse en zone urbaine

Il s'agit ici typiquement de la création d'un réseau électrique basse/moyenne tension, ou d'un réseau de télécommunications. Le réseau optique ajouté en application du décret cité au début de ce document sera ici

dans une configuration de réseau de desserte. En particulier, il faudra définir les têtes de réseau (NRO/SRO), pour lesquels une armoire de rue sera installée (voir le paragraphe 2.2.1).

#### L'infrastructure doit prévoir des poteaux permettant de supporter les éléments suivants, en plus des câbles initialement prévus :

Un câble optique sera ajouté, compatible avec un réseau de desserte.

Les BPE pourront être placés sur les poteaux. Alternativement, il sera possible de les placer dans une chambre au pied du poteau, en protégeant la descente et remontée du câble (gaine oméga).

Des chambres seront prévues pour réaliser les transitions entre les tronçons sous-terrain et aérien selon les besoins et conformément aux études.

Une armoire de rue sera installée à chaque emplacement défini pour les NRO/SRO. Voir à ce sujet les règles de base pour la réparation des NRO/SRO au paragraphe 2.2.1.

### 2.2.5.3. Pylônes à grande hauteur

Il s'agit ici typiquement de la création d'un réseau électrique haute tension. Le réseau optique ajouté en application du décret cité au début de ce document sera ici dans une configuration de backbone. En particulier, il s'agira de

découper le tronçon en sections de longueur convenable, et de placer judicieusement des BPE pour dérivations potentielles ultérieures (voir le paragraphe 2.2.3).

#### L'infrastructure doit prévoir des pylônes permettant de supporter les éléments suivants, en plus des câbles initialement prévus :

Un câble optique sera ajouté, compatible avec un backbone.

Une armoire de rue sera posée en début et fin de chaque section, avec une chambre devant chaque armoire de rue.

Une chambre sera installée à chaque interface avec un réseau enterré, si le tronçon n'est pas uniquement en aérien.

A chaque point où un BPE est nécessaire (pour raccorder deux tourets de câble ou prévoir un point de dérivation), une chambre sera installée en pied de pylône, pour abriter le BPE.

#### 2.2.5.4. Restrictions

Les traversées en aérien ne sauront être envisagées pour :
Les autoroutes et les routes express
Les voies routières à fort trafic et les itinéraires des convois exceptionnels de grande hauteur
Les voies ferrées, électrifiées ou non
Les voies et plans d'eau navigables ou flottables

### 2.3 RECOMMANDATIONS GENERALES

#### 2.3.1. Anticiper la commande de fournitures

La commande du câble optique et des conduites se heurtent souvent à deux écueils : la difficulté pour les fabricants de tenir les cadences face aux demandes, qui augmentent chaque année de manière importante, et les temps de transport pour la livraison de ces marchandises. Il est donc important pour le respect des délais du chantier d'anticiper au maximum l'achat de ces fournitures. L'anticipation de la commande des fournitures est certes une démarche générale, mais le câble et les conduites sont deux éléments critiques pour lesquels les délais sont souvent longs.

#### 2.3.2. Autorisations de travaux, études environnementales

Les opérations préalables d'autorisation de travaux à appliquer pour la création de réseaux de câble optique, et d'études environnementales sont exactement celles appliquées sur les projets de travaux publics.

#### 2.3.3. Contrôle et étapes de validation

Les documents produits pendant les études doivent intégrer les éléments du réseau de télécommunications à créer.

Le dossier d'exécution et, de manière générale, les documents d'étude, doivent être validés avant le démarrage des travaux.

Pendant les travaux, certaines étapes de contrôle sont nécessaires, et sont à intercaler dans le planning : elles sont indiquées dans ce guide.

A l'issue des travaux, le Dossier des Ouvrages Exécutés doit intégrer les éléments relatifs au réseau de télécommunications. Ces éléments sont décrits également dans ce guide. Le dossier devra en conséquence être validé.

#### 2.3.4. Sécurité

De manière générale, les règles de sécurité appliquées dans les chantiers de génie civil sont également applicables pour la pose d'infrastructure numérique.

Le MOE définira au préalable un Plan d'Hygiène, de Sécurité et de Santé (PHSS) et un Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES), qu'il fera valider par le Maître d'Ouvrage, et qu'il appliquera pendant tout le chantier et fera appliquer par tous ses sous-traitants.

Il veillera en particulier bien entendu à :

- Faire appliquer toutes les règles définies par la législation du Togo ;
- Ne pas détériorer les voies et réseaux divers traversant le site des travaux, pour la circulation des personnes, ainsi que l'écoulement des eaux ;
- Faire appliquer les prescriptions concernant les voiries, leur protection et la circulation des véhicules. En particulier, lorsqu'un engin équipé de chenilles métalliques est utilisé sur la chaussée, trottoir ou accotement, le Titulaire doit prendre les dispositions nécessaires pour éviter la détérioration des revêtements, en utilisant des patins de caoutchouc, par exemple.

Le Titulaire prendra attention à ce que les exécutants agissent en conformité avec les points suivants :

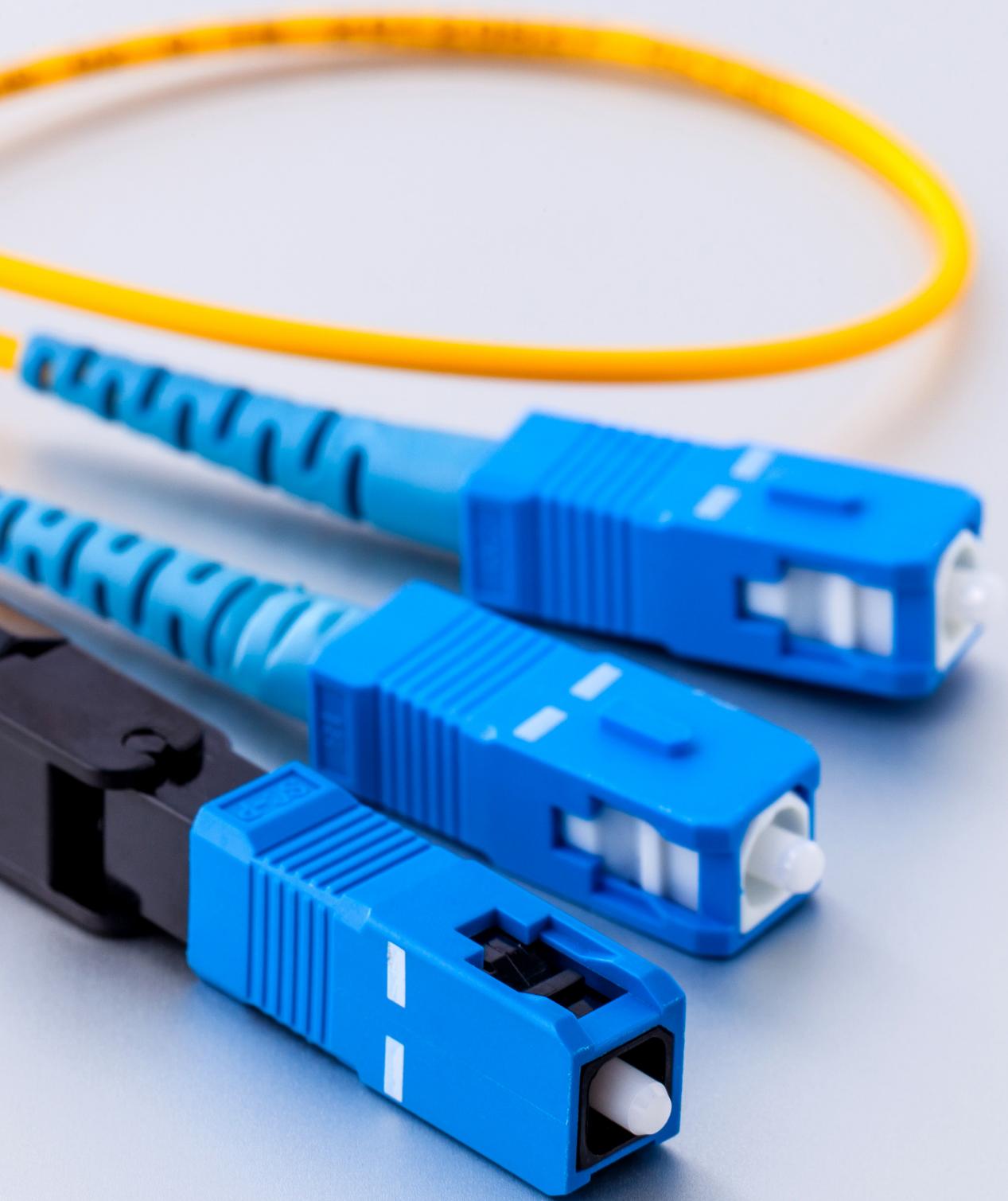
- Porter les équipements individuels de protection ;
- Mettre en place la signalisation de chantier ;
- Veiller à la propreté du chantier ;

- Veiller à la sécurité des biens et des personnes environnants le chantier ;
- Éloigner tous les feux et flammes et ne pas fumer.

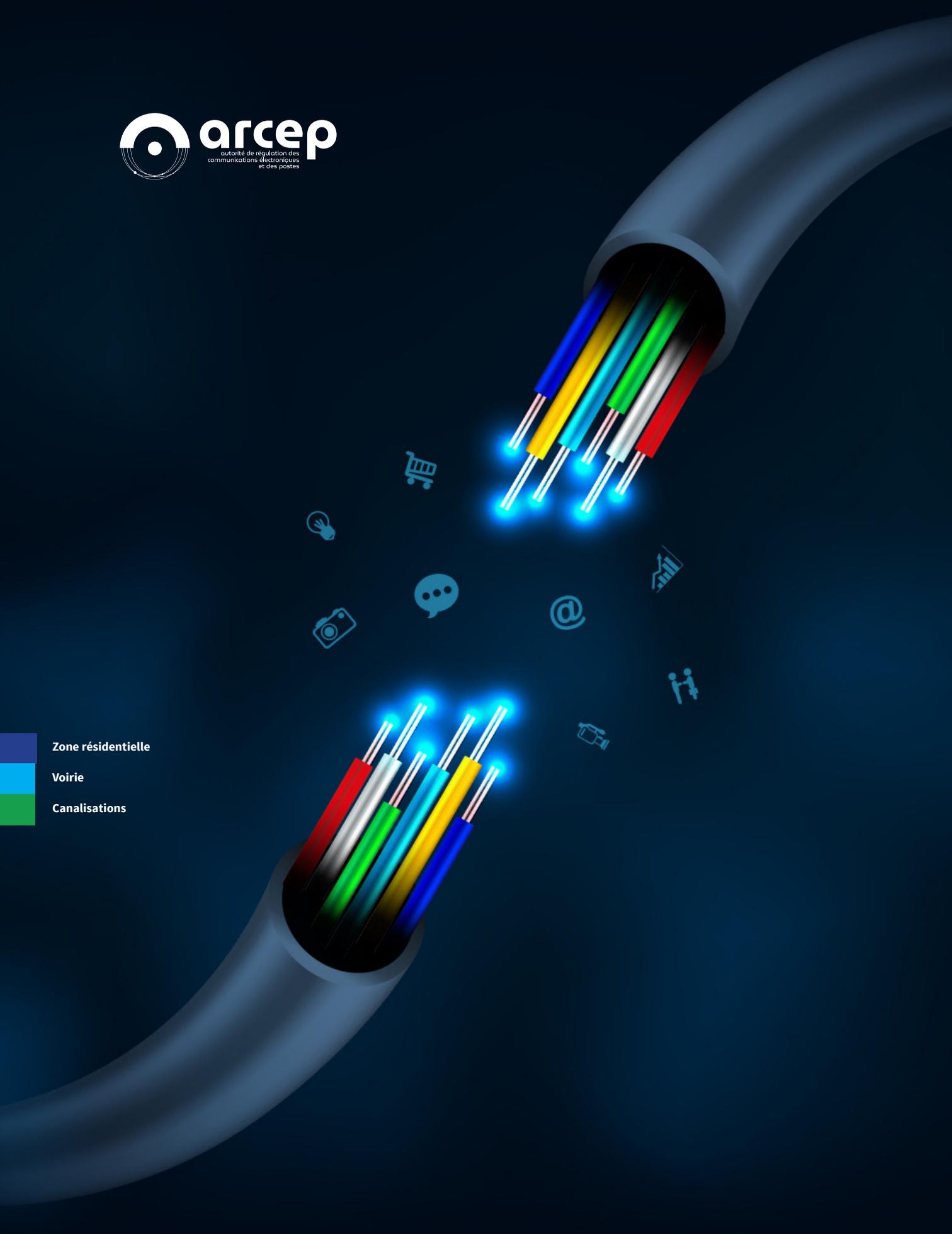
Les tranchées sont remblayées et compactées dans les règles de l'art, au fur et à mesure de l'avancement des travaux. La durée maximale d'ouverture de fouille, après réalisation de l'ouvrage ne doit pas excéder 72 heures. L'obligation de précautions contre les éboulements vise la sécurité des ouvriers mais aussi la stabilité des ouvrages voisins et donc la sécurité des personnes hors tranchée.

Il faudra éviter de laisser les chambres ouvertes lorsque les travaux au niveau de cette chambre sont assez longs, spécialement en zone urbaine. Si c'est le cas, il est nécessaire de baliser la chambre ouverte avec un garde-corps de chantier, afin d'éviter toute chute de piéton dans la chambre.

**Pendant les raccordements optiques, il faut veiller à la protection de la santé des personnels opérateurs vis à vis des déchets de fibre issus des opérations de soudure.**



-  Zone résidentielle
-  Voirie
-  Canalisations



# Construction de réseaux de conduites enterrées

## 3.1 PHASE ETUDES

Les études se déroulent en deux étapes :

- **Etape 1** = réalisation d'un Avant-Projet Sommaire ;
- **Etape 2** = réalisation d'un Avant-Projet Détaillé.

### 3.1.1. Considérations Générales

#### 3.1.1.1. Définitions des sections

Un tronçon est un axe routier, en général délimité par deux villes, le long duquel est construit un réseau optique.

Une section, en réseau de collecte, est une partie du tronçon, bornée à son départ et à son arrivée par un tiroir optique, ce dernier abrité dans une armoire de rue.

En cas de dérivation, un ou plusieurs câbles secondaires sont raccordés au câble principal par soudure de quelques fibres, abritées dans un Boîtier

de Protection d'Epissure. Un câble en dérivation aboutit à un site télécom ou un bâtiment, sur un tiroir optique. La section en dérivation est alors délimitée par le tiroir optique où aboutit le câble et la chambre abritant le BPE de jonction.

Dans un réseau de desserte, à chaque branche de la structure arborescente du réseau est associée une section.

Une portion de génie civil est la partie de l'infrastructure située entre deux chambres de tirage. Le câble passe par cette portion soit à travers des conduites enterrées, soit à travers des conduites suspendues quand elles sont posées en encorbellement de pont.

#### 3.1.1.2. Terminaison des câbles optiques

Toute extrémité de câble optique sera proprement terminée, c'est à dire connectisée sur tiroir optique, ou BPE pour les câbles en dérivation.



**Aucune extrémité de câble ne sera laissée en attente en extérieur (y compris en chambre).**

### 3.1.2. Normes d'enfouissement des réseaux

Les normes d'enfouissement des canalisations et gaines d'eau potable, de gaz combustible,

d'hydrocarbure, d'assainissement, des câbles de réseaux électriques ou de fourreaux de télécommunications doivent impérativement être respectées.

### 3.1.2.1. Signalisation

Des dispositifs de signalisation doivent être placés (grillage en plastique, appelés grillage avertisseur) dont les couleurs sont conventionnelles :

- Bleu pour réseau d'eau potable ;
- Jaune pour le réseau de gaz combustible (y compris les hydrocarbures) ;
- Marron pour l'assainissement ;
- Rouge pour réseau électrique BT et HT (basse et haute tension) ;
- Vert pour le réseau de télécommunications.

Ces grillages avertisseurs sont à placer à 0,30 m au-dessus de l'infrastructure signalée.

### 3.1.2.2. Distances normalisées entre réseau

Pour les interdistances entre réseau, les principes suivants devront être respectés :

- Gaz : distance minimale de 0,50 m ;
- Electricité et eau : distance minimale de 0,30 m ;
- Autres réseaux télécom : distance minimale de 0,20 m.

Le respect de ces préconisations passe nécessairement par la consultation des plans de récolement des opérateurs concernés, qui seront sollicités à cet effet.

Les distances de retrait minimales par rapport à la végétation sont de 1 mètre pour de petites espèces et 2 mètres pour de gros arbres (norme NF P 98-332).

Les réseaux doivent obligatoirement être déployés sur fond de fouille stable, épierré, et dépourvu de points durs afin d'éviter le poinçonnage de la canalisation et de son revêtement.

Le remblayage de la fouille doit être réalisé en matériaux fins et homogènes (terre épierrée, sable) jusqu'à 0,2 mètres au-dessus des canalisations/ conduites.

### 3.1.3. Identifiants

**En phase étude, sont définis des numéros identifiants pour :**

Chaque tronçon ou réseau de desserte ;

Chaque section ;

Chaque armoire de rue ;

Chaque chambre de tirage et de dérivation ;

Chaque tiroir optique ;

Chaque Boîtier de Protection d'Epissure (BPE) à installer ;

Chaque câble optique posé sur une section. Plusieurs câbles peuvent être envisagés sur une même section, et donc chaque câble doit avoir son identifiant.

Ces identifiants seront utilisés dans tous les documents : dossiers d'études, rapports d'avancement, procès-verbaux de recette, Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE). Ils doivent être définis en phase étude de manière exacte et précise, et validés par l'ensemble des acteurs : MOE, autorités de validation des éléments télécommunications ajoutés.

Les identifiants ne doivent pas être trop longs, afin de pouvoir être inscrits sur les étiquettes à placer sur site.

Une proposition de nomenclature est donnée ci-dessous.

**Tableau 2 :** Nomenclature des identifiants

Pour identifier :	Une solution proposée :
<b>Une section</b>	<p>La section est délimitée par deux points de terminaison, situés chacun dans une localité. Prendre les 3 premières lettres de chacune de ces localités.</p> <p>Ainsi par exemple, la section Sarakawa-Kanté pourra être représentée par le sigle : SAR_KAN</p>
<b>Un composant</b>	<p>Utiliser les 3 premières lettres du composant en début d'identifiant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ARM pour armoire de rue ;</li> <li>• ODF pour tiroir optique (Optical Data Frame) ;</li> <li>• BPE pour les boîtiers ;</li> <li>• L2T/L3T/L4T/L5T/K2C pour une chambre L2T/ L3T/L4T/L5T/K2C.</li> </ul> <p>Utiliser ensuite :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'identifiant de la section (voir ci-dessus) ;</li> <li>• Un numéro d'incrément, en commençant par le début de la section. Il est recommandé de ne pas utiliser un pas d'incrément de 1, mais plutôt un pas de 10. Ceci permet en effet dans le futur d'ajouter des composants entre deux existants.</li> </ul>

Ainsi, avec cette méthode, une chambre dans la section Sarakawa-Kanté aura un identifiant qui pourra être : **K2C\_SAR\_KAN\_0240**. Il s'agira alors de la 24<sup>ème</sup> chambre disposée depuis Sarakawa vers Kanté, de type K2C.

En phase d'exploitation du réseau, si une chambre L2T supplémentaire doit être ajoutée après construction entre la **K2C\_SAR\_KAN\_0240** et la **L3T\_SAR\_KAN\_0250**, il sera possible de la nommer **L2T\_SAR\_KAN\_0241**.

# K2C\_SAR\_KAN\_0240

24<sup>ème</sup> chambre disposée depuis Sarakawa vers Kanté, de type K2C.

### 3.1.4. Phasage des études

Une phase étude approfondie est requise, pour identifier soigneusement les différentes configurations à retenir pour une pose du câble adéquate. La démarche générale pour les études

sur les projets de construction d'une infrastructure de télécommunications est similaire à celle adoptée pour les études d'un projet de travaux publics.



Figure 6 : Déroulement type de la phase étude

### 3.1.5. Avant - projet sommaire (APS)

#### 3.1.5.1. Objet de l'APS

L'avant-projet sommaire donne une estimation la plus précise possible du réseau à construire dans ses aspects techniques et financiers sans pour autant engager des frais importants notamment en ce qui concerne la collecte des données sur le terrain. L'avant-projet sommaire permet de :

- Proposer une localisation précise pour les composants principales du réseau (armoires de rue, conduites, chambres, obstacles, encorbellements, points de dérivation, etc.) ;
- Préciser les règles d'ingénierie qui seront utilisées ;
- Utiliser des données géographiques et de coûts plus précises.

### 3.1.5.2. Réalisation de l'APS

Le point de départ des études est une visite sur site, qui est obligatoire et est à réaliser par le bureau d'études. L'objectif est de collecter toutes les informations sur les sites de télécommunications, les bâtiments et les ouvrages spécifiques tout au long de la route du câble d'une manière méthodique afin de cartographier les sites et le tracé étudié.

Le bureau d'études prendra contact avec les autorités compétentes pour se procurer les fonds

de plans et les cartes professionnelles nécessaires, appelés également plans de base.

Les plans de base vont être mis à jour par le bureau d'études en utilisant le GPS, ou tout autre matériel de positionnement, en ajoutant les installations en cours de construction, récentes ou existantes.

Il est important de collecter le maximum d'informations sur le terrain.

#### La actions pour la réalisation de l'APS comprennent :

les prises de contacts de tous les acteurs impliqués en amont et en aval pour la réalisation du projet ;

l'élaboration d'un plan projet à une échelle comprise entre 1/2000<sup>ème</sup> et 1/10 000<sup>ème</sup> suivant les cas montrant un ou plusieurs parcours (SHP et PDF) ;

la production des données au format SIG (shapefile) ;

le tracé du projet et funiculaire (ou tableau) montrant les linéaires intermédiaires et cumulés, les modes de pose et les difficultés.

### 3.1.5.3. Contenus d'un rapport d'études APS.

#### Le document APS à produire doit contenir au moins les sections suivantes :

Une topologie sommaire du réseau à déployer :

- Début et fin de sections ;
- Emplacement des chambres et type de chambre prévue ;
- Position des points de dérivation ;
- Présence d'autres infrastructures : voies ferrées, lignes électriques à moyenne ou haute tension canalisations d'eau, hydrocarbures, etc. ;
- Recenser l'ensemble des localités qui doivent être traversées par le projet ;
- Sites culturels majeurs, aires protégées, forêts classées et zones de biodiversité ;
- Description des obstacles avec une proposition de solution de traitement.

La composition générale de l'infrastructure à déployer :

- Description du nombre de conduites, et des types de tranchées selon chaque zone.

Les solutions techniques possibles en fonction des contraintes du terrain ;
Le calendrier de réalisation ;
Une estimation provisoire du coût prévisionnel des travaux.

### 3.1.6. Avant – projet détaillé (APD)

Les avant-projets détaillés, sont l’ultime étape avant la mise en chantier du réseau. Dans ce type d’étude, on veut atteindre la plus grande précision possible avant le démarrage des travaux.

Une fois le rapport APS validé, le bureau d’études est autorisé à démarrer le processus de production de l’avant-projet détaillé (APD).

#### 3.1.6.1. Objectif de l’APD

**L’Avant-Projet Détaillé (APD) permet d’obtenir les informations et les paramètres pertinents en ce qui concerne le génie civil à réaliser, tels que :**

Finaliser la topologie du réseau, et fournir les identifiants des composants du réseau (sections, chambres, armoires de rue, BPE, câble) ;
Produire l’ensemble des quantitatifs nécessaires (câbles, boîtiers, etc...), et en particulier fournir un synoptique du câble et un plan de calepinage ;
Préciser les données collectées à la phase APS ;
Recenser l’ensemble des contraintes particulières qui pourraient s’appliquer sur la zone de déploiement ;
Préciser les natures des travaux de génie civil à réaliser, si nécessaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Faut-il simplement profiter des travaux réalisés dans le cadre du projet routier ?</li> <li>• Ou faut-il des travaux de tranchage complémentaires ? Si oui à quelle profondeur et dans quel type de sol ?</li> </ul>
Définir les conditions techniques de réalisation du franchissement des ouvrages d’art en encorbellement ;
Préciser l’usage éventuel de techniques de franchissement tel que le forage dirigé ou le fonçage ;
Les demandes des autorisations nécessaires au bon déroulement des travaux (traversées de voies ferrées, forêts protégées, etc.).

La nature prédominante des terrains, les ponts, les traversées de la route, les talus, les cours d’eaux, les obstacles, le nombre des conduites, les chambres etc. doivent être indiquées.

Les visites sur site sont encore impératives à ce stade pour la détermination du type de sol ; les relevés de points GPS le long de l’axe de la fibre, les points étant distants d’au plus 50 m.

Le relevé des informations pendant la phase APD permet de produire des estimations de quantités

qui serviront de base à une réestimation du coût des travaux.

### 3.1.6.1. Production des APD

#### Les cartes dans les APD seront produites en utilisant AutoCAD ou équivalent et doivent :

Intégrer des coupes transversales (type profil de tranchée) pour montrer les anciens ouvrages, la distance par rapport à l'axe de la route, des conduites existantes d'autres concessionnaires (opérateurs de télécommunications, etc...) sera mentionnée ;

Préciser l'itinéraire de câble, les cotes cumulées, l'emplacement (coordonnées GPS) des systèmes de protection d'épissures et des chambres enterrées, les zones rocheuses, les ponts, talus, cours d'eau, traversées de routes, ouvrages particuliers, sites culturels, aires protégées, forêts classées et zones de biodiversité, etc. ;

Faire apparaître toutes sortes d'infrastructures et d'obstacles liés au relief ;

Intégrer en zone urbaine les plans du cadastre.

L'APD comprendra en particulier un plan Autocad, dont les calques seront définis de manière à pouvoir

exporter facilement les données au format shapefile, selon le modèle défini au paragraphe 9.5.

#### En outre, les directives suivantes sont recommandées :

Pour l'échelle :

- Pour les réseaux de collecte, les plans détaillés sont élaborés à l'échelle 1/500 à 1/1000 pour le génie civil en zone urbaine et 1/2000 en zone rurale (rase campagne) ;
- Pour les réseaux de desserte, les plans sont à l'échelle 1/100 à 1/200.

Chaque planche du plan doit indiquer le Nord pour la bonne orientation sur le terrain.

Le plan doit indiquer les informations générales telles que les noms et les numéros des rues et des routes, les stations d'essence, les bâtiments utilitaires, les ponts, les dalots, les emplacements des poteaux électriques et des poteaux d'éclairage public installés le long de la route, les trottoirs et les pistes cyclables, et toute autre information pertinente pour le repérage sur site pendant la construction du génie civil et le tirage du câble.

Le plan doit fournir la liste des symboles et les types de lignes utilisés pour le dessin avec des couleurs différentes pour les conduites existantes et les conduites projetées.

Tous les éléments constituant le projet doivent être indiqués en points kilométriques (PK). Le point de départ est indiqué PK 0+000. La longueur de la route est ajoutée au fur et à mesure de l'avancement.

Les identifiants des chambres, BPE, armoires de rue, etc. doivent être composés de numéros incrémentés dans la direction du plan. Les masques des chambres doivent être dessinés de part et d'autre de la chambre. Le type de chambre doit être indiqué. Une mention « existant » est donnée pour les chambres existantes.

Il sera porté sur le plan les sections des traversées de routes avec vue de profil et dimensions tout en indiquant le niveau du trottoir, la profondeur des tubes / câbles et les autres services pour indiquer l'emplacement de l'installation proposée.

Les encorbellements aux ponts doivent être dessinés avec les détails d'encorbellement et la méthode d'installation.

## 3.2 POSE DE CONDUITES

### 3.2.1. Configuration et dimension des conduites

Enterrer une conduite, dans laquelle un câble sera inséré, implique naturellement une protection du câble : sous terre, il est plus soumis aux détériorations que s'il était simplement posé sur le sol. Et par ailleurs, plus le câble est enterré profond, moins les pressions dues aux poids des véhicules passant au-dessus s'exercent efficacement.

Les conduites étant enterrées, elles sont forcément encadrées au départ et à l'arrivée par deux chambres, qui permettent d'accéder à ces conduites enterrées. Une chambre est donc, en ce sens, un point de fragilité potentiel sur le réseau, puisque le câble y est moins protégé que s'il était enterré. Par ailleurs, la pose d'une chambre est coûteuse. Pour ces deux raisons, il convient donc de minimiser le nombre de chambres.

Les distances inter chambres sont discutées au paragraphe 3.2.3.

La technique de portage étant privilégiée pour l'insertion du câble, la configuration est naturellement d'un câble par conduite. Il est toujours nécessaire de prévoir une conduite de réserve pour réaliser des remplacements du câble (et donc n'enfourer qu'un seul fourreau serait une erreur grave). Cette conduite de réserve est dite « de manœuvre ».

Le nombre de conduites à prévoir est fourni dans le tableau suivant. Selon les cas particuliers, ces configurations peuvent bien sûr être adaptées, et en fonction du budget disponible, le nombre de conduites peut être éventuellement augmenté.

**Tableau 3 :** Configuration des conduites en fonction des catégories de réseau

Catégorie de réseau	Configuration
<b>Réseau de collecte interurbain</b>	<b>3 fourreaux</b>
<b>Réseau de collecte urbain</b>	<b>4 fourreaux</b>
<b>Réseau de desserte</b>	<b>6 fourreaux</b>

La dimension préconisée des conduites est 33 mm de diamètre intérieur :

- C'est suffisamment large pour insérer tout type de câble, y compris avec un nombre de fibres élevé (288 ou plus) ;

- C'est suffisamment étroit pour permettre une mise en pression rapide : plus le diamètre est grand, et plus le volume est important, et plus la mise en pression prend du temps.

Utiliser des conduites plus larges amènerait à des pertes d'espace, puisque la conduite serait surdimensionnée pour le câble.

Ceci pourrait être compensé par des techniques de sous-fourreautage permettant d'insérer plusieurs câbles dans la conduite. Mais, pour des réseaux à construire, il est préférable de prévoir éventuellement, plus de conduites, plutôt que de prendre des conduites plus larges.

### 3.2.2. Les fournitures : PEHD ou PVC

Une conduite ou fourreau est un tube installé directement dans le sol ou en sous tubage dans une conduite plus large, pour permettre l'installation d'un câble par tirage, ou portage (air ou eau).

Dans le cas d'une infrastructure neuve, les fourreaux seront plutôt de type Polyéthylène Haute Densité (PEHD), et de qualité PEHD 80, car ces produits sont adaptés à la pose de câbles optiques ou le sous-tubage par des techniques de portage à l'air ou l'eau (voir le paragraphe 4.3.2). On pourra aussi utiliser du PEHD 100 Haute Résistance qui permettra de réutiliser le remblai de l'excavation sans disposer au préalable une 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.

Les conduites en PEHD peuvent être livrées sous différents diamètres, de 18 mm à 90 mm. Mais il est préconisé d'utiliser des fourreaux de diamètre 33 mm intérieur, suffisamment larges pour insérer des câbles de différentes tailles, et suffisamment étroits pour une mise en pression rapide du tube.

Ces tubes seront utilisés dans la construction des réseaux télécom backbone mais pourront également être utilisés en sous tubage pour de la desserte.

Les tubes en PVC sont certes moins coûteux que le PEHD, mais déconseillés, sauf sur de courtes distances car leur tenue en pression est trop faible. Leur utilisation pourra être envisagée éventuellement en domaine urbain, pour les infrastructures sous voie publique, sous chaussée ou sous trottoir, et pour des distances inférieures à 300 mètres.

#### 3.2.2.1. Fourreaux PEHD

Les fourreaux seront conformes à la norme NF T 54 – 072 ou DIN8074 / 75 ou version plus récente.

#### Les caractéristiques principales sont :

**Matériau :** PEHD PE 100. Les matières recyclées ne sont pas acceptées ;

**Dimensions :** 40mm de diamètre extérieur, épaisseur 3.5 mm, SDR 11,4 pression maxi 16 bars ;

**Couleur :** noire ;

**Liserés :** couleur vert, blanc et violet. Possibilité d'avoir 1 ou 2 liserés ;

Les tubes seront tous rainurés et lubrifiés.

**Le marquage sur le PEHD indiquera les éléments suivants :**

Métré ;

Date de fabrication ;

Dimensions ;

**Nom du concessionnaire :**

- « TOGO-SIN » pour les infrastructures déployées dans le cadre des travaux de génie civil;
- « TOGO – NOM de l'Opérateur » pour les infrastructures déployées par un opérateur de communications électroniques.

Nom du fournisseur (optionnel).



Source : Anjou Connectique

Figure 7 : tube PEHD

Les tubes PEHD seront distingués par la couleur (vert, blanc, violet) et le nombre de liserés (1 ou 2). Prévoir une quantité égale de PEHD avec les différentes combinaisons :

Pour configuration 3 conduites : 1 liseré vert, 1 liseré blanc, 1 liseré violet

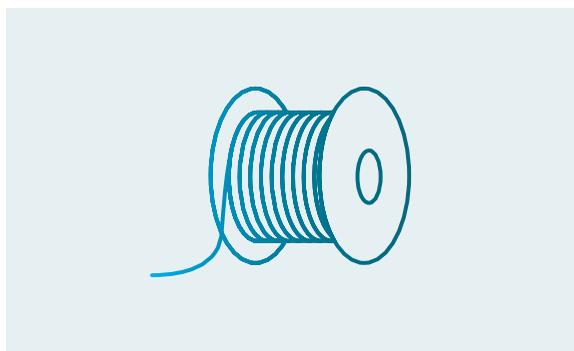
Pour configuration 4 conduites : 1 liseré vert, 1 liseré blanc, 1 liseré violet, 2 liserés vert

Pour configuration 6 conduites : 1 liseré Vert, 2 liserés verts, 1 liseré blanc, 2 liserés blancs, 1 liseré violet, 2 liserés violets

Les raccords de PEHD seront à visser.

Des bouchons sont à prévoir pour les conduites dans lesquelles il n'y aura pas de câble inséré : bouchon à visser ou bouchon à bague caoutchouc, adaptés évidemment aux diamètres extérieurs/intérieurs du PEHD.

Les caractéristiques mécaniques suivantes doivent être respectées :



**Tableau 4 :** Caractéristiques mécaniques des fourreaux de type PEHD

Caractéristiques	Prescriptions ou valeurs attendues
<b>Densité</b>	> 0,950 g/cm
<b>Rayon de courbure minimum admissible à la pose en fonction de la température</b>	20 x DN du tube à 20° C
<b>Rondeur</b>	5% après fabrication
<b>Résistance à la compression</b>	10h / 20° C / 10 bars
<b>Rétorsion longitudinale</b>	< 3% (NF EN 743)

### 3.2.2.2. Tubes PVC

Les conduites en PVC doivent respecter la norme NF EN 61386-24, et les caractéristiques mécaniques suivantes doivent être respectées :

**Tableau 5:** Caractéristiques mécaniques des fourreaux en PVC

Caractéristiques	Prescriptions ou Valeurs attendues
<b>Tolérance sur l'ovalisation</b>	5%
<b>Résistance à la traction</b>	Au moins 45 MPa
<b>Résistance à l'écrasement</b>	> 450 N
<b>Résistance à la compression</b>	10h / 20° C / 10 bars
<b>Rétorsion longitudinale</b>	< 3% (NF EN 743)

Les conduites répondront aux tests de la norme ISO 13 480 par rapport à la fissuration lente. Elles seront marquées de façon permanente, en caractères d'une couleur contrastante, selon les exigences de la Maitrise d'Ouvrage. Pendant la pose de la conduite, son extrémité ouverte doit être munie de bouchons temporaires.

### 3.2.3. Distances inter-chambre, tourets de PEHD et manchonnage

Par les techniques de portage de câble, il est possible de porter sur des distances de câble de 2000 m. Etant donné la divergence entre la longueur du génie civil et la longueur du câble (voir le paragraphe 4.1.5), il est prudent de prévoir des distances inter chambres un peu inférieure, pour intégrer les différences entre les longueurs de câble et la longueur de génie civil, principalement pour les loaves de câbles à réaliser au niveau des chambres (voir le paragraphe 4.1.5).

Il est souvent appliqué la règle de 1960 m d'inter-distance, car les tourets de câbles sont vendus pour des multiples de 2000 m soit un mou pour le lovage de 20 m à chaque chambre.

En interurbain, il sera facile de respecter ces distances. En urbain, les changements de direction (changement de rue, etc.) rendent nécessaire l'ajout des chambres. De manière générale, les tourets de PEHD doivent être adaptés en conséquence de ces distances. Ces tourets sont fournis en 500 m, 1000 m, 1500 m, 2000 m. Utiliser des tourets de 2000 m est donc indiqué, spécialement en interurbain, même si la manipulation de ces tourets nécessite des outils de grutage et de levage adaptés.

Utiliser des tourets de plus faible longueur que les distances inter chambres obligerait à manchonner pour les raccorder. Or, de manière générale, les manchonnages sont à éviter autant que possible, car ce sont des points de faiblesse important du réseau. En utilisant des tourets de PEHD suffisamment longs, et avec une gestion correcte de ces fournitures, il est parfaitement possible d'éviter tout manchonnage.

Si toutefois certains manchonnages sont nécessaires, il est préconisé d'utiliser des manchons à visser. Leur pose doit être soigneusement réalisée, car tout défaut induira des fuites dans la conduite qui empêcheront la mise en pression, et seront fatalement détectées lors des tests de recette.

Il est impératif en particulier de repérer soigneusement la position des manchons, qui seront pointés dans le plan de récolement, de manière à pouvoir réintervenir dessus ultérieurement, si nécessaire.

Le MOE mettra tout en œuvre pour minimiser les chutes de PEHD, et verra avec son fournisseur pour adapter, si possible les longueurs de touret en conséquence.

**L'objectif est d'avoir un taux de chute global inférieur à 3%.**

### 3.2.4. Rayons de courbure à respecter

Le PEHD ne doit pas subir une courbure de rayon inférieur à **20×DN où DN** est son diamètre extérieur. Le rayon de courbure minimal à appliquer à un PEHD 33/40 est donc 800 mm. Cette règle est toutefois à vérifier selon le produit fourni : le rayon de courbure minimal doit impérativement figurer sur la fiche technique délivrée par le fabricant.

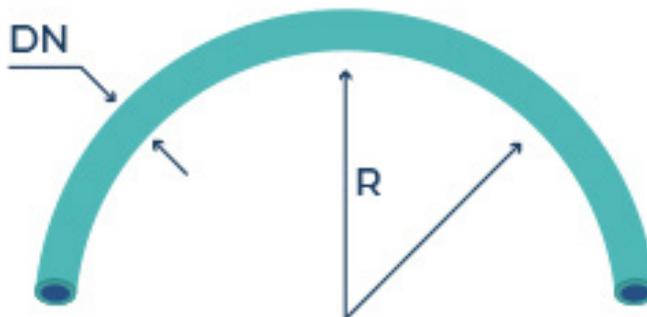


Figure 8 : Rayon de courbure minimal à appliquer à un PEHD

### 3.2.5. Piquetage et zone de servitude

L'APD ayant été réalisé, un piquetage du terrain est à réaliser pour tracer au sol le parcours prévu pour les conduites.

Il est fortement recommandé de faire valider le piquetage par le bureau de contrôle avant de procéder aux travaux.

Dans le cas de travaux de génie civil réalisés hors du périmètre des travaux routiers, il faut définir une zone de servitude autour de l'axe où seront posées les conduites.

La zone de servitude, qui est la largeur de la piste à occuper pour la réalisation des travaux de génie civil et de tirage du câble, est de :

- 2 m de part et d'autre de la position des conduites en technique manuelle ;
- 4 m de part et d'autre de la position des conduites en technique mécanisée.

### **3.2.6. Pose de conduite pendant le terrassement des travaux routiers**

Il est hautement préférable de profiter de la phase de terrassement pour positionner les conduites au bon endroit (par rapport au positionnement de la chaussée construite) et à la bonne profondeur : au moins 120 cm du niveau du sol après travaux. Le remblaiement et le compactage qui s'ensuivent achèveront d'enfouir les conduites à la bonne profondeur. Il faudra fixer les conduites par étrier ou peigne adapté, pour éviter qu'elles soient déplacées pendant la phase de remblaiement.

En ligne courante le MOE respectera la position des PEHD coté voirie et coté accotement en conformité avec la disposition des conduites dans les chambres (voir le paragraphe 3.4.8) : aucun croisement n'est accepté.

Synchroniser le terrassement de la chaussée et la pose de conduites a deux avantages :

- Cela rend moins couteux le projet, en évitant de refaire des tranchées après terrassement ;

- Les tranchées créent forcément un déséquilibre dans le sous-sol : même après compactage de la tranchée remblayée, le sous-sol au niveau de celle-ci n'est plus homogène avec le reste de la chaussée, et peut créer ultérieurement des dépressions.

La profondeur de 120 cm doit être considérée ici comme un minimum : il n'est pas utile de s'interdire d'enfouir les conduites à une profondeur supérieure, si cela facilite la pose. En revanche, le relevé de la profondeur devra être fait soigneusement, car il est impératif de retrouver dans les plans de récolement la profondeur exacte d'enfouissement, en tout point du réseau.

### **3.2.7. Travaux de génie civil complémentaires : profils de tranchée**

Puisque le réseau de télécommunication est réalisé dans le cadre d'un projet routier, il n'est normalement pas nécessaire de faire des travaux de tranchage : il suffira de poser les conduites au bon endroit à la bonne profondeur, lors des travaux de terrassement (voir le paragraphe précédent).

Néanmoins, si certains travaux complémentaires sont nécessaires, hors de la zone de travaux routiers, il faudra se référer au tableau de profils d'activité ci-dessous, qui définit le mode opératoire à adopter selon le terrain dans lequel les travaux sont à réaliser.

La caractérisation du terrain en phase étude est importante, et une adaptation est également à prévoir pendant les travaux en fonction de ce qui n'aura pas pu être observé pendant la phase étude.

**Tableau 6 :** Les profils de tranchées

Description	Spécification	Observation
<b>Tranchage mécanisé 120 cm</b>	Tranchée creusée avec engin (trancheuse, pelleuse, etc.)	Terrain meuble ou sol normal
<b>Tranchage manuel 100 cm</b>		Terrain meuble ou sol normal
<b>Tranchage en zone de granit compact 40 cm</b>	Tranchée creusée à 40 cm avec enrobage béton des conduites après pose.	Les conduites sont à placer au milieu de la poutre béton.
<b>Tranchage en zone latéritique compact 40-80cm</b>	Tranchée creusée entre 40 et 80 cm. Un enrobage béton est à prévoir pour les parties où la profondeur est inférieure à 60cm.	Les conduites sont à placer au milieu de la poutre béton.
<b>Tranchage en sol rocheux 80-100 cm</b>	Excavation au maximum de possibilité entre 80 et 100 cm.	Toute technique de tranchage peut être utilisée.
<b>Tranchage en sol rocheux 40 - 100 cm</b>	Excavation au maximum de possibilité entre 40 et 80 cm, avec enrobage béton pour des profondeurs inférieures à 60 cm.	Toute technique de tranchage peut être utilisée.
<b>Traversée d'une plateforme rocheuse 30 cm</b>	Excavation à au moins 30 cm avec enrobage béton.	Il s'agit ici de plateforme de roche compacte et apparente à la surface du terrain naturel
<b>Fonçage ou forage 120 cm</b>	120 cm de profondeur, avec fourniture et pose d'un tube 110 mm (PEHD ou PVC), et l'insertion des conduites dans le tube.	Traversée de piste/route
<b>Fonçage ou forage 200 cm</b>	200 cm de profondeur, avec fourniture et pose d'un tube 110 mm (PEHD ou PVC), et l'insertion des conduites dans le tube.	Traversée de voie ferrée/ route

Les opérations définies dans le tableau ci-dessus se font dans l'ordre suivant :

1. Excavation à la profondeur désirée ;
2. Pose d'un lit de sable de 5 cm ;
3. Pose des conduites au fond de la tranchée, en évitant les croisements de conduites et en les posant le plus rectiligne possible afin de faciliter les opérations d'insertion ultérieure (utiliser si possible des peignes ou étrier) :

a- Il faut éviter de faire des coudes avec le PEHD, sauf évidemment nécessité mais le faire alors avec un rayon de courbure le plus élevé possible : voir paragraphe 3.2.4 ;

4. Le remplissage de la tranchée se fait en plusieurs couches, par tranches de 20cm, et avec compactage impératif à chaque couche. La pose du grillage avertisseur est faite (à la bonne profondeur) pendant la phase de remblayage / compactage.



Figure 9 : compactage

Le contrôle des travaux doit se faire à chacune des étapes ci-dessus.

Les étapes de compactage sont essentielles : une négligence sur ces étapes amène la création de crevasses et galeries dans la tranchée lors de pluies abondantes, et fragilise le réseau. En général, seuls les compactages réalisés avec des engins hydrauliques sont efficaces.

### **3.2.8. Repérage des conduites enterrées : grillage avertisseur vert**

Un grillage avertisseur en plastique de couleur verte d'une largeur de 20 à 30 cm, doit être placé juste au-dessus des conduites, au moins 30 cm au-dessus de celles-ci.

Le grillage avertisseur permet à une entreprise qui réalisera des travaux sur un secteur concerné par un tronçon optique de constater la présence d'un réseau et donc d'arrêter les travaux avant de le couper. Il s'agit donc d'un dispositif préventif. Le grillage avertisseur sera compatible avec la norme NF EN 12613. La couleur verte fait référence à un réseau de télécommunications.

Le grillage avertisseur doit permettre un allongement avant rupture lorsque celui-ci est agrippé par le godet d'une pelle, permettant d'en faire apparaître 20 cm minimum, signalant par là-même la présence d'un ouvrage enterré.

Ils sont ainsi fabriqués en polyéthylène, polypropylène ou tout autre matériau insensible aux micro-organismes et présentant une excellente stabilité au vieillissement.

Dans le cas de réseau enterré, la difficulté de retrouver le tracé de ce réseau ultérieurement malgré les plans de récolement de qualité qui auront été livrés, amène souvent à ajouter un câble traceur de cuivre permettant la détection du réseau.

Ce câble étant très sensible au vol, il n'est pas recommandé d'utiliser cette facilité, qui introduit une fragilité sur le réseau en incitant à déterrer les conduites pour récupérer le fil de cuivre.

Alternativement à la pose de câble traceur en cuivre, il existe des grillages avertisseurs avec des tags RFID insérés, qui peuvent être utilisés dans les cas où la détection du réseau depuis le sol revêt une grande importance.

### **3.2.9. Réception des conduites**

Les tests indiqués ci-dessous sont réalisés sur chaque conduite en présence du bureau de contrôle, après pose complète (chambres et tranchées) et préalablement à la pose de câble.

**Tableau 7 :** Description des tests réalisés lors de la réception des conduites

Test	Mode opératoire
<p><b>Vérification que le fourreau est libre et vérification de sa continuité</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Appliquer une balle en mousse humide dans la conduite à une de ses extrémités, et ajouter de l'air sous pression pour pousser cette balle ;</li> <li>2. Elle doit pouvoir ressortir à l'autre bout de la conduite. Dans le cas contraire, la conduite a subi une grave détérioration ou a été bouchée. Une réparation doit donc être faite ;</li> <li>3. La balle doit ressortir sur le fourreau du même identifiant qu'au départ (couleur et nombre de liserés). Dans le cas contraire, un croisement de fourreau s'est réalisé au niveau de l'application de manchons. La réparation doit alors être faite. La localisation préalable des manchons permettra de ne pratiquer des sondages qu'à ces endroits précis.</li> </ol>
<p><b>Vérification du calibre de la conduite</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un test identique à celui de la balle éponge est réalisé mais avec un mandrin de calibre correspondant exactement au type de conduite (voir en annexe, au paragraphe 10.2) qui doit être placé à un des orifices de la conduite ;</li> <li>2. Si le mandrin reste bloqué, cela signifie que la conduite a subi un écrasement, ou qu'un des manchons a été mal positionné. Une réparation doit être faite.</li> </ol>
<p><b>Vérification de l'étanchéité de la conduite</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La conduite est mise sous pression de 4 bars, pendant un délai de 30 minutes ;</li> <li>2. Si la perte de pression est inférieure à 5%, le test est concluant ;</li> <li>3. Dans le cas contraire, cela révèle une fuite d'air à réparer :             <ul style="list-style-type: none"> <li>a- Si c'est au niveau d'un manchon, il suffit de le replacer correctement, ou de le changer ;</li> <li>b- S'il s'agit d'une fuite au niveau de la conduite elle-même, il faut la remplacer, ce qui oblige à réappliquer les modes opératoires de pose de conduite, y compris dans les chambres.</li> </ul> </li> </ol>
<p><b>Bouchon</b></p>	<p>Vérifier que chaque conduite a été obturée convenablement.</p>

### 3.3 TRAVERSEES DE POINTS PARTICULIERS

#### 3.3.1. Traversée de dalots

Un dalot est généralement posé perpendiculairement à la voie. Il n'est pas recommandé de descendre au bas du dalot, précisément car celui-ci évacue l'eau et donc risque de détériorer la zone où les conduites sont enterrées. Cela, en outre, oblige à réaliser des coudes avec la conduite qui ne sont pas adéquats pour l'insertion du câble.

Passer au-dessus du dalot nécessite de faire évidemment attention à l'épaisseur de la couche entre la surface du terrain et le haut du dalot. Si cette épaisseur est suffisante, alors, ils peuvent être appliqués, selon la nature du sol à cet endroit. Mais il est préférable de créer des réservations au travers du dalot, dans lesquels les conduites seront insérées. Les plans des dalots doivent alors être conçus en conséquence.

### 3.3.2. Traversées de routes par tranchée ouverte

La traversée d'une route existante par tranchée ouverte, si elle est acceptée par les autorités de gestion des voiries, devra être faite selon le profil de sol meuble, si possible, et le revêtement sera refait à l'identique. En cas de revêtement bitumineux, l'application de techniques à bitume à froid ne sera pas acceptée.

Dans tous les cas, une protection béton sera ajoutée : les conduites seront enrobées d'un béton dosé à 350 Kg/m<sup>3</sup>. Ce béton recouvrira les fourreaux latéralement au minimum de 7 cm, de 10cm au-dessus de la matrice supérieure de ceux-ci et de 5 cm en-dessous de la matrice inférieure.

### 3.3.3. Traversée de voirie par fonçage ou forage dirigé

Quelle que soit la technique utilisée, elle doit permettre de ne pas endommager la surface de la voirie. Une chambre sera posée dans tous les cas de part et d'autre de la traversée. Un tube acier galvanisé ou PEHD de diamètre suffisant sera utilisé pour insérer les conduites selon le nombre correspondant à la configuration.

Dans le cas de forages dirigés et de fonçage (traversée de routes, voies ferrées, etc.) les conduites PEHD sont insérées dans des tubes PEHD 93/110 mm (de caractéristiques identiques à celles des tubes PEHD 33/40). Aucun liseré n'est utile sur ce type de PEHD. Alternativement un tube acier galvanisé de 110 mm peut aussi être utilisé ou du PVC 110mm haute pression.

### 3.3.4. Traversées de pont

La traversée de ponts se fera par encorbellement. Il s'agit ici de la traversée longitudinale d'un pont. Pour ces traversées, les tubes PEHD sont installés dans un tube acier rond galvanisé de diamètre 110 mm. Tous travaux d'encorbellement sur un ouvrage d'art de type pont sont soumis à autorisation du propriétaire de l'ouvrage.

Si l'ouvrage d'art est en construction, prévoir dans le tablier, des réservations en PVC de diamètre suffisant pour faire passer les conduites. En cas de joints de dilatation, prévoir une marge au niveau de la longueur des conduites, et notamment pour leur arrivée dans les chambres à l'entrée et à la sortie du pont.

S'il s'agit d'un pont existant, **deux solutions** sont possibles :



1. **Fixer sur le tablier, à l'extérieur du pont, un tube acier permettant de contenir les conduites. Le tube sera en acier galvanisé, ainsi que les systèmes de fixations (équerres, supports, boulons, écrous, rondelles, etc.) ;**
2. **Les conduites peuvent être protégées par un chemin de câble, capoté par un couvercle en acier galvanisé, qui sera fixé sur le tablier de l'ouvrage. Ce couvercle assure une protection mécanique.**

Les fixations sur le tablier devront être détaillées préalablement dans l'APD. Un plan de l'ouvrage avec les ferrillages internes devra être récupéré, et un radar utilisé pour positionner les fixations sur le tablier sans détériorer les ferrillages.

De part et d'autre de l'ouvrage, une chambre de tirage assurera la continuité de la tranchée avec le chemin de câble. Pour les ponts de moins de 50m de long, et sans joint de dilatation, une seule chambre pourra suffire, en amont ou en aval. La (les) chambre(s) de tirage sera (seront) installée(s) à une distance minimale de 30 m de l'ouvrage à franchir.

### **3.3.5. Traversée de zones où l'excavation est difficile : zones sableuses ou marécageuses**

Dans ce type de configuration, les conduites risquent de ne pas pouvoir être enterrées à la profondeur voulue.

Pour les protéger, et si la longueur de la zone est très faible, il est possible d'utiliser un tube acier, dans lesquels les PEHD seront insérés, et qui servira ainsi de protection.

Mais en général, si la longueur de la zone est élevée, la solution d'utiliser un tube acier est trop coûteuse. Il est possible alors simplement de lester les tubes par des dés en béton à intervalle régulier, tous les 50m par exemple.

### **3.3.6. Traversée des cours d'eau**

La traversée des cours d'eau se fera systématiquement par encorbellement sur pont. La pose de câble en fond de rivières pose trop de problèmes techniques pour être envisagée hors cas exceptionnel.

Le parcours du câble devra être étudié en conséquence.

## **3.4 POSE DE CHAMBRES DE TIRAGE OU DE RACCORDEMENT**

### **3.4.1. Chambre de tirage et chambre de raccordement**

Une chambre sert à plusieurs usages :

- Permettre l'insertion du câble dans un fourreau, par tirage ou portage (le mode opératoire préconisé est le portage) ;
- Abriter du love de câble, avant certains ouvrages d'art. La présence de love permet, dans une certaine mesure, et avec des précautions, de faire des travaux ultérieurs sur l'ouvrage sans casser la liaison optique ;

- Abriter un boîtier de protection d'épissure.

Toute chambre abritant un boîtier de protection d'épissure est appelée « chambre de raccordement ».

Il peut s'agir d'un raccordement optique entre deux portions de câble, ou d'un point de dérivation (voir le paragraphe 3.4.9). Dans le dernier cas, on peut également parler de « chambre de dérivation ». Une chambre sans boîtier sera appelée « chambre de tirage ».

### 3.4.2. Chambres recommandées

Les chambres utilisées répondront aux normes NF P 98050 et NF P 98051. Pour des questions de sécurité, les tampons des chambres seront sécurisés par verrouillage.

Un puisard pour l'évacuation des eaux de pluie et infiltration est recommandé.

Voire en annexe au paragraphe 10.3 le dimensionnement des chambres et le plan de coffrage et de ferrailage pour une fabrication de ces chambres, pour les types de chambre les plus communément utilisées : L2T, L3T, L5T, K2C :

- Si des véhicules doivent circuler ou stationner sur la chambre, il est impératif de prévoir une chambre K2C, dédiée à cet effet ;
- Une chambre de raccordement devant contenir un ou deux boîtiers de protection d'épissure, une chambre L3T pourra suffire. Au-delà, prévoir plutôt une chambre L5T ;
- Les chambres L2T étant de petite taille, il est recommandé de les utiliser uniquement en chambre de tirage, et dans le cas où des économies sont à réaliser (une L2T étant normalement moins coûteuse qu'une L3T). Il est possible également d'avoir recours à ce type de chambre dans des cas où le positionnement d'une chambre L3T est impossible par manque de place. Mais dans ce dernier cas, un déplacement de la chambre devra être étudié afin de revenir à des catégories standards ;

- Devant une armoire de rue, une chambre L3T pourra suffire, sauf dans le cas où de nombreux opérateurs doivent accéder à cette armoire : dans ce cas une chambre L5T pourra être préférée. Il est à remarquer que la dimension importante de ce type de chambre nécessite de bien étudier son positionnement en phase étude.

Le type des chambres est à définir en phase étude.

### 3.4.3. Tampons de chambre

Les tampons ou trappes assurent la fermeture des chambres. La norme NF P 98311 définit trois familles de trappes pour la fermeture des chambres. Ces trois familles correspondent aux lieux d'implantation des chambres de tirage :

- 125 kN : ces trappes ou tampons seront utilisés lorsque les chambres seront implantées en zones piétonnières, en trottoirs et zones comparables et aires de stationnement pour voitures ;
- 250 kN : ces trappes ou tampons seront utilisés lorsque les chambres seront implantées en zones piétonnières, en trottoirs, caniveaux dans les rues, accotements des routes et parking accessibles aux poids lourds ;
- 400 kN : ces trappes ou tampons seront utilisés lorsque les chambres seront implantées sur des voies de circulation (y compris les rues piétonnes), sur les accotements stabilisés et les aires de stationnement pour tous types de véhicules routiers.

Tous les tampons seront marqués par le nom suivant : « TOGO-SIN ».

**Tableau 8 :** Caractéristiques des tampons de chambre

	Tampon	Cadre
<b>Matière</b>	Fonte EN –GJS–500–7	Acier mécano-soudé
<b>Revêtement</b>	Peinture hydrosoluble noire conforme aux normes environnementales en vigueur	Galvanisé à chaud avec une épaisseur moyenne de 100 µm suivant UTE C66400

Les chambres doivent être dotées d'un système de verrouillage de type 1/4 de tour à 4 verrous, articulé et assisté. Les clés devront être fournies pour ces chambres, avec un ratio d'au moins une clé pour 10 chambres.

### 3.4.4. Accessoires des chambres

#### 3.4.4.1. Étiquettes de chambre

Une étiquette sera placée sur la paroi de chaque chambre avec le numéro identifiant de la chambre. Ces étiquettes seront en matière imputrescible (acier

galvanisé, plastique, etc.). Le marquage sur l'étiquette devra être facilement lisible. L'étiquette sera fixée (et non pas collée) sur la paroi (vis, etc.).

Alternativement, l'identifiant pourra être peint sur la paroi de la chambre.

#### 3.4.4.2. Grille antichute

Afin d'éviter tout risque lié à la chute d'une trappe sur les câbles optiques, il est fortement recommandé d'équiper toutes les chambres d'une grille de protection.

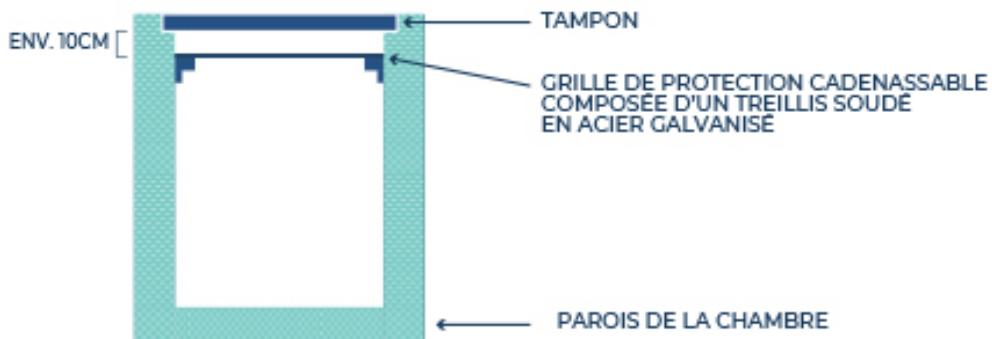


Figure 10 : Grille antichute

Ces grilles permettent de répondre à deux fonctions :

- elles sont conçues pour retenir la chute d'un tampon dans une chambre (incident pouvant intervenir lors des différentes opérations d'exploitation), ce qui pourrait endommager sérieusement les câbles ;
- comme elles disposent d'un dispositif de verrouillage par cadenas, cela permet d'insérer un niveau de sécurisation en plus, ou éventuellement à la place, des trappes verrouillables.

Ces grilles seront traitées anticorrosion. De ce fait, elles pourront être réalisées en :

- acier galvanisé à chaud ;
- polyester Renforcé Fibre de Verre ;
- ou en Inox.

Elles posséderont une maille maximale de 50 x 50 mm. Elles seront articulées par une charnière située sur le petit côté du cadre à l'opposé du dispositif de verrouillage (cadenas). Un angle d'ouverture d'au moins 160° sera disponible.

En position fermée, chaque grille reposera sur un cadre fixé à l'intérieur de la chambre.

Ces grilles pourront être posées en usine, lors de la construction des chambres.

#### 3.4.4.3. Tringle

Une ou deux tringles seront vissées sur les parois des chambres, et serviront pour accrocher les loques de câbles et les BPE.

#### 3.4.4.4. Echelle d'accès

Pour les chambres L5T, très profondes, une échelle sera prévue pour accéder au fond de la chambre de manière sécurisée.

### 3.4.5. Préfabrication des chambres

L'utilisation de chambres préfabriquées est largement préconisée. La fabrication de la chambre à l'endroit même où elle doit être posée ne doit être réalisée qu'exceptionnellement, quand, pour une raison à justifier, il apparaît trop difficile d'installer une chambre préfabriquée.

Les chambres peuvent être achetées auprès de fournisseurs spécialisés, ou alternativement fabriquées par le MOE à condition de respecter scrupuleusement les normes en dimension, structure métallique, et qualité du béton (voir annexe, paragraphe 10.3).

Le transport des chambres doit se faire sans abîmer les coins et bords des chambres, qui doivent rester intacts : des protections sont à prévoir entre les chambres pendant le transport. Le chargement et déchargement des chambres doit se faire avec une grue, par utilisation de sangles et des crochets de levage prévus à cet effet.



Figure 11: fabrication d'une chambre L3T

### 3.4.6. Pose de la chambre

S'il s'avère que l'APD a prévu de poser la chambre dans un point bas, celle-ci sera systématiquement inondée à chaque pluie. Il faut alors voir pour décaler la chambre de manière à la situer un peu plus en altitude.

L'excavation doit se faire de telle manière que la chambre puisse être posée sans difficulté et le haut de la chambre devra affleurer le niveau du sol à la fin de l'opération. Au fond du trou, un lit de sable ou de gravier fin sera posé, de manière à stabiliser la chambre et à faire en sorte qu'elle soit bien horizontale.

Une fois posée, il faut ajouter une protection bétonnée de part et d'autre de la chambre pour protéger les fourreaux jusqu'à ce qu'ils arrivent à profondeur nominale dans la tranchée (le dispositif est appelé « type C »).

Ensuite, un remblaiement doit être réalisé autour de la chambre, puis un nivellement et un compactage afin que la chambre affleure le niveau du sol.

Toute l'opération de pose doit se faire sans détérioration des bords et coins des chambres.

Une fois la chambre posée, les charnières des tampons sont fixées, les tampons installés, ainsi que la tringle.

Une étiquette d'identification de la chambre doit être fixée par cheville et vis (et non pas collée) sur la paroi opposée à celle supportant la tringle.

### 3.4.7. Murs de soutènement

Si la chambre ne peut être totalement enterrée, car au bord d'un dévers, un mur de soutènement doit être réalisé plus en avant dans le dévers, afin d'encadrer la chambre et la stabiliser.

### 3.4.8. Disposition des conduites dans les masques des chambres

Les pénétrations de conduites dans les chambres se font sur les petits côtés appelés petits pieds droits.

Les grands cotés appelés grands pieds droits ne reçoivent pas de masque : ils sont destinés à l'emplacement des boîtes d'épissure et aux rangements des loves de câble. Les tringles sont fixées en haut des grands pieds droits.

Les conduites entrants et sortants d'une chambre de raccordement, intermédiaire ou de tirage sont avec le même code d'identification du fourreau (couleur de liseré et nombre de liserés). Ils sont positionnés en vis à vis, sans croisement.

De chaque côté des petits pieds droits, extérieurement, un blocage sera confectionné sur les conduites PEHD en les enrobant d'un béton dosé à 350 Kg/m<sup>3</sup> sur une distance minimale de 50 cm. Ce qui a pour effet de solidariser la conduite et la chambre.

Chaque conduite PEHD doit dépasser d'au moins 30 cm à l'intérieur de la chambre.

Les différenciations des fourreaux se feront ainsi :

- **Pour une configuration à 6 conduites (voir image ci-dessous) :**
  - a- **En bas :** 1 fourreau avec 1 liseré vert + 1 fourreau avec 1 liseré blanc + 1 fourreau avec 1 liseré violet ;
  - b- **Au milieu :** 1 fourreau avec 2 liserés verts + 1 fourreau avec 2 liserés blancs + 1 fourreau avec 2 liserés violets.
- **Pour une configuration à 4 conduites :**
  - a- **En bas :** 1 fourreau avec 1 liseré vert + 1 fourreau avec 1 liseré blanc + 1 fourreau avec 1 liseré violet ;
  - b- **Au milieu :** 1 fourreau avec 2 liserés verts.
- **Pour une configuration à 3 conduites :**
  - a- **En bas :** 1 fourreau avec 1 liseré vert + 1 fourreau avec 1 liseré blanc + 1 fourreau avec 1 liseré violet.



La disposition se fait selon le schéma ci-dessous, qui indique la configuration pour 6 fourreaux.

Les configurations à 3 fourreaux ou 4 fourreaux peuvent en être déduites facilement.

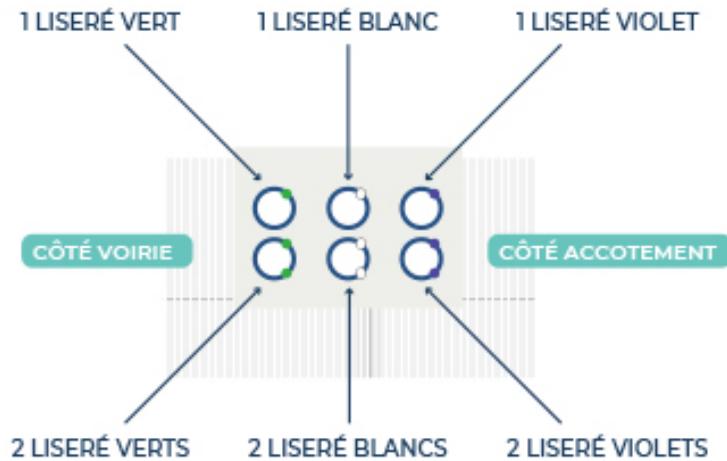


Figure 12 : Disposition des conduites au niveau des masques d'arrivée des chambres – configuration 6 conduites

En ligne courante le MOE respectera la position des PEHD coté voirie et coté accotement : aucun croisement n'est accepté, sauf dans le cas de traversée d'une route (par forage dirigé ou fonçage, voir tranchée ouverte).

Un croisement des conduites sera nécessaire pour préserver la règle précédente : voir le schéma ci-dessous. La traversée devra se faire dans le respect des rayons de courbure maximaux (voir le paragraphe 3.2.4).

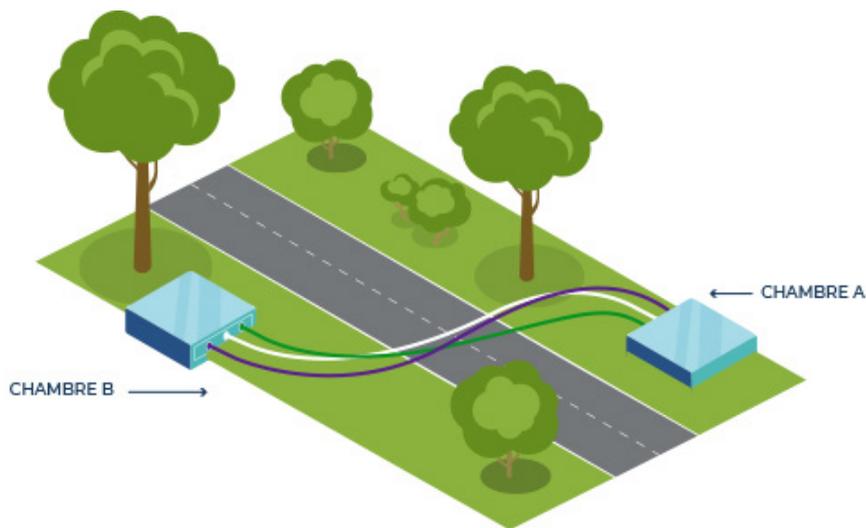


Figure 13 : Croisement de conduites en changement de côté de voirie

### 3.4.9. Dispositions à prévoir pour les dérivations

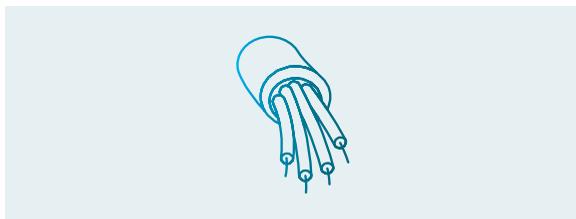
Une dérivation signifie qu'un câble secondaire vient se raccorder sur quelques fibres du câble principal du backbone, pour desservir un point particulier. Il faut donc prévoir l'arrivée du câble dans la chambre et donc, sur un des petits pieds droits, ajouter l'arrivée d'un PEHD supplémentaire, de longueur faible (3 m maximum), qui sera disposé dans le masque au dessus des autres (que ce soit en configuration 3 conduites ou 6 conduites).

Le morceau de PEHD à l'extérieur de la chambre sera enterré et prévoir de le boucher. Cette conduite supplémentaire est mentionnée au plan de récolement en précisant la longueur en attente.

### 3.4.10. Réception des chambres

Les chambres peuvent être facilement inondées d'eau. Pendant la procédure de recette de la chambre, qui doit se faire sur site, il faut donc impérativement prévoir une pompe pour évacuer l'eau éventuellement présente afin de pouvoir inspecter convenablement l'intérieur.

Les vérifications se font sur site, et à l'appui des documents d'études validés et de la fiche d'autocontrôle.



#### Check-list pour la réception d'une chambre :

Vérifier les dimensions de la chambre par rapport au type relevé dans la fiche d'autocontrôle et selon l'APD validé ;

Vérifier l'orientation de la chambre selon l'APD ;

Vérifier que la chambre affleure le niveau du sol, et que les bords et coins ne sont pas abîmés. Vérifier également que le remblaiement a été correctement effectué ;

Qualifier le béton utilisé pour construire la chambre en réalisant un test de scléromètre sur les parois ;

Vérifier le scellement du cadre ;

Vérifier la présence d'une étiquette d'identification de la chambre, conforme aux spécifications, et avec un numéro d'identification correct ;

Vérifier les tampons des chambres : sont-ils conformes aux spécifications ? l'ouverture / fermeture se fait elle sans difficulté ? si les tampons sont verrouillables, est-ce que le système fonctionne correctement ?

Vérifier la propreté dans la chambre : elle ne doit pas contenir de boue ni aucun déchet de quelque nature que ce soit ;

Pour les conduites aboutissant dans la chambre :

1. Les masques des chambres doivent avoir été soigneusement percés pour réaliser la pénétration, et un colmatage de ce masque sera réalisé après insertion des conduites ;
2. La disposition des conduites est à vérifier, conformément aux modes opératoires indiqués, et selon la fiche d'autocontrôle ;
3. Chaque conduite doit dépasser d'au moins 30 cm dans la chambre, afin de permettre ultérieurement de réaliser l'insertion de câbles optiques par portage à air ;

Vérifier la présence de tringles pour l'accroche des loves et des BPE, et vérifier leurs fixations.

### 3.5 POSE D'ARMOIRE DE RUE

L'armoire de rue a pour objectif d'abriter les tiroirs optiques. Son implantation nécessite de disposer d'un accord du gestionnaire public ou privé du terrain : la négociation pour l'implantation des points de

terminaison est déterminante. Le site doit être accessible 24h sur 24 et 7 jours sur 7. Le positionnement en domaine public doit être privilégié, typiquement dans l'emprise de la voirie en cours de construction ou de réfection.

#### 3.5.1. Fourniture

Le dimensionnement de l'armoire dépendra de la configuration :

**Tableau 9 :** Dimensionnement de l'armoire de rue

Pour des backbones ou des NRO de réseau de desserte	Pour des SRO de réseau de desserte
<p><b>Une armoire avec 2 colonnes de 19 pouces et 28 U chacune est suffisant</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour 600 abonnés à desservir depuis l'armoire : 2 x 28 U suffisent ;</li> <li>• Pour 800 abonnés : prendre plutôt 2 x 40 U.</li> </ul>

L'espace entre les deux colonnes doit être suffisant pour permettre de gérer proprement les brassages par jarretières.

Prévoir d'équiper chaque armoire de rue avec au minimum un tiroir optique sur une des colonnes. La dimension de ce tiroir doit être conforme aux câbles à recevoir dans cette armoire.

### 3.5.2. Mode opératoire pour la pose d'une armoire

Il sera posé systématiquement une chambre devant chaque armoire de rue. La chambre recevra les conduites pouvant contenir des câbles optiques : prévoir 4 conduites au minimum vers la chambre.

L'armoire de rue devra reposer sur un socle béton parfaitement horizontal. Une adduction sera réalisée avec de la gaine annelée entre le fond de l'armoire (arrivée par en dessous, à travers le socle béton), vers la chambre de tirage posée à côté de l'armoire de rue : prévoir de faire aboutir ces gaines par un des petits pieds droits de la chambre proche de l'armoire.

Une conduite doit également être positionnée depuis le fond de l'armoire vers l'extérieur pour aménager ultérieurement, si nécessaire un raccordement électrique (pour l'insertion éventuelle d'équipements actifs, possibles dans certains cas). Une prise de terre, dans tous les cas, doit être confectionnée. Lors de la réception de l'ouvrage, un contrôle de la valeur de la prise de terre devra être fait, celle-ci devra être  $\leq$  à 100  $\Omega$ .



### 3.5.3. Réception de l'armoire de rue

#### Pour la réception des armoires de rue :

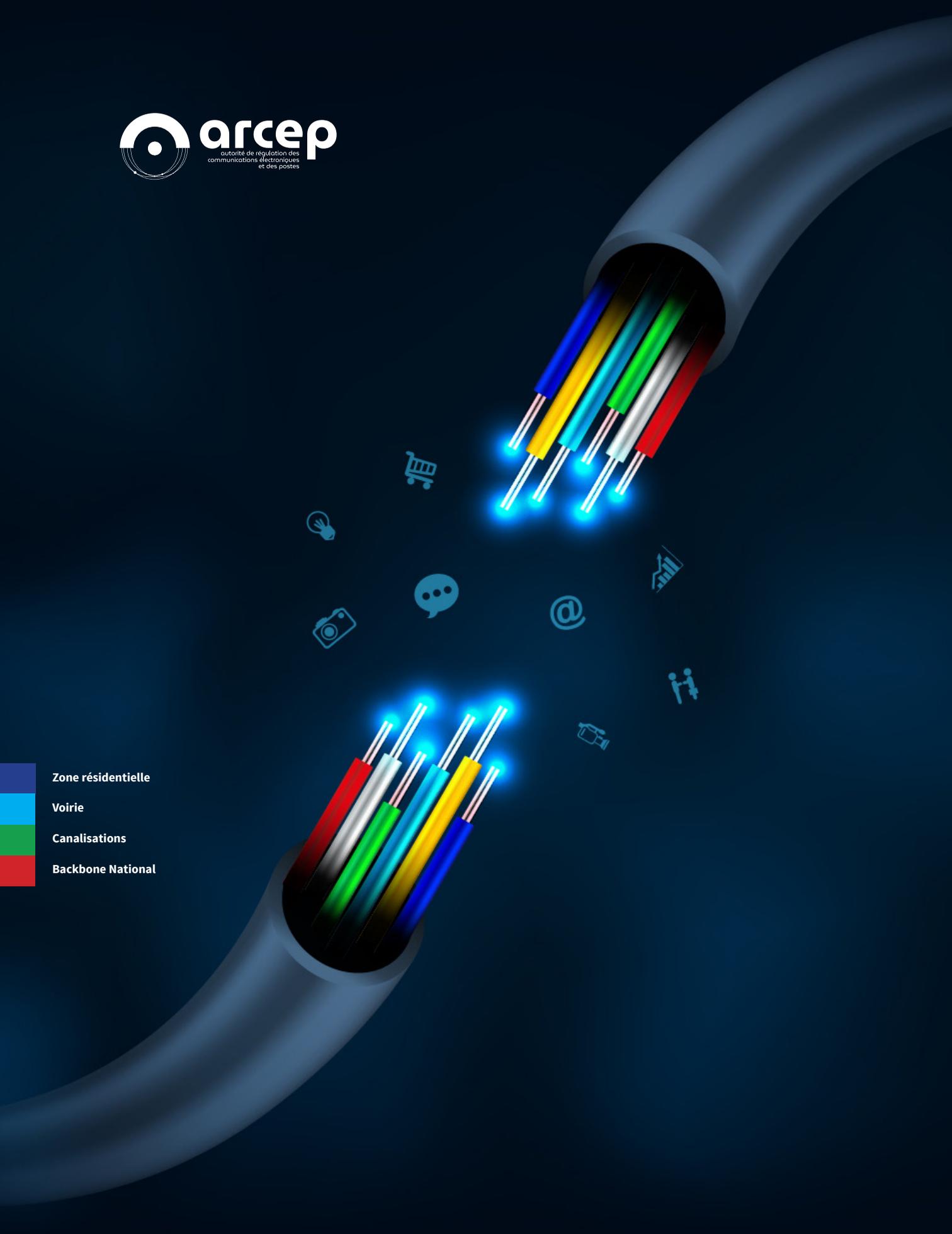
Un test au scléromètre est appliqué sur le socle béton, pour vérifier sa dureté ;

Vérifier que les gaines d'adduction à la chambre sont bouchées de chaque côté ;

Vérifier que l'armoire est fixée solidement sur son socle, et les portes peuvent s'ouvrir sans obstacle particulier ;

Vérifier le raccordement à la terre, prendre la mesure et indiquer sa valeur dans le procès-verbal de recette.

-  Zone résidentielle
-  Voirie
-  Canalisations
-  Backbone National



## Pose de câble optique en conduites

### 4.1 PHASE ETUDES : PLAN DE CABLAGE OPTIQUE

Préalablement aux travaux de pose d'un câble de fibre optique dans des conduites, plusieurs documents doivent être produits permettant d'anticiper correctement :

- La commande de câbles, les spécifications techniques des câbles, et notamment la longueur de chaque touret de câble ;
- Les positions estimées de chaque boîtier de protection d'épissure.

#### 4.1.1. Synoptique de section de câble

Le synoptique d'une section de câble est un schéma représentant tous les événements relatifs au câble, sans souci d'échelle de longueur.

Les distances entre chaque événement du câble (BPE, love, etc.) sont indiquées, ainsi que les mètres exacts au niveau de chaque événement et les distances cumulées de génie civil et de câble depuis le début de la section.

#### Les événements à représenter sur un synoptique sont :

Terminaison du câble (début / fin de la section) : la terminaison se fait soit dans un tiroir optique, soit dans un BPE (dans le cas d'un câble en dérivation), soit dans le PBO (uniquement dans le cas de réseau de desserte).

- Le synoptique indique dans ce cas l'identifiant de l'armoire de rue / BPE / PBO matérialisant l'évènement.

Epissure : l'épissure est protégée dans un Boîtier de Protection d'Epissure, lui-même hébergé dans une chambre.

- Le synoptique indique l'identifiant du BPE et de la chambre ;
- A chaque BPE est indiqué le love de câble de chaque côté de la jonction.

Joint de dérivation :

- Le synoptique indique les emplacements des points de dérivation, c'est-à-dire la chambre et le BPE concerné, et, si c'est déjà défini, les fibres concernées.

Loves sans épissure :

- Avant des obstacles (ouvrage d'art, etc.), il est prudent de prévoir du love, même si aucun BPE n'est prévu ;
- Le love étant abrité dans une chambre, le synoptique indique l'identifiant de la chambre, et la longueur du love.

**Entre chaque évènement, doivent être indiqués :**

L'identifiant du câble ;

Le nombre de fibres dans le câble ;

La longueur du câble sur la section, incluant les loves.

**4.1.2. Bilan Optique théorique de section de câble**

Pour chaque section de câble, le bilan optique théorique est l'atténuation calculée, en prenant en compte :

- L'atténuation linéique du câble (notée Al), qui dépend de la longueur d'onde, du type de câble, et est indiquée au paragraphe 4.2.1 ;

- L'atténuation théorique de chaque connecteur (noté Ac) et de chaque épissure (notée Ae) : ces éléments, qui ne dépendent pas de la longueur d'onde, sont définis au paragraphe 8.4.2 .

Le bilan théorique d'une section est calculé ainsi :

$$\text{Bilan théorique (dB)} = Al \times \text{longueur du câble} + Ac \times \text{nombre de connecteurs} + Ae \times \text{nombre d'épissures}$$

Le bilan réel qui sera mesuré à la fin de l'implantation du câble devra être inférieur au bilan théorique.

**4.1.3. Plans des boîtes d'épissures**

Le plan détaillé d'un BPE fournit les raccordements d'épissures projetés précisant les soudures par cassette (une cassette par tube) et indiquant les entrées de câbles utilisées en fonction du type de BPE.

L'identifiant des câbles en entrée / sortie est soigneusement indiqué dans le plan, y compris évidemment pour les dérivations.



**4.1.4. Plan de calepinage**

Un plan de calepinage permet de définir l'usage des tourets de câbles disponibles. Il s'agit d'un tableau indiquant, pour chaque section de câble :

- La référence du touret dont sera tiré le câble ;
- La longueur utilisée pour la section ;
- Le point de départ d'utilisation du touret et le point de fin d'utilisation, identifiés par les identifiants de chambre et/ou toute mesure de type point kilométrique par exemple.

Le plan de calepinage doit être fait de manière à minimiser les chutes de câble, qui doivent être inférieures à 200 m par touret. Ces chutes seront comptabilisées et feront l'objet d'une explication justificative de la part du MOE.

#### 4.1.5. Avertissement sur les longueurs

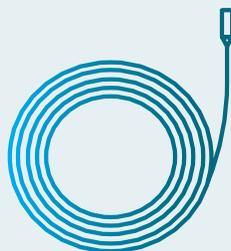
Lorsqu'un câble est inséré dans une conduite enterrée, la longueur du câble dépasse significativement celle du tracé de génie civil pour plusieurs raisons : loves de câbles laissés à plusieurs endroits, aspects zigzagants de la conduite posée, etc.

De même, lors des mesures de performances sur la fibre optique, les appareils relèveront les longueurs de la fibre elle-même, contenue dans le câble, mais non pas du câble, qui est plus faible. En effet, la disposition de la fibre dans le câble est faiblement hélicoïdale, ce qui induit une différence de longueur entre les deux.

Il sera donc toujours important de distinguer entre ces trois types de longueurs : génie civil, câble, fibre optique.

**Tableau 10 :** Différentes mesures en fonction des types de longueurs

Longueur	Mesure ou calcul
<b>Génie civil</b>	Une distance ou longueur en génie civil est mesurée sur le terrain par un odomètre, éventuellement calculée par les outils SIG.
<b>Câble</b>	Une distance ou longueur de câble est mesurée grâce aux métrés indicateurs sur le câble.
<b>Fibre optique</b>	Une distance ou longueur de fibre optique est mesurée à travers les appareils de réflectométrie.



## 4.2 FOURNITURES

### 4.2.1. Caractéristiques de la fibre

Les catégories de fibre à considérer sont définies ci-dessous (voir le paragraphe 2.1.5)

**Tableau 11** : Caractéristiques de la fibre en fonction des catégories de réseaux

	Pour les backbones / réseaux de collecte		Pour les réseaux de desserte
Type de fibre	G652D	G655C/D/E	G657A2
Atténuation linéaire	1310 nm : < 0,36 dB/km 1550 nm : < 0,22 dB/km 1625 nm : < 0,30 dB/km	1310 nm : < 0,40 dB/km 1550 nm : < 0,23 dB/km 1625 nm : < 0,25 dB/km	1310 nm : < 0,4 dB/km 1550 nm : < 0,25 dB/km
Dispersion en modulation (PMD)	< 0,2 ps / km <sup>1/2</sup>	< 0,1 ps / km <sup>1/2</sup>	< 0,2 ps / km <sup>1/2</sup>
Dispersion Chromatique (CD)	1310 nm : < 3,5 ps/(nm.km) 1510 nm : < 18 ps / (nm.km) 1625 nm : < 22 ps/(nm.km)	1530 nm - 1565 nm : < 2,0 ps/(nm.km) 1565 nm - 1625 nm : < 4,5 ps/(nm.km)	à 1330 nm < 0,092 ps/nm <sup>2</sup> .km

### 4.2.2. Caractéristiques du câble pour pose en conduite

#### 4.2.2.1. Conditionnement par tourets et tests usines

Les câbles seront livrés, conditionnés sur tourets avec douves de protection du câble. Une étiquette, résistante

à l'eau, placée sur une joue du touret précisera toutes les caractéristiques principales du câble.

#### L'étiquette comportera au moins les informations suivantes :

Le nom du fabricant ;
Le numéro d'identification et référence du touret ;
Le type de câble et longueur sur touret ;
Le poids du touret ;
La date de fabrication ;
La référence du contrat et/ou nom du contractant.

Les câbles seront contrôlés en usine avant livraison.

Le plan contrôle usine du câble devra comporter les tests tels que précisés ci-dessous et permettre la traçabilité en ce qui concerne la fabrication du câble et de ses constituants :

- L'affaiblissement aux différentes longueurs d'onde (1310 nm, 1550 nm, 1625 nm) ;
- La continuité optique (vérification de non-rupture) ;
- Les mesures PMD et CD ;
- Les caractéristiques dimensionnelles du câble ;

- L'essai de traction
- L'essai d'écrasement ;
- La résistance aux chocs ;
- L'essai de courbure ;
- L'essai en variation thermique ;
- L'essai d'étanchéité longitudinale.

Les fiches de contrôle usine du câble seront fournies au Maître d'Ouvrage.

#### 4.2.2.2. Pour les réseaux de transport

**Le câble doit être configuré en tubes de 12 fibres. Sa capacité sera de 48, 96, 144 ou 288 fibres selon l'emplacement et les besoins anticipés.**

La configuration des tubes et des protections :

- Configuration loose tube ;
- Structure à tubes avec étanchéité longitudinale ;
- Ceinture de protection plastique de l'âme optique ;
- Code couleur : FOTAG (voir le paragraphe 10.1).

La constitution du câble :

- Gaine extérieure en polyéthylène haute densité noir  $e \geq 1,5$  mm ;
- Gaine intérieure en polyéthylène noir  $e \geq 1$  mm ;
- Protection mécanique en mèches de verre ;
- Le porteur central ne doit pas être métallique ;
- Le câble doit avoir une protection antirongeur.

Le marquage sur le câble :

- nom du fabricant, année de fabrication, nom du propriétaire, nombre de fibres dans le câble, type de fibre ;
- Mètres du câble.

La traction maximum autorisée :  $\geq 200$  daN

La tension maximale autorisée :  $\geq 150$  daN

La résistance à l'écrasement : 500 N/ 100 mm

La température de stockage : -20°C à 70°C

La température de service : -20°C à 60 °C

La résistance anti-rongeur : La protection FRP (Fiber Reinforced Polymer : éléments rigides en fibre de verre) est considérée comme la meilleure protection.

#### 4.2.2.3. Pour les réseaux de collecte

**Le câble doit être configuré en tubes de 12 fibres. Sa capacité sera de 48, 96, 144 ou 288 fibres selon l'emplacement et les besoins anticipés.**

La configuration des tubes et des protections :

- Configuration loose tube ;
- Structure à tubes avec étanchéité longitudinale ;
- Ceinture de protection plastique de l'âme optique ;
- Code couleur : FOTAG (voir le paragraphe 10.1).

La constitution du câble :

- Gaine extérieure en polyéthylène haute densité noir  $e \geq 1,5$  mm ;
- Gaine intérieure en polyéthylène noir  $e \geq 1$  mm ;
- Protection mécanique en mèches de verre ;
- Le porteur central ne doit pas être métallique ;
- Le câble doit avoir une protection antirongeur.

Le marquage sur le câble :

- nom du fabricant, année de fabrication, nom du propriétaire, nombre de fibres dans le câble, type de fibre ;
- Mètres du câble.

La traction maximum autorisée :  $\geq 200$  daN ;

La tension maximale autorisée :  $\geq 150$  daN ;

La résistance à l'écrasement : 500 N/ 100 mm ;

La température de stockage :  $-20^{\circ}\text{C}$  à  $70^{\circ}\text{C}$  ;

La température de service :  $-20^{\circ}\text{C}$  à  $60^{\circ}\text{C}$  ;

La résistance anti-rongeur : La protection FRP (Fiber Reinforced Polymer : éléments rigides en fibre de verre) est considérée comme la meilleure protection.

#### 4.2.2.4. Pour les réseaux de desserte FTTH

Les caractéristiques mécaniques et environnementales des câbles doivent être conformes à la norme IEC 60794-1-2:2021.

La fibre sera de type monomode et respectera la norme ITU-T G657.A2.

## Câbles extérieurs

Les câbles extérieurs, selon la topologie de la zone et l'ingénierie du génie civil choisie, peuvent être déployés en conduites, en aérien ou en façade.

Les câbles seront de type micro-gaines.

Le code couleur sera le FOTAG (voir le paragraphe 10.1)

Les câbles seront constitués de modules de 6 ou 12 FO, des porteurs latéraux FRP noyés dans la gaine du câble.

La gaine externe sera en polyéthylène haute densité.

Les câbles extérieurs pourront être de capacité 12, 24, 48, 72, 96, 144 ou 288 FO.

Posés en conduite, ils peuvent être soufflés, portés ou tirés. Dans tous les cas ils sont étanches et résistants aux UV, selon la norme NF EN 50289-4-17.

Posés en aérien, ils sont choisis avec des performances adaptées en traction et tenue aux conditions climatiques.

Le marquage sur le câble :

- nom du fabricant, année de fabrication, nom du propriétaire (« TOGO-SIN »), nombre de fibres dans le câble, type de fibre ;
- Mètres du câble.

Protection anti-rongeur : La protection FRP (Fiber Reinforced Polymer : éléments rigides en fibre de verre) est considérée comme la meilleure protection. Cependant, cette solution confère au câble une rigidité qui rend son utilisation difficile sur les réseaux de desserte.

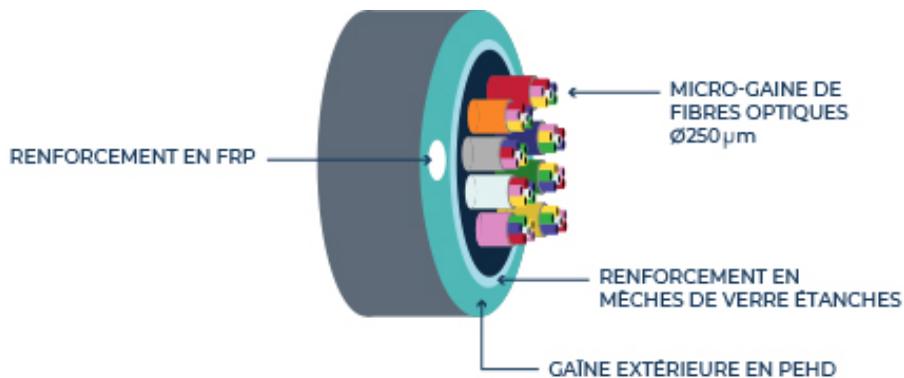


Figure 14 : Constitution d'un câble pour réseau de desserte

#### 4.2.2.5. Câbles adaptés à la pose pleine terre

Certains câbles disposent de protection renforcée pour pouvoir être posé en plein terre, donc hors conduite. Ces protections peuvent séduire, mais ces câbles ne peuvent pas être utilisés en conduite, car trop rigides. Ils ne sont donc pas préconisés dans les configurations définies dans ce document.

#### 4.2.3. Boîtier de protection d'épissure

On entend par boîtiers de protection d'épissures (BPE) les boîtes destinées aux raccordements et aux dérivations des câbles à fibres optiques.

##### Les BPE ont les objectifs suivants :

protéger les épissures des chocs (doivent être conformes à la norme IK 10 -20 joules) en environnement variée, et donc utilisables en chambre, en enterré, en égout ou en aérien ;

assurer une parfaite étanchéité, à l'eau et à la vapeur, des raccordements des câbles à fibres optiques : ils doivent être étanches conformément à la norme IP 68 (80 mbar permanent ou 500 mbar pendant 15 minutes) ;

rétablir l'intégrité de l'enveloppe et des porteurs, notamment, la continuité mécanique et électrique ;

protéger les raccords des fibres contre les éléments extérieurs dans tous les types d'installation ;

assurer l'agencement des raccords des fibres et le stockage des fibres excédentaires.

Un BPE doit pouvoir être utilisé aussi bien :

- Joint droit : raccordement câble à câble de l'ensemble des éléments du câble entrant vers l'ensemble des éléments du câble sortant.
- Dérivation :
  - Passage et piquage : la majorité des éléments du câble principal est en continuité (stockage des éléments en continuité non soudés), les éléments restant étant coupés afin d'être dérivés vers 1 ou plusieurs câbles. On utilise le terme de piquage pour caractériser ces dérivation ;
  - Dérivation éclatée : le câble entrant (généralement de grosse capacité) est « éclaté » vers plusieurs câbles de plus petite capacité (les fibres des éléments du câble principal étant toutes soudées sur les fibres des éléments des câbles dérivés).

La protection des câbles à l'entrée et à la sortie doit être assurée par presse étoupes ou manchon thermo-rétractable.

Les kits d'installation doivent être livrés complet avec tous les accessoires nécessaires pour assurer la fixation des câbles, l'étanchéité, le raccordement des fibres optiques (thermo smoooves), la protection de l'épissure et l'agencement des raccords des fibres et le stockage des fibres excédentaires.

Les thermo smoooves doivent avoir des longueurs de 45 mm. Pour chaque système de protection d'épissures, la quantité des thermo smoooves doit être dédoublée.



#### Pour chaque proposition de BPE, il faut :

indiquer la capacité maximale du BPE en nombre de fibres ;

détailler les chemins utilisés par les fibres et les tubes dans les boîtiers ;

montrer la facilité de câblage des boîtiers d'épissures ;

montrer la flexibilité des boîtiers d'épissures concernant les différentes configurations des ports ;

proposer une solution pour la préparation du câble à l'extérieur des boîtiers d'épissures ;

montrer l'espace réservé à l'acheminement des tubes non coupés dans le cas de dérivations en piquage ;

donner le détail de protection des fibres dénudées et la description des accessoires de fixation des boîtiers d'épissures dans les chambres ;

indiquer, s'il y a lieu, l'outillage spécial pour les manipulations dans les boîtiers d'épissures.

#### Pour chaque proposition de BPE, il faut décrire comment réaliser les opérations suivantes avec la solution proposée :

ouverture et fermeture des boîtiers d'épissures ;

fixation des boîtiers d'épissures sur les parois des chambres ;

rajout d'un ou plusieurs câbles ;

réaliser une fusion entre deux fibres de câbles différents ;

réaliser le dénudage des fibres ;

protection des fibres non coupées dans les boîtiers d'épissures.

#### 4.2.4. Tiroirs optiques et connectique

Les tiroirs optiques s'ouvriront avec une charnière, en rangées de 12 emplacements, avec numérotation de 1 à n au-dessus de chaque emplacement pour numéroter la fibre (cas d'un câble à n fibres), et un emplacement en haut et/ou à gauche du tiroir disponible pour une étiquette supplémentaire identifiant le câble.

Un tiroir complet pour chaque extrémité de tronçon est à prévoir. Le dimensionnement doit être fait en conséquence en termes de capacité du tiroir.

Les connecteurs doivent être de type SC/APC (Angle Physical Contact) avec un angle de 8° permettant d'avoir une réflectance  $\leq -55$  dB ou dans une version plus évoluée avec de meilleures performances.

L'affaiblissement de l'ensemble constitué par le connecteur, la fusion entre la fibre du câble et le pigtail, ne doit pas dépasser 0,5 dB au total. Des jarretières optiques seront livrées du même type que les fibres du câble de

longueur 3 m, avec connecteurs SC/APC ainsi que des thermo smoooves de 61 mm. Le nombre de chaque accessoire dépend de la capacité des câbles qui arrivent dans le site.

## 4.3 POSE DE CÂBLE EN CONDUITE

### 4.3.1. Tests du câble avant insertion et traçabilité du touret

Des vérifications sont à faire sur le touret avant insertion du câble en conduite. L'objectif ici est de vérifier que le câble n'a subi aucun dommage dans l'opération de transport depuis l'usine.

Si le câble n'est plus utilisable, il est en effet préférable de le détecter avant l'insertion en conduite. La responsabilité du MOE est engagée dès lors que le câble est utilisé en phase travaux.

#### Les vérifications porteront sur les points suivants :

Inspection visuelle du touret de câble pour vérifier si celui-ci a subi des dommages (chocs, chutes, etc.) ;

Inspection du câble pour vérifier sa constitution : respect du code couleur, du nombre de fibres et de tubes, etc. ;

Vérification de la continuité des fibres et de leur atténuation linéique, par test de réflectométrie.

### 4.3.2. Insertion du câble dans une conduite par tirage ou portage

Il existe deux modes d'insertion d'un câble optique dans une conduite :

- Par tirage : dans ce cas, un filin est d'abord inséré dans la conduite, puis le filin est attaché à un câble en acier et le câble acier inséré dans la conduite, puis le câble acier est fixé sur le câble optique et celui-ci inséré à l'aide d'un treuil.
- Par portage : dans ce cas, le câble est inséré dans la conduite en injectant dans celle-ci de l'air ou de l'eau sous pression.

Le portage à air permet d'insérer un câble sur une longueur de 2 km. Le portage à eau est plus efficace, car permet de porter jusqu'à 6 km, mais oblige à disposer d'environ 1000 l d'eau par km.

En outre, l'opération pour déverser l'eau après usage doit être faite avec précaution, pour ne pas créer d'incident ou de dégradation sur les chaussées ou les terrains environnants. Le portage à eau nécessite par ailleurs des compresseurs spécifiques. Le mode opératoire du portage est similaire, que ce soit un portage à eau ou à air :

- Boucher une des extrémités de la conduite dans une chambre de tirage/raccordement.
- Dans la chambre suivante, à l'aide d'un compresseur adapté (air ou eau), insérer le câble.

Le procédé par tirage est autorisé uniquement en cas de réseaux de desserte pour des liaisons finales courtes (moins de 300 m), ou en cas d'impossibilité d'utiliser la méthode par portage à air dans les autres cas, impossibilité à justifier, ou alors pour les liaisons courtes (moins de 300 m) en fin de réseau de desserte.

Si l'insertion est réalisée par tirage, celle-ci doit se faire de préférence par treuil pouvant programmer l'effort maximal de traction, et pouvant enregistrer les forces de traction appliquées pendant l'opération. Après le tirage, les enregistrements des forces appliquées devront être fournis, afin de vérifier que ces forces n'ont jamais excédé la limite autorisée avec le câble utilisé.

Le tirage du câble « à la main » ne peut être autorisé que dans les cas où les modes précédemment décrits ne peuvent être appliqués, car dans ce cas il n'y a aucun moyen de vérifier l'effort de traction appliqué.

### 4.3.3. Raccordements optiques

Les câbles optiques sont livrés par tourets de longueur définie en phase étude (voir le paragraphe 4.2.2.1). Il faut donc les raccorder bout à bout. Le raccordement se fait par soudure, avec appareil spécifique procédant par arcs électriques pour réaliser la fusion des deux fibres. Les épissures sont alors protégées à travers un Boîtier de Protection d'Epissure (voir le paragraphe 4.2.3).

Les soudures se feront en espace protégé (camionnette ou tente). Les soudures doivent être réalisées soigneusement de manière à obtenir les performances exigées (voir le paragraphe 8.4.2).

Le MOE veillera à ce que les équipes en charge des raccordements disposent de valises d'outillage. Chaque valise doit comprendre l'ensemble de l'outillage

nécessaire à la mise en œuvre des systèmes de protection d'épissures, têtes de câbles et répartiteurs optiques : pince à décaper la gaine du câble ; pince à dénuder la fibre, pince à cliver, pince coupante, coupe câble, couteaux, soufflante à air chaud (si nécessaire), têtes de clés hexagonales, clés dynamométriques, bande PVC adhésive de précision, mètre ruban pour mesure, marteau en plastique, jeu de tournevis, scie, nettoyeur à base d'alcool, etc.

Le MOE prend systématiquement une photographie de l'intérieur du BPE après les raccordements, et avant de refermer le boîtier. La photographie est ensuite envoyée au bureau de contrôle. De même, le MOE fait un test de pressions sur le BPE après l'avoir refermé, et envoie le résultat au bureau de contrôle.

### 4.3.4. Loves de câbles dans les chambres et relevé des mètres

Lors de chaque passage dans une chambre, qu'elle possède ou non un BPE, le câble est lové sur une faible longueur (20 ou 30 m). Ces loves ont l'utilité suivante :

- Lorsqu'il y a un BPE, cela permet de sortir le boîtier pour réintervenir sur celui-ci (réparations, piquages, etc.).
- Les chambres sans boîtier sont posées en général à points particuliers (ponts, ouvrages hydrauliques, etc.) et le love permet de réaliser, dans une certaine mesure, et avec les précautions nécessaires, des réparations sur l'ouvrage sans détériorer le câble.

Les loves seront réalisés proprement, de manière que le câble ne soit pas abîmé. Le love sera posé verticalement sur la paroi où la tringle est fixée, et attaché à la tringle par une fixation de type colson ou équivalent.

Il est nécessaire de procéder aux relevés des mètres du câble :

- A l'entrée et sortie de la chambre dans tous les cas ;
- A l'entrée et sortie du BPE lorsqu'il y en a un.

Les mètres seront soigneusement reportés dans la fiche d'autocontrôle (voir le paragraphe 9.6.1).

#### 4.3.5. Repérage du câble

Dans chaque chambre, une étiquette devra être attachée sur chaque câble arrivant ou sortant de la chambre, indiquant l'identifiant du câble. L'étiquette sera placée au plus près de la conduite contenant le câble.

#### 4.3.6. Bouchage des conduites avec câble

Afin d'éviter l'insertion de boues, d'eau de pluie dans une conduite contenant un câble, et pour éviter la circulation

de rongeurs dans ce tube, la conduite sera obturée par un bouchon étanche pour tubes équipés d'un câble de fibre optique. Ce bouchon est démontable et réutilisable

#### 4.3.7. Traçabilité du câble

Chaque portion de câble est nécessairement issue d'un des tourets délivrés par l'usine : il faudra pouvoir indiquer l'identifiant du touret d'origine, ainsi que le mètre de début et de fin utilisé sur ce touret pour cette section.

Ces éléments sont essentiels à la traçabilité du câble, notamment pour faire le lien avec les recettes usines renvoyées par le fournisseur (voir le paragraphe 4.2.2.1).

Ces informations sont à insérer dans le plan de calepinage du câble : voir le paragraphe 9.7.1.

#### 4.3.8. Réception de la pose de câble en conduite

##### Check-list pour la réception de la pose de câble :

Vérifier les étiquettes de câble (présence des étiquettes, fixation, légende correcte) ;

Vérifier que le love de câble a été fait soigneusement et a été accroché à un support dans la chambre. Vérifier qu'aucun pincement n'a été réalisé sur le câble ;

Vérifier l'accroche du BPE sur un support de la chambre, et l'étiquette fixée sur ce BPE (accroche, légende) ;

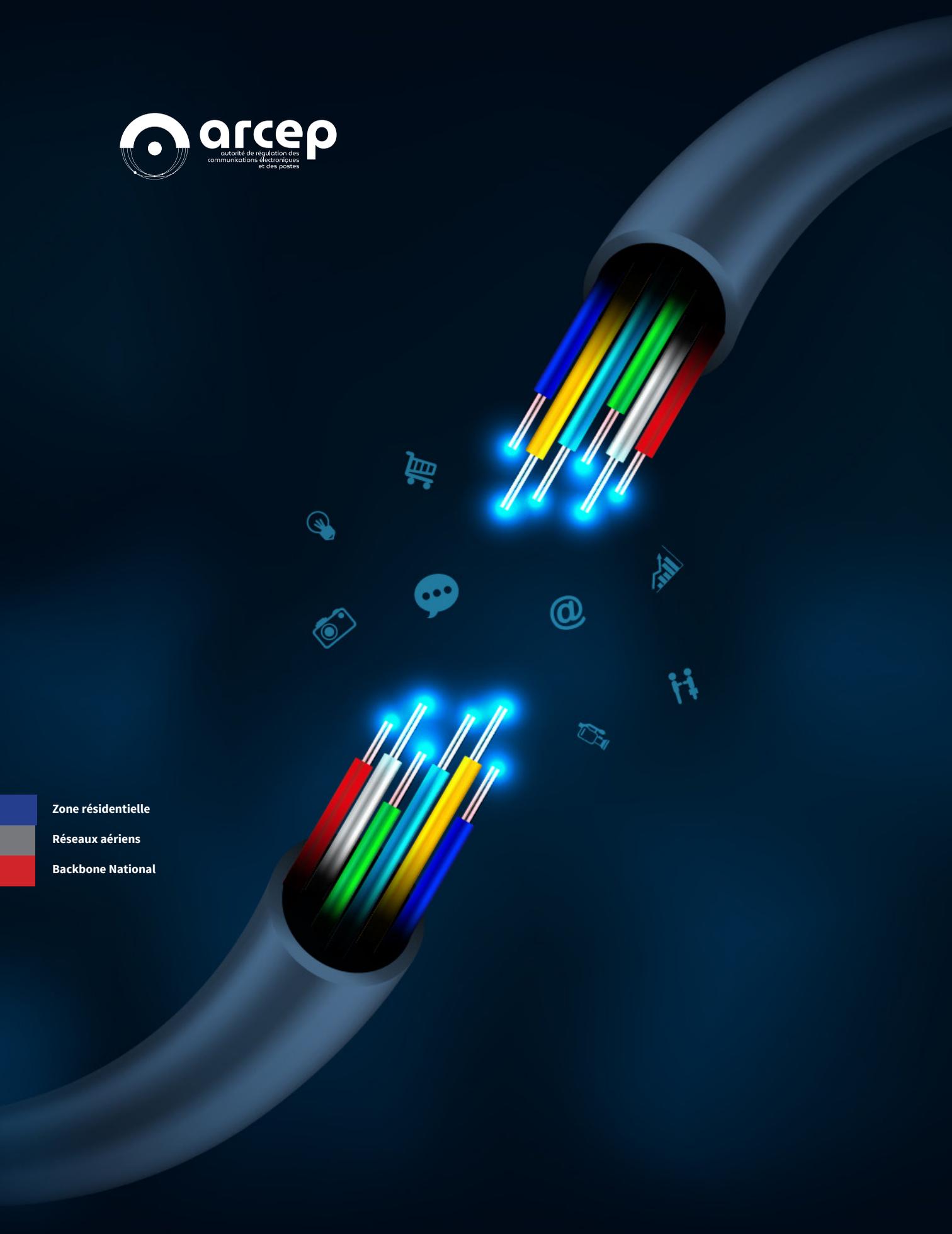
Vérifier les mètres du câble indiqués dans la fiche d'autoévaluation ;

Vérifier que le fourreau contenant le câble a été rebouché ;

De manière échantillonnée : faire ouvrir des BPE pour vérifier la disposition des fibres dans les cassettes du boîtier et/ ou faire des tests de pression sur ce boîtier. La photo du BPE avant fermeture aura de toute façon été délivrée avant la réception, pour être ajoutée au Dossier des Ouvrages Exécutés.



-  Zone résidentielle
-  Réseaux aériens
-  Backbone National



# Construction de réseaux optiques aériens

## 5.1 PHASE ETUDES

La phase études est identique à ce qui est requis pour les réseaux enterrés : voir le paragraphe 3.1), mais des éléments spécifiques sont ajoutés à l'APD, notamment les éléments ci-dessous :

- les flèches maximales à respecter ainsi que la hauteur d'accrochage de la fibre sur le support (voir ci-dessous) ;

- l'effort maximal autorisé sur le câble ;
- le tableau de pose.

### 5.1.1. Flèches

Deux paramètres sont pris en compte : la portée  $L$ , et la flèche :  $f$ , tel que présenté sur le schéma suivant :

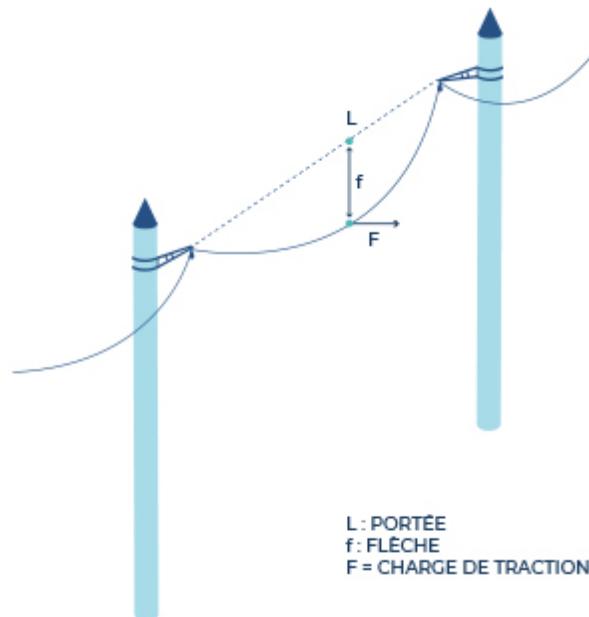


Figure 15 : Schématisation flèche et portée d'un câble aérien

L'effort de traction «  $F$  » exercé sur le câble à température ambiante et sans vent permet d'obtenir la flèche recherchée.

La flèche doit être réglée en milieu de portée soit par mesure physique standard (échelle graduée) ou à l'aide d'un théodolite. Ces moyens de mesure peuvent

être utilisés pour effectuer des contrôles statistiques ou en cas de contestation.

Dimensionnement de la flèche : les valeurs minimale et maximale de la flèche (en mètre, m) sont respectivement de 1% de la portée (m) et 1,8% de la portée.

Cette recommandation s'applique pour les cas d'une installation sur poteaux de télécommunications ou sur poteaux électriques basse tension, la portée peut aller de 30 à 80 m et de 100 à 200 m pour les cas d'installation sur poteaux électriques moyenne tension.

Pour des portées supérieures à 200 m il convient d'étudier au cas par cas le couple câble / accessoires le mieux adapté afin d'assurer une bonne pérennité.

### 5.1.2. Garde au sol minimale et traversées de tous types de voies et espaces

Pour ne pas mettre en péril les supports d'énergie utilisés comme supports communs, les câbles des nappes de réseaux de communications électroniques doivent, à 40°C sans vent, respecter la hauteur minimale au-dessus du sol de :

- 4 m le long des routes, sur les trottoirs, les accotements et en terrain privé ;
- 6 m à la traversée des chaussées et des entrées charretières.

La traversée des voies ferrées se fait systématiquement de manière enterrée.

De manière générale, pour des raisons d'esthétique, il est recommandé :

- d'assurer le parallélisme des différents réseaux ;
- d'installer les réseaux de communications électroniques suffisamment haut afin d'éviter la gêne visuelle pour les riverains ;
- de limiter les changements de hauteur.

## 5.2 POTEAUX POUR POSE EN AERIEN : FOURNITURES

### 5.2.1. Généralités

La distance moyenne entre les appuis va de 35 à 40 m. 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.

#### Différents types d'appuis sont possibles selon les contraintes :

Appui simple (illustration) ;

Appui moisé ;

Appui couplé contrefiché ;

Appui haubané.

La hauteur des appuis à installer doit respecter les hauteurs minimales requises.

Les notes de calcul issues d'un logiciel de calcul de charge devront être fournies en amont de toute réalisation pour justifier la résistance des appuis envisagés, en appliquant la règle du 1+2 pour des extensions futures de capacité de réseau.

La profondeur d'implantation des appuis sera précisée selon le type d'appui et la configuration du terrain après le calcul des charges.

En cas de création d'artère spécifique FTTH, la nappe optique sera placée en tête de poteau sans rehausse.

### 5.2.2. Poteaux en bois

- les poteaux en bois doivent impérativement être traités de manière à supporter les dégradations dues à l'environnement (insectes, humidité, etc.). En cas de doute sur la qualité du traitement, il est préférable d'utiliser des poteaux en béton. S'ils sont quand même utilisés, les poteaux en bois répondront aux spécifications de la norme NF C.67.100 ;
- les appuis bois ne seront implantés que sur des sols sans enrobé bitumineux et sans pavé.

### 5.2.3. Poteaux en béton

- les supports doivent répondre aux normes NF C.67.200 et C.67.250 ;
- ces poteaux seront de classe D ou E et leur effort nominal admissible aura été calculé lors de la phase APS-APD.

### 5.2.4. Potelets et ferrures

- la protection contre la corrosion est assurée par une galvanisation conforme aux règles en vigueur (norme UTE C15-400 F1) aucun usinage n'est toléré après galvanisation.
- le choix du type de supports est réalisé en fonction des éléments contenus dans le dossier de piquetage préliminaire.

### 5.2.5. Réception des fournitures

Avant commande, le MOE doit fournir les fiches techniques de chaque fourniture pour validation au MOA. Après livraison, et quand les fournitures sont stockées en entrepôt, une procédure de vérification du matériel reçu est réalisée :

- vérifier la conformité aux fiches produits validées ;
- valider les quantités.

## 5.3 POSE DE POTEAU POUR CABLE EN AERIEN

### 5.3.1. Réalisation de la fouille

La réalisation des fouilles se fera suivant la norme NF C 11201 suivant la catégorie de sol rencontré. Les fouilles sont réalisées avec une tarière de dimension appropriée ou à la mini-pelle ou à la main à l'aide d'une barre à mine et pelle curette. La dimension de la fouille est définie en fonction de la hauteur du support ( $P = H/10 + 0,70m$ ).

Lorsque la fouille est réalisée dans un sol rocheux, celle-ci peut être réduite au 1/3 sur la hauteur de rocher rencontré.

Lorsque la fouille est réalisée dans les talus ou sur le bord extérieur des fossés, la profondeur d'implantation est augmentée de 15 cm.

### 5.3.2. Levage des supports

L'élingue est placée au 2/3 environ de la hauteur du support qui est levé à l'aide d'une grue montée sur un engin, dont les stabilisateurs reposent sur un sol stable ou sur des bastaings (madriers), pour éviter le risque d'enfoncement.

Le support est descendu dans la fouille jusqu'à poser sur le fond et est orienté conformément au plan « bon pour exécution ». Le support est réglé verticalement en utilisant un fil à plomb sur deux faces perpendiculaires.

A proximité des réseaux nus sous tension, une corde est utilisée entre le camion et le support pour éviter le basculement de celui-ci dans les fils. La position du véhicule de levage est primordiale.

### 5.3.3. Calage provisoire

Cette étape n'est effectuée que si le béton de fondation n'est pas mis en place immédiatement. On procède à l'enfoncement de cales entre le support et le bord de la fouille, pour le maintenir réglé et pouvoir libérer l'engin. Ces cales peuvent être en bois ou en cornière métallique.

### 5.3.4. Réalisation des massifs

Autour du support, un remblai total de la fouille est réalisé.

Les poteaux simples ou assemblés d'effort nominal inférieur à 4kN et de hauteur totale inférieure ou égale à 13m peuvent être calés à la pierre sèche sans béton si ce sont des supports d'alignement ou des supports d'angle dans le cas où l'angle correspondant est inférieur à 10 grades ou 9 degrés.

Cependant, dans le cas de terrains particulièrement meubles (catégorie C4), il est nécessaire de prévoir des massifs appropriés et de bétonner tous les supports d'alignement.

Le béton mis en œuvre est de type XC1 suivant la norme NF EN 206-1.

Pour les poteaux bois, une zone de 50 cm en dessous du sol ne doit pas être bétonnée, mais remblayée en terre. Dans le cas d'implantation en terrain de cultures ou d'herbages, les massifs doivent dépasser de la surface du sol de 10 cm

## 5.4 CARACTERISTIQUES DU CÂBLE POUR POSE EN AERIEN

### 5.4.1. Types de câbles

Les câbles et les fibres du réseau de desserte respecteront le code couleur FOTAG (voir annexe).

La conformité à la recommandation UIT-T L.102 (ex-L.26) relative aux « **Câbles à fibres optiques pour installations aériennes** » dans sa version en vigueur devra être respectée.

Dans le cas du réseau de desserte, il est recommandé d'utiliser des câbles contenant des fibres optiques de performances au moins égales à celles de la catégorie B6\_a2 NF EN 60793-2-50 (ITU-T G.657.A2).

Les principales caractéristiques mécaniques des câbles sont :

- La charge permanente de traction admissible : charge qui peut être appliquée durablement au câble sans dégrader la tenue mécanique et les performances dans le temps des fibres optiques ;
- La charge momentanée de traction admissible : charge qui peut être appliquée momentanément au câble sans dégrader la tenue mécanique et les performances dans le temps des fibres optiques, elle doit être considérée comme la

charge limite, auquel le câble peut être soumis dans des situations peu fréquentes mais probables ne provoquant pas de dégradations de performances optiques irréversibles ;

- Le rayon de courbure minimum : rayon minimum auquel le câble peut être courbé sans compromettre ses propriétés optiques et mécaniques.

Une étude des contraintes topologiques et climatiques de l'artère à déployer permettra de définir les caractéristiques des câbles à utiliser ainsi que leurs accessoires.

Cinq solutions de constitution du câble à usage aérien se dégagent. Plusieurs paramètres influent sur le choix du câble.



**Tableau 12** : Cas d'utilisation des câbles à usage aérien

Technologie	Cas d'utilisation	Description
<b>OPGW (Optical Ground Wire)</b>	Lignes haute tension	Les fibres sont incorporées dans le noyau du fil de terre.
<b>OPPC (Optical Phase Conductor)</b>	Lignes haute tension	Les fibres sont incorporées dans le noyau du conducteur de phase.
<b>Câble ligaturé (Lashed) ou câble enroulé (Wrapped)</b>	Lignes basse tension, moyenne tension et télécommunications	Un câble diélectrique de petit diamètre est attaché ou enroulé autour d'un autre câble.
<b>ADSS (All Dielectric Self Supported cable)</b>	Lignes basse tension, moyenne tension et télécommunications	Le câble est diélectrique et totalement indépendant des autres câbles de la ligne aérienne.
<b>Les câbles dit « figure 8 »</b>	Lignes basse tension, moyenne tension et télécommunications	Constitué d'un câble optique et d'un porteur métallique ou diélectrique séparé et reliés par une languette de liaison

Pour les réseaux de desserte, les câbles ADSS sont recommandés.

Les solutions OPGW et OPPC ne sont pas adaptées à un réseau où les points d'accès à la fibre peuvent être nombreux.

La solution « lashed or wrapped » peut être envisagée pour la partie transport. Les contraintes relatives aux propriétés mécaniques du câble optique sont moins importantes que pour les solutions pour lignes à haute tension.

Concernant les câbles dit « figure 8 », si le porteur est métallique il est nécessaire de le mettre à la terre. Si le tout est diélectrique, la mise à la terre n'est pas nécessaire mais cette solution se traduit par un câble plus volumineux pour lequel la prise au vent ne devra pas être négligée, notamment par rapport au dimensionnement des infrastructures.





**IMPORTANT : En cas d'utilisation de câbles optiques comportant des éléments métalliques, il est impératif de mettre à la terre tous ces éléments métalliques afin d'éviter les risques liés à la foudre ou aux tensions induites. Les prises de terre doivent respecter la norme NF EN 61663-1 et la recommandation de l'UIT -T K8 (notamment, résistance inférieure ou égale à 10 ohms). Les règles de sécurité liées au travail sur câble métallique doivent être aussi respectées.**

Du fait des contraintes supplémentaires apportées aux supports des câbles ADSS, une attention particulière doit être portée sur les caractéristiques de ce câble, notamment en ce qui concerne son diamètre extérieur (incidence sur sa prise au vent, particulièrement sur les supports d'alignement).

Il est recommandé d'utiliser des câbles dont les modules sont à structures semi-serrés s'ils sont

monofibres et à micromodules déchirables à la main s'ils sont multifibres, l'accès aux fibres de ces structures étant plus facile et plus rapide.

Les câbles et les fibres du réseau respecteront le code couleur FOTAG (voir le paragraphe 10.1).

#### 5.4.2. Normes applicables aux câbles aériens

##### Pour les câbles de transport et de distribution sur réseau basse tension ou télécommunications

NF EN 60794-3-10 Câbles extérieurs – Spécification de famille pour les câbles optiques de télécommunications destinés à être installés dans des conduites, directement enterrés ou attachés en aérien

NF EN 60794-3-11 Câbles à fibres optiques - 3-11 : Câbles extérieurs – Spécification de produit pour les câbles de télécommunications à fibres optiques unimodales, destinés à être installés dans des conduites, directement enterrés et en aériens ligaturés.

NF EN 60794-3-20 Câbles extérieurs – Spécification de famille pour les câbles optiques de télécommunications aériens autoporteurs.

NF EN 60794-3-21 Câbles extérieurs – Spécification particulière pour les câbles optiques de télécommunications aériens autoporteurs utilisés dans le câblage de locaux.

XP C 93-850-3-25, Câbles à fibres optiques - 3-25 : Spécification particulière - Câbles de distribution à usage extérieur, en aérien ou en souterrain.

XP C 93-850-6-25 Câbles à fibres optiques – 6-25 : Spécification particulière – Câble de distribution à usage mixte (intérieur et extérieur).

### Pour les câbles de transport et de distribution sur réseau haute tension

NF EN 60794-4-20/Ed2 : Optical fibre câbles – Part 4-20 : Câble optiques aériens sur ligne électrique – Spécifications de famille pour les câbles entièrement diélectriques et autoporteurs (ADSS, All Dielectric Self Supported).

### Pour les câbles de branchement

XP C 93-850-3-22, Câbles à fibres optiques – 3-22 : Spécification particulière – Câble optique de branchement à usage extérieur, aérien, façade ou conduite.

XP C 93-850-6-22, Câbles à fibres optiques – 6-22 : Spécification particulière – Câble de branchement à usage mixte (intérieur et extérieur).

## 5.5 POSE DE CABLE EN AERIEN

### 5.5.1. Avant la pose du câble

Vérification du niveau d'usure de l'appui (fissures, torsion, rouille, perpendicularité par rapport au sol).

Sondage sonore par percussion de la base de l'appui pour l'identification des anomalies internes (uniquement sur les appuis bois).

Vérification de l'état du pied du poteau (environnement, type de sol et sa stabilité).

Orientation des contraintes environnementales de l'appui (végétation, espace de stationnement et manœuvre pour la nacelle etc.).

Vérification du niveau de dégradation de l'appui (vandalisme, accidents).

Orientation de la base de l'appui (uniquement pour les appuis électriques rectangulaires).

Orientation de l'adductabilité (électrique et télécommunications) des logements alimentés par l'infrastructure aérienne.

Vérification des distances minimales entre les nappes télécommunications existantes, les nappes optiques à venir et les nappes électriques.

Vérification de l'état des remontées GC-APPUI (fourreaux bouchés et/ou saturés).

Vérification de l'état des gaines demi-lunes de protection existantes (uniquement pour les remontées télécommunications. Sur les appuis électriques, l'écartement de la gaine demi-lune électrique est à proscrire).
Vérification de l'état des nappes existantes (état des traverses et/ou des rehausses, torsion, déformation).
Vérification de la nature des câblages existants (identification de tout détournement de l'infrastructure notamment en proximité logements particuliers).
Vérification de l'état des câblages existants (câbles dénudés, rongés, dégradés etc.).
Vérification des cerclages existants et de leur impact sur les câbles en verticalité (notamment sur la partie électrique).
Orientation des câblages existants et des flèches.
Autres vérifications structurantes pour la préservation des conditions de sécurité des intervenants et de l'infrastructure. Les intervenants sur ces contrôles doivent également vérifier la faisabilité visuelle des raccordements client à venir.

## 5.5.2. Préparation, matériel

### 5.5.2.1. Dérouleuses - tourets

Les tourets de câbles sont disposés sur un dispositif de déroulage stabilisé adapté au touret à dérouler, disposé à une distance du support au moins égale à la hauteur hors sol de ce dernier, décalé côté poulie de déroulage, pour éviter tout frottement du câble sur le support.

### 5.5.2.2. Treuil - cabestan

Les treuils et cabestans, équipés d'une câblette diélectrique, sont terminés par un œillet adapté au travail à réaliser. Ils permettent d'ajuster la tension du câble.

### 5.5.2.3. Poulies de déroulage :

Les poulies de déroulage sont fixées à chaque point d'ancrage prévu pour le câble. Les poulies doivent pouvoir osciller librement dans les directions perpendiculaires et parallèles à la ligne et être munies d'un dispositif de verrouillage empêchant le câble de s'échapper de la gorge

### 5.5.2.4. Accessoires de tirage

- Serre câble de tirage : A levier, mâchoires, « chaussettes », barrettes ou à cames, ils transforment l'effort de traction en effort de serrage, permettant ainsi la préhension du câble.

- Appareils de tirage : tirvits, tire-forts et palans choisis suivant l'effort de traction nécessaire pour obtenir le réglage souhaité.
- Emerillon : Élément de liaison entre le câble de traction et le tire-câble. Monté sur billes, ses deux extrémités tournent indépendamment dans un sens ou dans l'autre pour éviter la torsion du câble.
- Matériels divers :
  - Thermomètre
  - Dynamomètre
  - Nivelette
  - Talkies-walkies.

### 5.5.3. Déroulage de la fibre

Le déroulage est effectué manuellement ou mécaniquement par la partie haute du touret de manière à éviter toutes détériorations de la fibre telles que : torsions, nœuds, écrasement, frottement sur le sol, sur les supports, ou tout autre obstacle.

Lors de l'opération de déroulage, il est impératif de respecter certaines distances avec les câbles d'énergie, par rapport au sol, par rapport aux voies de circulation (route, voie ferrée, chemin d'accès, etc...). Ces distances sont indiquées dans le guide des appuis communs<sup>2</sup>.

Un mode opératoire décrivant précisément les opérations à effectuer doit être élaboré et validé avant toute opération de pose de câble.

### 5.5.4. Réglage de la fibre

Le déroulage ayant été exécuté tronçon par tronçon. Un premier ancrage est réalisé à l'une des extrémités du tronçon.

Les flèches à respecter ainsi que la hauteur d'accrochage de la fibre sur le support, sont indiquées dans l'APD.

A l'autre extrémité du tronçon, le câble, est tendu conformément au tableau de pose indiqué sur les documents de l'APD (effort, flèche) soit par l'usage d'un Dynamomètre, soit celui de la 'nivelette' :

- Dynamomètre : Le réglage s'effectue par lecture de l'effort de traction, résultant du tableau de pose indiqué sur les documents de l'APD. Cet effort s'applique au porteur, dans les conditions de température ambiante au moment des travaux (utilisation d'un thermomètre).
- Nivelette : le réglage s'effectue en mesurant la flèche sur la plus grande portée d'un tronçon selon les données du tableau de pose des documents de l'APD. On reporte, sur chaque support encadrant la portée, la valeur de la flèche à mesurer. On positionne une nivelette sur ces emplacements et on réalise, visuellement, l'alignement nivelette - câble / faisceau - nivelette, en tenant compte de la température ambiante, des distances à respecter (surplomb, voisinage, franchissement). La conformité de l'effort de traction, après réglage, est vérifiée visuellement, en contrôlant la verticalité des supports d'arrêt et d'angle.

<sup>2</sup> [www.enedis.fr/media/2916/download](http://www.enedis.fr/media/2916/download) et [www.objectif-fibre.fr/page/comment-deployer-un-reseau-tdh-de-qualite](http://www.objectif-fibre.fr/page/comment-deployer-un-reseau-tdh-de-qualite)

Le deuxième ancrage est réalisé et mis en place. La ligne est réglée, il est possible d'enlever le dispositif de traction. Il est alors nécessaire de laisser la ligne reposer sur les poulies de déroulage, afin qu'elle prenne sa position d'équilibre.

La mise sur pinces des supports d'alignement est réalisée, le câble est retiré des poulies et fixé dans les

pinces d'alignement. On retire ensuite les poulies de déroulage.

### 5.5.5. Lovage

En différents points du parcours, il est prévu un love sur le câble.

#### Ces loves sont situés sur les supports d'ancrage où sont implantés les BPE.

Longueurs de lovage 2 x 15 m ;

Les loves seront fixés sur le support ;

Les câbles seront lovés en « O » ;

Le niveau « bas » (base) des loves sera situé au minimum à 3m du sol. ;

Les loves en position « haut » et en position « bas » sont à 0.5m du boîtier de protection d'épissure.

A la demande, il peut également être prévu un point de double ancrage, sans BPE , sur lequel un love sera réalisé.

## 5.6 RACCORDEMENT DU CABLE

### 5.6.1. Boîtiers de protection des épissures

#### 5.6.1.1. Mise en œuvre

- Pour le montage du boîtier, le respect de la procédure éditée par le fabricant, est impératif ;
- Le plan de câblage pour les raccordements en ligne ou en dérivation est prévu dans l'APD ;
- Le câble doit être dans l'alignement du boîtier d'épissures ;
- Aucune contrainte ni rayon de courbure trop faible ne doivent apparaître sur les tubes contenant des fibres optiques ;
- Respecter les rayons de courbures des fibres notamment dans les cassettes de lovage ;
- Placement du boîtier :
  - au-dessous des réseaux d'énergie ;
  - sur une des faces perpendiculaire au réseau ;
  - de façon à n'occuper qu'une seule face de l'appui ;

- à une hauteur comprise entre 2,00 m et 4,50 m du sol (il est recommandé de positionner les PBO à une hauteur comprise entre 2,00 et 2,50m) ;
- aucun boîtier n'est autorisé au-dessus des matériels d'armements ;
- les boîtiers s'inscrivent impérativement dans un volume défini, dans l'espace, par les dimensions maximum suivantes :
  - hauteur : 1,00 m ;
  - largeur : 0,35 m (centré par rapport à l'axe du support) ;
  - profondeur 0,25 m (depuis la face du support) ;
- le coffret, ou accessoire, peut être décentré en largeur à l'intérieur de ce volume.

#### 5.6.1.2. Étanchéité

- L'épissure doit être placée correctement sans torsion dans son logement ;
- Surveiller avec attention l'épissure pendant la fermeture du boîtier ;
- Inspecter attentivement tous les points critiques en matière d'étanchéité (épissures, presse-étoupes / manchon thermo rétractable, valve de mise sous pression, ...).

#### 5.6.2. Précautions d'installation de boîtier des câbles posés sur poteaux

Un boîtier de type BPE ou de PBO doit être nécessairement fixé sur un support vertical (poteau, façade, borne ou paroi d'une chambre) conformément aux instructions du fabricant.

Sur un poteau, les câbles aériens entrant ou sortant sont nécessairement ancrés sur ce même poteau par une pince d'ancrage (pince de suspension exclue). La partie du câble entre la pince d'ancrage et le boîtier n'est pas tendue. Généralement le câble pénètre dans le boîtier par le bas et forme une goutte d'eau (hors technique de piquage tendu).

Des conditions climatiques extrêmes peuvent conduire à une mise sous tension de l'âme du câble entre les deux pinces d'ancrages (phénomène de pistonage), ce qui peut conduire à la rupture des fibres dans les cassettes d'épissurage.

Pour éviter cela, pour chaque câble entrant ou sortant du boîtier, il est recommandé de réaliser un love de blocage de 4 tours au diamètre minimal de courbure statique du câble au plus près de la pince d'ancrage.

Les 4 boucles de lovage permettent de solidariser l'âme et la gaine du câble par effet de corps de chasse. Ces loves n'ont pas vocation à être utilisés pour descendre le boîtier au sol et ne doivent en aucun cas être démontés lorsque le câble est soumis sur le canton à une tension supérieure à sa tension d'installation.

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 :  $R \geq$  rayon minimum statique du câble (généralement 10 x diamètre du câble) et ne pas dépasser le gabarit.



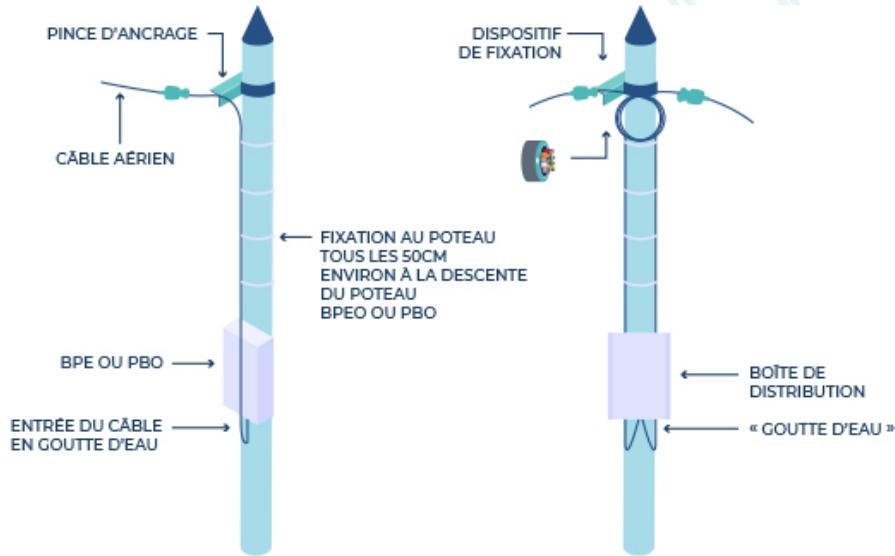


Figure 16 : Illustration de la fixation du boîtier et du lovage

### 5.6.3. Branchement en souterrain depuis un boîtier aérien

Une goulotte en forme de demi-lune protège le câble de branchement de la base du poteau jusqu'au boîtier ou sur une hauteur minimale de 2 m.

La goulotte (en PVC résistant aux UV, couleur gris, marron ou ivoire, et des modèles renforcés en métal) est fixée au poteau par des bandes de feuillard en acier inoxydable.

### 5.6.4. Branchement mixte/souterrain

Le câble de branchement est arrimé sur la traverse télécommunications par une pince d'ancrage de branchement compatible avec le câble utilisé.

Le câble est maintenu sur le poteau par un ou plusieurs berceaux de descente, jusqu'à la goulotte qui assure la protection du câble jusqu'au sol. Dans la partie souterraine, le câble de branchement est protégé par un fourreau.

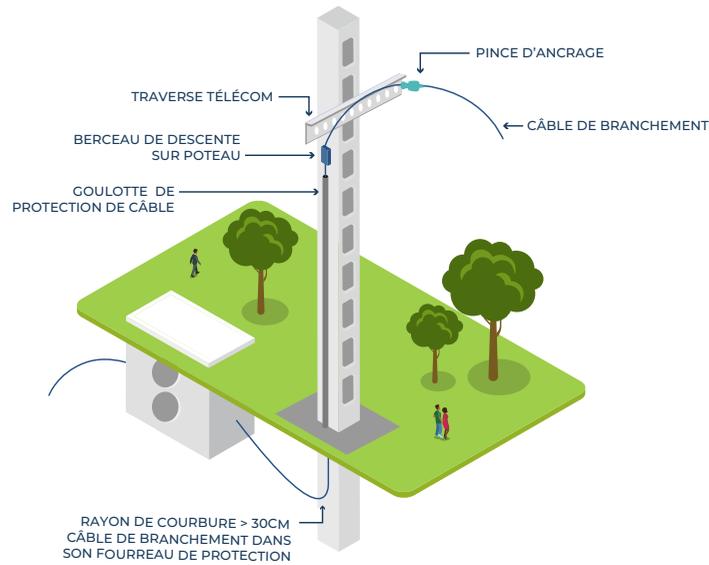


Figure 17 : Branchement mixte/souterrain

## 5.7 RECEPTION DE LA POSE DE CÂBLE EN AÉRIEN

### Check-list pour la réception de la pose de câble en aérien :

Vérification des fixations sur la traverse (pinces et supports) ;

Vérification de l'intégrité de l'appui après travaux ;

Vérification du chapeau de gendarme ;

Vérification des flèches après travaux ;

Vérification des cerclages existants (le cas échéant) et des nappes après l'installation de la nappe optique ;

Vérification de la conformité du cerclage (pas de cerclage sur les câbles en remontée) ;

Vérification du respect des règles de distance inter-nappe ;

Vérification de l'intégrité des nappes existantes après travaux ;

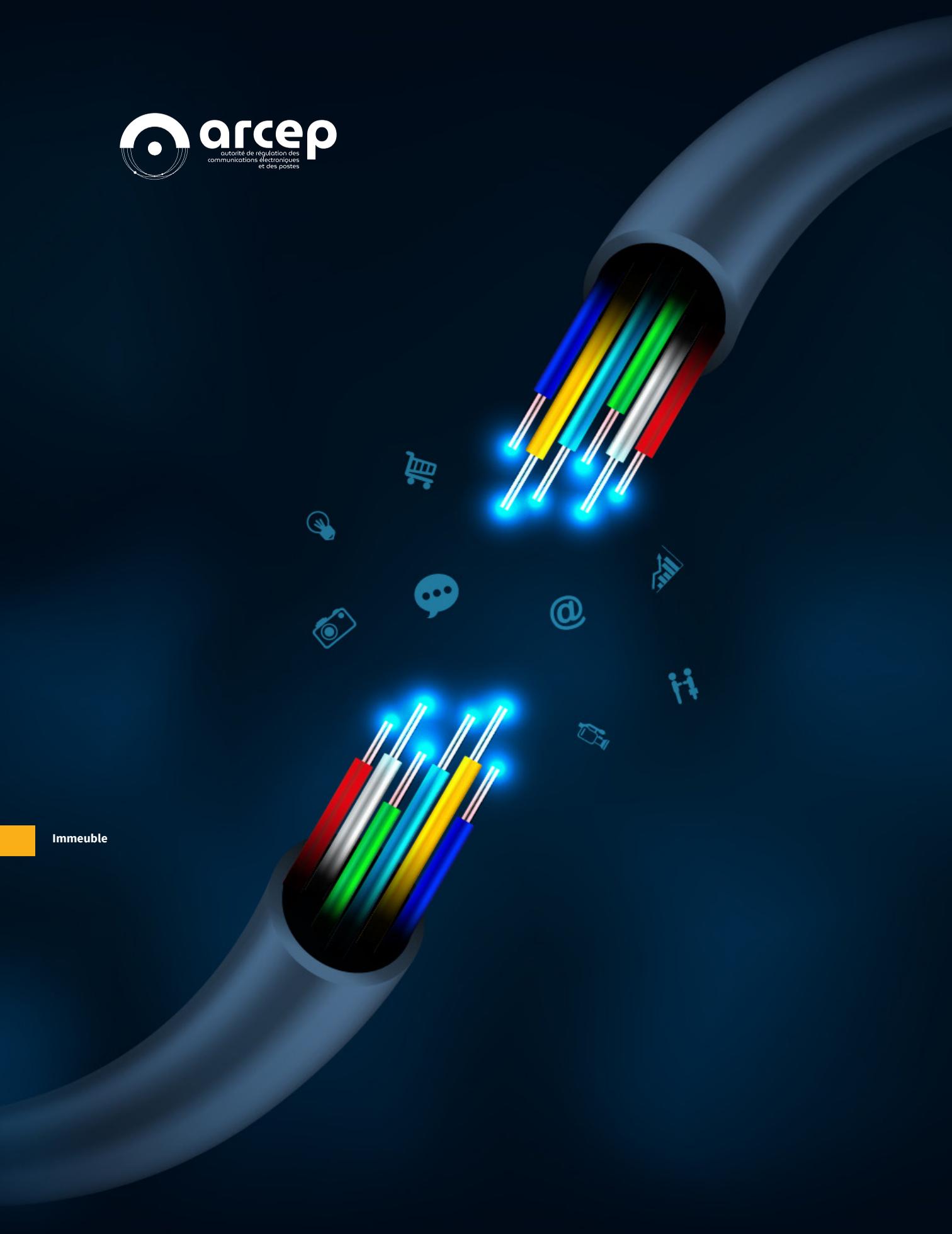
Vérification de la conformité de la flèche ;

Vérification de l'étiquetage FO des boîtiers et des appuis ;

Présence des gaines de protection demi-lunes en montée et en descente vers les boîtiers ;

Vérification environnementale du site après travaux (dégradations tierces, traitement des déchets, modification des lieux et de la végétation).





Immeuble

# Aménagement d'un réseau optique dans un immeuble

## 6.1 PHASE ETUDES

Le plan du bâtiment doit intégrer les éléments décrits dans le paragraphe 2.2.2.

## 6.2 FOURNITURES

### 6.2.1. Conduites en chemin de câble à l'intérieur des immeubles

Les supports de câblage recommandés dans les gaines techniques sont les supports métalliques type dalle marine conformément aux spécifications du guide AFNOR C 15-900. Ils sont reliés à la prise de terre du bâtiment conformément au guide AFNOR C 15-900. Pour un réseau exclusivement optique, un chemin de câble en fil d'acier avec mise à la terre peut être utilisé ou un chemin de câble non métallique (dans ce cas, la mise à la terre n'est pas utile) conforme à la norme NF EN 61537.

Il est recommandé de mettre en place une gaine de type annelé pour les passages verticaux de câbles, à accrocher sur des chemins de câble décrit. Chaque câble à faire monter sera inséré dans une de ces gaines.

Des emplacements pour les PBO doivent être réservés dans les étages, en quantité suffisante pour raccorder ensuite chaque logement ou bureau, avec continuité de conduits de la colonne montante jusqu'au PBO.

Les liaisons entre un PBO et les logements, sont réalisées au moyen de conduits non interrompus, de diamètre nominal 25 mm, de type ICTA 3422 (Isolant Cintrable Transversalement élastique Annelé) selon la norme NF EN 61386-22 ou de goulotte selon la norme NF EN 50085-2-1. Conformément aux dispositions prévues par la norme NF C 15-100, Titre 11, « Installations des réseaux de communication dans les bâtiments d'habitation », ces liaisons arrivent, côté logement, dans la gaine technique du logement (GTL).

### 6.2.2. Câble optique

Il s'agit ici de faire la jonction avec le réseau de desserte extérieur à l'immeuble, et de permettre ainsi le raccordement de tout un immeuble.

Les câbles et les fibres du réseau de desserte respecteront le code couleur FOTAG (voir annexe). Voir par ailleurs le paragraphe 4.2.2.3 pour les catégories de câble à retenir pour les réseaux de desserte.

## Câbles intérieurs

Les câbles intérieurs ou installés dans des constructions (coursives extérieures, ...) sont soumis à la réglementation en vigueur quant à leur comportement au feu : les câbles doivent être ignifugés. La gaine extérieure des câbles intérieurs sera notamment compatible avec la norme NF C 32070 2.1.

La gaine extérieure des câbles intérieurs sera notamment de type LSZH (Low Smoke Zero Halogen) ;

Il est recommandé que ces câbles soient au minimum selon l'Euroclass Cca-s1,d1,a1 selon la norme NF EN 13501-6, à l'exception des câbles à accessibilité permanente par piquage tendu qui eux sont au minimum selon l'Euroclass Dca-s2, d2, a2 selon la norme NF EN 13501-6.

Les câbles seront de type micro-gaines.

Les câbles seront constitués de modules de 6 Fo assemblés autour d'un porteur central de type FRP (fibre-reinforced plastic), le câble sera pourvu de renforts en mèches d'aramides.

La gaine externe sera en polyéthylène haute densité.

Les câbles extérieurs pourront être de capacité 12, 24, 48, 72, 96, 144 et 288 FO.

Les câbles intérieurs doivent permettre de réaliser facilement une extraction des micromodules sur plusieurs mètres, ils permettront de réaliser des opérations de piquage entre étages.

Marquage sur le câble :

- nom du fabricant, année de fabrication, nom du propriétaire, nombre de fibres dans le câble, type de fibre ;
- Mètres du câble.

### 6.3 POSE DES CHEMINS DE CABLE A L'INTERIEUR DE BATIMENTS

Le réseau de desserte doit impérativement passer dans une gaine appropriée (téléphonie, informatique, GTB, etc.), et ne doit en aucun cas emprunter les gaines de la colonne électrique. Cette gaine est dimensionnée en fonction de la taille de l'immeuble afin de ne permettre que le cheminement des câbles. Les gaines techniques sont obligatoirement placées dans les parties communes de l'immeuble et doivent être accessibles à chaque niveau à partir des paliers, couloirs ou dégagements communs.

Les gaines doivent être accessibles (porte à charnière de préférence) et équipées d'un dispositif de fermeture (type

clé triangle). Les portes d'accès aux gaines doivent être conformes aux règles de sécurité incendie en vigueur. Les gaines doivent suivre prioritairement un tracé rectiligne sans changement de direction. Leur implantation doit respecter les règles de distances avec les autres réseaux.

Les matériaux utilisés pour la réalisation des parois des gaines doivent être incombustibles et permettre des fixations. Toutes les parois à l'intérieur des gaines doivent être planes, sans rugosité excessive, sans décrochement et sans obstacle.

Les traversées de plancher doivent se faire par un percement en fond de gaine sur toute la largeur de celle-ci et sur une profondeur d'au moins 100 mm.

Celles-ci doivent accueillir un ensemble de fourreaux, ceux-ci sont fortement recommandés pour permettre le partage des passages verticaux avec les autres opérateurs, en toute sécurité, et en faciliter les réinterventions.

Le nombre de conduits sera déterminé suivant l'étude de câblage. Ils sont :

- conformes à la série de normes NF EN 61386 ;
- de type rigide ou cintrable ;
- non propagateur de flamme ;
- de diamètre extérieure minimale de 40 mm.

Les fourreaux doivent être posés avec un dépassement de 50 mm du pied de gaine. Un espace de 3 cm minimum à la périphérie des fourreaux doit être disponible sur le fond de gaine pour permettre la pose des obturateurs.

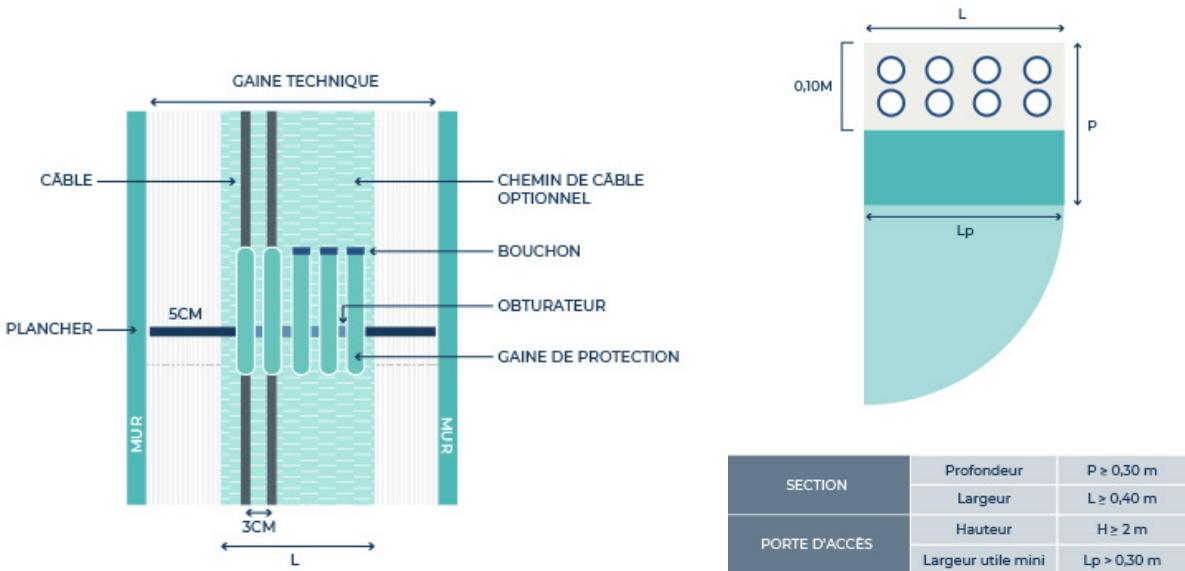
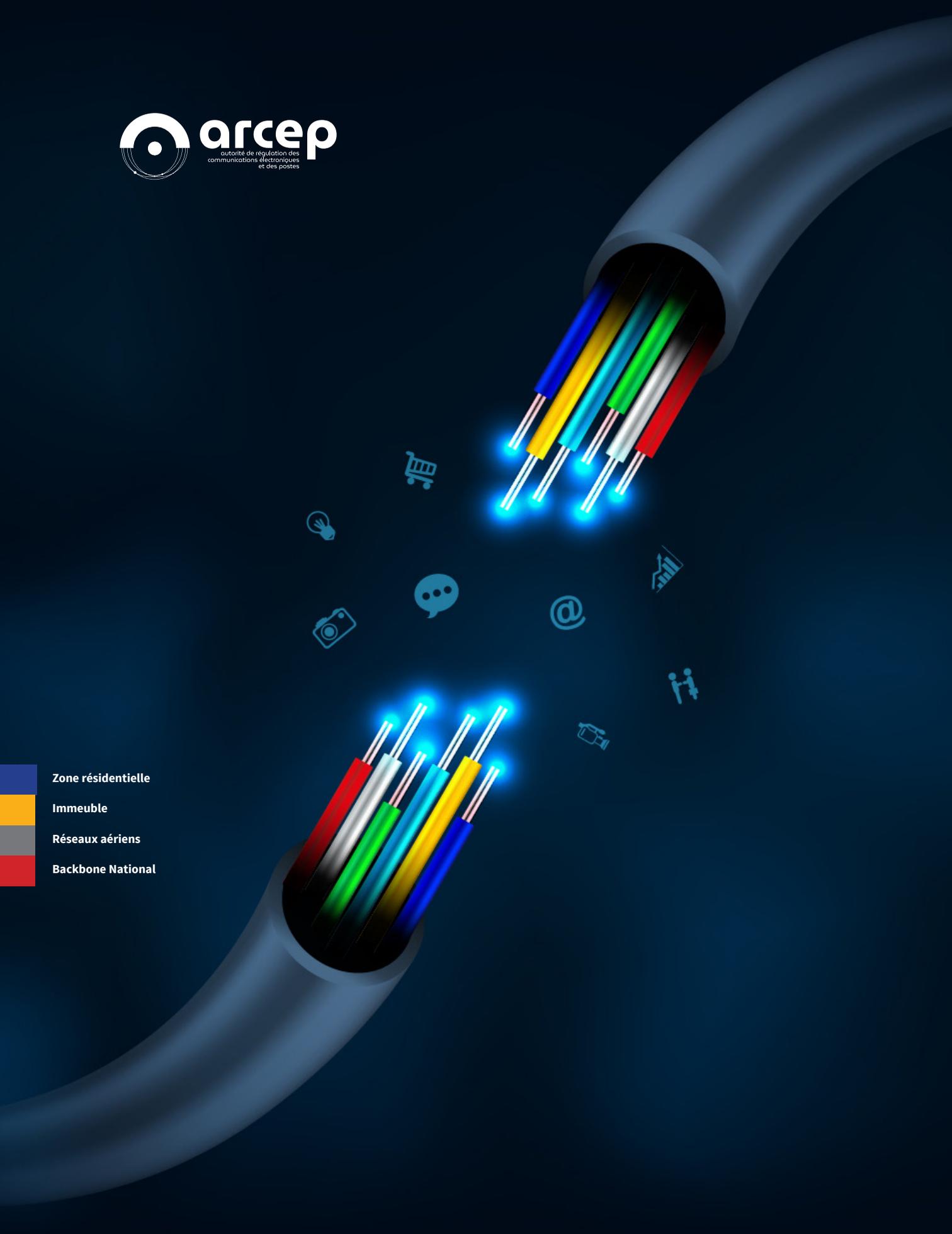


Figure 18 : Schéma de mise en œuvre des gaines intérieures en immeuble et préconisations pour les dimensions des gaines techniques

Les conduits fibre optique doivent être facilement accessibles dans la gaine technique de logement comme à leur point d'arrivée dans la colonne montante (une longueur de 20 cm minimum doit rester libre de maçonnerie).

Ils doivent être aiguillés et rester utilisables : non pliés, non obstrués. Afin d'être facilement identifiables, chaque conduit doit comporter un marquage clair et fiable indiquant le logement desservi.

-  Zone résidentielle
-  Immeuble
-  Réseaux aériens
-  Backbone National



## Pose de câble en façade d'immeuble

Dans le cas d'accroche du câble en façade d'immeuble, l'aspect esthétique est particulièrement important : il convient donc de tenir compte des contraintes imposées par le propriétaire, notamment en ce qui concerne la couleur des câbles.

Il est nécessaire de veiller scrupuleusement au respect des rayons de courbure maximaux autorisés avec le câble.

Si un câble cuivre télécom existe déjà, il convient de suivre le même cheminement, sans toutefois accrocher le câble optique sur le câble cuivre, mais le fixer indépendamment.

Le câble sera fixé tous les 40 à 50 cm avec des produits adaptés au support (attaches, colliers avec embase, chevilles Pontet, etc.). Il faudra s'interdire de procéder au percement des huisseries pour faire pénétrer le câble dans le bâtiment.

Pour éviter les infiltrations d'eau en conséquence des percements (pour les chevilles par exemple), le trou devra être oblique (du bas vers le haut depuis l'extérieur, ou du haut vers le bas depuis l'intérieur). De la même manière, si le point de branchement est accroché à la façade, le câble en entrée ou sortie devra être en « goutte d'eau » (voir schéma ci-dessous), toujours pour éviter les infiltrations.

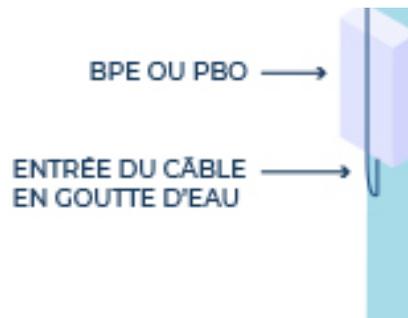
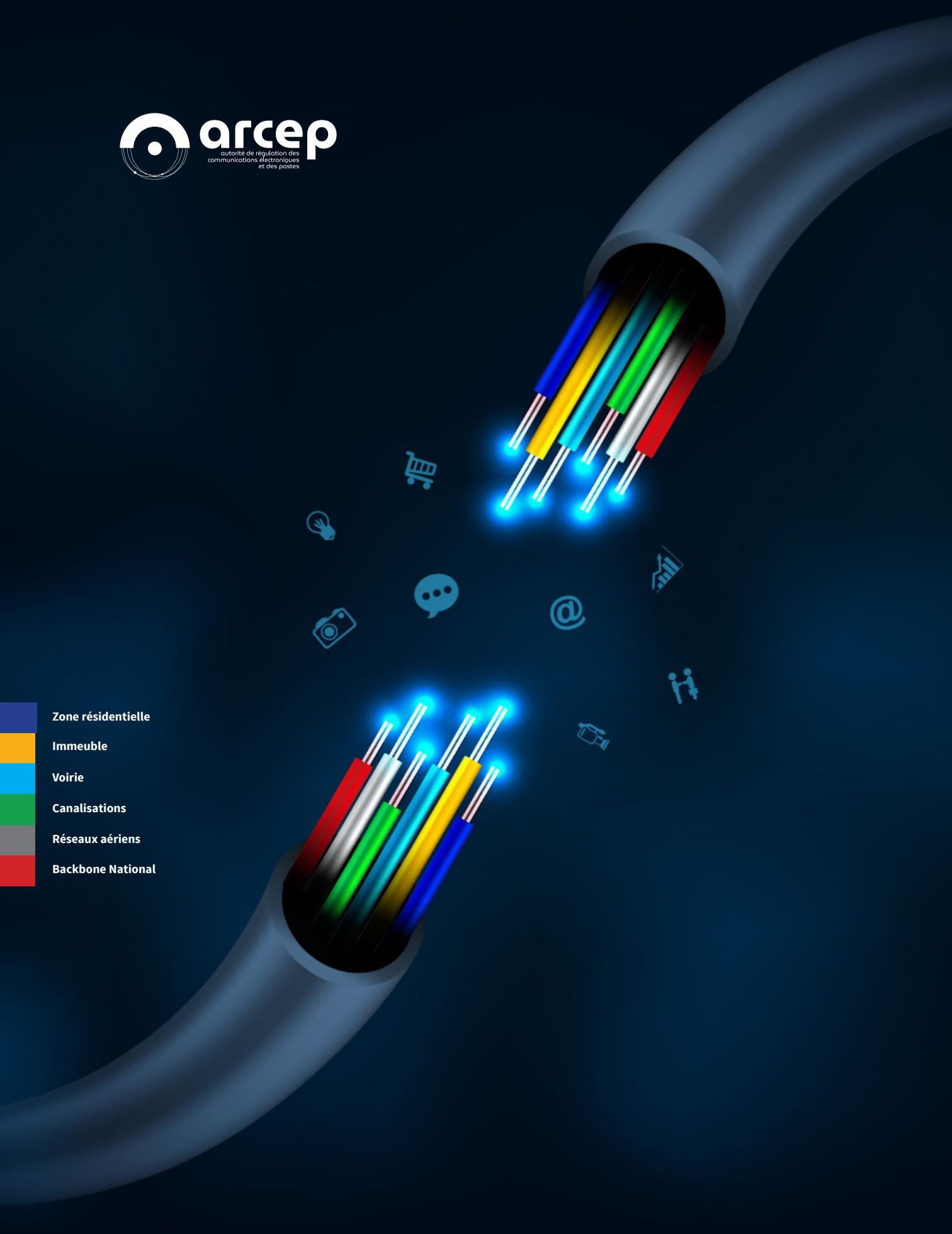


Figure 19 : Accroche du câble en « goutte d'eau »<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Source communauté.orange.fr

-  Zone résidentielle
-  Immeuble
-  Voirie
-  Canalisations
-  Réseaux aériens
-  Backbone National



# Mesures de performances optiques

## 8.1 INTRODUCTION

Une fois le câble optique posé, des mesures de performances sont réalisées sur chaque fibre du câble, afin de vérifier que celle-ci n'est pas rompue ou abîmée lors de la pose.

Un câble est délimité par la section. Sur une même section, notamment dans le cas de backbone,

peuvent coexister plusieurs câbles, chacun dans une conduite différente.

Le signal optique étant de nature ondulatoire, plusieurs fréquences peuvent être utilisées. Celles à retenir pour effectuer des tests sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Longueurs d'onde à tester en fonction de la longueur du tronçon

Longueur d'onde	Longueur du tronçon < 50 km	Longueur du tronçon > 50 km
<b>1310 nm</b>	<b>A tester</b>	<b>Sans utilité</b>
<b>1550 nm</b>	<b>A tester</b>	<b>A tester</b>
<b>1625 nm</b>	<b>A tester</b>	<b>A tester</b>

La longueur d'onde 1310 nm ayant une atténuation plus importante que les deux autres, elle n'est quasiment jamais utilisée sur des longueurs > 50 km.

## 8.2 LES MESURES A REALISER SELON LA TYPOLOGIE DU RESEAU

Les mesures se font par câble (délimité par une section), et pour chaque fibre optique. La définition des sections est donnée au paragraphe 3.1.1.1.

Dans un backbone, les mesures se font toujours entre deux tiroirs optiques. Les mesures pertinentes dans ce cas sont : la photométrie, la réflectométrie et les mesures PMD. Les mesures sont faites dans les deux sens, sauf pour la PMD, où une mesure dans un seul sens suffit.

Dans le cas de réseau de desserte :

- La partie entre chaque NRO et chaque SRO est testée à l'identique de ce qui est fait pour

les réseaux de collecte : de tiroir optique à tiroir optique, et dans les deux sens pour la photométrie et la réflectométrie.

- La mesure est faite entre chaque SRO et chaque point de branchement réflectométrie, mais dans un seul sens (depuis le SRO, lieu où un connecteur est présent pour lancer les mesures).
- Entre le point de branchement et la prise abonné : seule une mesure de photométrie et réalisée, dans un seul sens.
- Les mesures PMD ne sont pas pertinentes ici.

Pour les backbones ou réseaux de desserte, la photographie de tous les connecteurs sera également prise.

**Tableau 14 :** Mesures à réaliser selon la typologie du réseau

Réseau	Délimitation	Photométrie	Réflectométrie	PMD
<b>Collecte</b>	De tiroir optique à tiroir optique	Dans les deux sens	Dans les deux sens	Dans un seul sens
<b>Desserte</b>	De NRO à SRO	Dans les deux sens	Dans des deux sens	Sans utilité
<b>Desserte</b>	De SRO au point de branchement	Sans utilité	Dans un seul sens depuis le SRO	Sans utilité
<b>Desserte</b>	Du SRO à la prise abonné (le branchement étant fait au niveau du point de branchement)	Dans un seul sens	Sans utilité	Sans utilité

### 8.3 MESURES DE PHOTOMETRIE ET BILAN REEL

Il s'agit de mesurer les atténuations réelles sur chaque fibre pour chaque câble (délimité par une section).

Un signal est émis à une extrémité de la fibre, de puissance définie, et la mesure de la puissance reçue à l'autre extrémité par un puissance-mètre permet d'en déduire l'atténuation du signal.

L'atténuation est mesurée en décibel dB, et plus particulièrement dBm, signifiant que la puissance injectée est de 1 mW. Ce test permet :

- de vérifier immédiatement la continuité de la fibre, et donc déceler s'il y a des coupures ;
- de vérifier l'absence de croisement, et donc déceler les erreurs de sélection des fibres dans les épissures ;

- de vérifier que l'atténuation du signal est conforme aux attentes, c'est-à-dire inférieure au bilan théorique calculé (voir le paragraphe 4.1.2).



Figure 20 : Light Source FLS-600 EXFO et PX1 EXFO<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Source EXFO

## 8.4 MESURES DE REFLECTOMETRIE

### 8.4.1. Principe de fonctionnement

Un signal optique est injecté dans l'une des extrémités de la fibre optique concernée, et le retour du signal lumineux réfléchi et rétrodiffusé est mesuré dans le temps. Par ce moyen, tout évènement survenant sur le câble (épaisseur, contrainte créant une courbure, etc.) est détecté et sa distance à l'origine de la fibre est mesurée grâce au temps de propagation du signal réfléchi sur cet évènement. L'affaiblissement est calculé d'après le changement d'amplitude proportionnelle de la lumière rétrodiffusée.

A l'inverse de la photométrie, qui procède à une mesure globale sans considération des évènements parcourant la fibre, la réflectométrie permet une analyse fine, et donc permet de déceler chaque évènement et de le localiser. C'est donc un moyen efficace pour, par exemple, savoir où intervenir sur le câble pour réparer.

Les appareils de réflectométrie (réflectomètres, ou OTDR pour « Optical Time Domain Reflector ») réalisent par ailleurs une estimation de l'atténuation globale sur la fibre. Mais ceci n'est qu'une approximation, et c'est pourquoi les tests de photométrie, qui, eux, n'estiment pas mais mesurent réellement l'atténuation du signal, restent complémentaires.

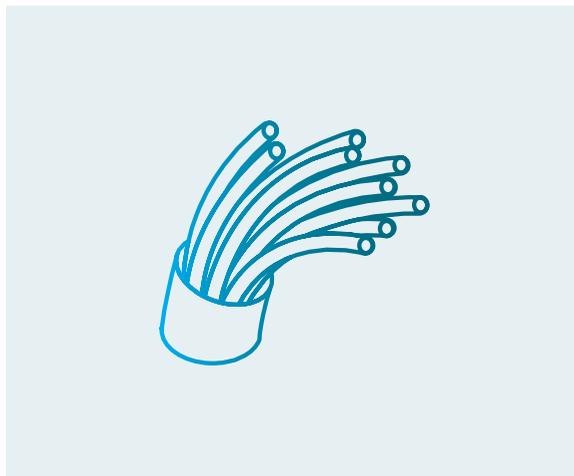
En réflectométrie, deux valeurs sont mesurées à chaque évènement :

- L'atténuation du signal en ce point ;
- La réflectance, qui est la réflexion du signal lumineux injecté.

Le phénomène de réflectance s'observe généralement au niveau des connecteurs, lorsqu'ils sont mal nettoyés ou abîmés. Dans ce cas, lors du branchement d'une jarretière, les deux connecteurs peuvent ne plus adhérer, et donc une légère paroi d'air se crée, qui réfléchit la lumière au lieu de la laisser passer. Le même phénomène peut apparaître lors d'une épissure si celle-ci est mal faite.

Le résultat des courbes d'atténuations mesurées par un réflectomètre est enregistré dans des fichiers de données dans un format spécifique nommé « sor ».

La mesure par réflectométrie est faite pour chaque longueur d'onde, et dans les deux sens : c'est-à-dire depuis une extrémité de la fibre, puis depuis l'autre. La valeur d'atténuation retenue sur chaque évènement est la moyenne des deux mesures faites dans les deux sens.



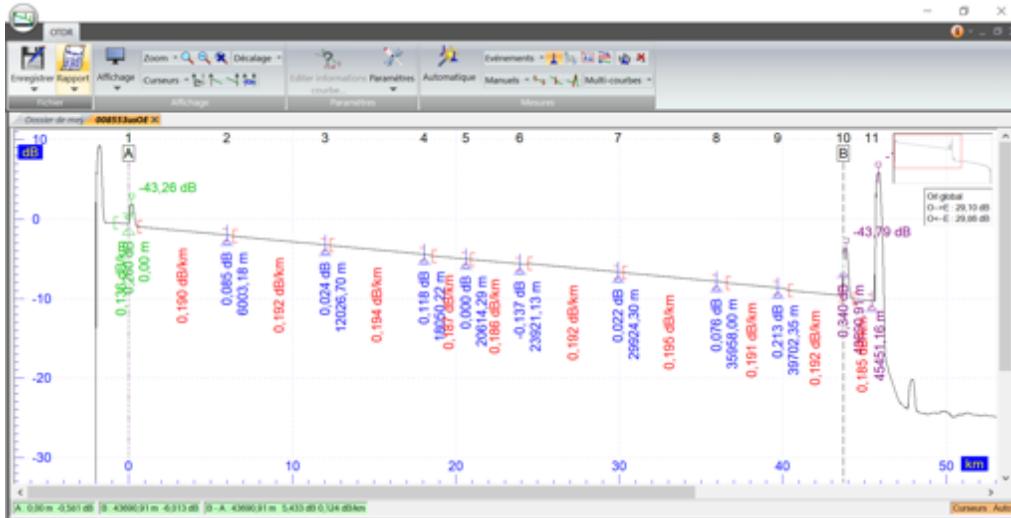


Figure 21 : Exemple de courbes de données délivrées par un réflectomètre et analysée par un logiciel adapté (Ici FiberCable)

### 8.4.2. Performances attendues pour la réflectométrie

Tableau 15 : Valeurs des performances selon le type de mesure

Quantité à mesurer	Valeur attendue en moyenne	Valeur attendue maximale par élément
Atténuation d'une épissure (pour toute longueur d'onde)	0,10 dB	< 0,15 dB
Réflectance d'une épissure	Nulle	Nulle
Atténuation linéique moyenne entre deux épissures – fibre G652D	0,33 dB/km à 1310 nm 0,22 dB/km à 1550 nm 0,22 dB/km à 1625 nm	0,35 dB/km à 1310 nm 0,22 dB/km à 1550 nm 0,24 dB/km à 1625 nm
Atténuation linéique moyenne entre deux épissures – fibre G655	0,40 dB/km à 1310 nm 0,21 dB/km à 1550 nm 0,23 dB/km à 1625 nm	0,40 dB/km à 1310 nm 0,23 dB/km à 1550 nm 0,25 dB/km à 1625 nm
Atténuation linéique moyenne entre deux épissures – fibre G657A2	0,36 dB/km à 1310 nm 0,22 dB/km à 1550 nm	0,40 dB/km à 1310 nm 0,25 dB/km à 1550 nm
Atténuation d'un connecteur APC (pour toute longueur d'onde)	0,35 dB	< 0,5 dB
Taux de réflectance d'un connecteur	< -50 dB	< -50 dB

### 8.4.3. Exploitation des résultats de réflectométrie

Chaque connecteur et épissure doit correspondre à un évènement. Il est donc fortement recommandé de prépositionner ces évènements sur l'OTDR avant les mesures, grâce au synoptique, au plan de calepinage et au relevé des mètres du câble (indiqués sur les fiches d'autocontrôle pour ces derniers). A défaut, ces évènements doivent être positionnées lors du dépouillement avec le logiciel adapté (type FiberCable2).

Aucune valeur hors norme ne doit être observée : toutes les réparations nécessaires (nettoyage ou remplacement de connecteur, suppression de contraintes, réparation d'épissures, etc.) seront appliquées pour atteindre cet objectif.

Devront être délivrés les éléments suivants :

#### Tous les fichiers OTDR avec extension sor

Un sous-répertoire « mesures » contiendra l'ensemble des fichiers sor sur un câble directement extrait de l'OTDR (brutes)

Un sous-répertoire « analyse » contiendra l'ensemble des fichiers sor après analyse à travers un logiciel adapté (type « FiberCable2 »)

#### Un rapport extrait d'un logiciel adapté à la lecture et analyse de fichier sor (type « FiberCable2 »), sous forme de tableau Excel, avec les indications suivantes :

L'identification du câble ;

Les paramètres de mesures utilisées ;

Les valeurs seuils appliquées ;

Les atténuations au niveau des évènements (épissures, connecteurs) ;

Les atténuations linéiques ;

Les réflectances ;

Le tableau récapitulatif des valeurs hors normes.

Les noms des fichiers des courbes sor ou des rapports comporteront les indications suivantes :

- Origine – extrémité, sens ;
- Identifiant du câble, numéro de la fibre ;
- Longueur d'onde, indice de réfraction.



Figure 22 : MAX715B EXFO<sup>5</sup>

## 8.5 MESURE DE DISPERSION DE POLARISATION (PMD)

La fibre optique est par nature biréfringente, c'est-à-dire que son indice de réfraction n'est pas constant. Ce défaut est dû aux imperfections de fabrication de la fibre optique, mais également aux actions de l'environnement extérieur sur le câble : température et actions mécaniques (torsions, écrasements, courbures, etc.).

La lumière émise à l'entrée de la fibre a une polarisation rectiligne. Mais à cause précisément de la biréfringence, la polarisation de ce signal évolue pendant son parcours dans la fibre, ce qui entraîne une variation de sa vitesse (qui est fonction de la polarisation). Le résultat de la différence de temps de propagation entre ces modes de polarisation est appelé "Differential Group Delay" (DGD).

Cette différence de temps croit avec la longueur de la fibre optique : plus le câble est long, et plus les imperfections ont un impact sur le mode de polarisation et donc la vitesse de propagation. La dispersion du mode de polarisation (ou Polarization Mode Dispersion – PMD) est la valeur moyenne du DGD.

Les mesures sont prises pour chaque câble du tronçon (délimité par une section), et sur chaque fibre. Aucune valeur de PMD ne devra être supérieure à  $0,5 \text{ ps} / \text{km}^{1/2}$ .

Un tableau sera fourni par câble, avec, pour chaque fibre, la valeur de PMD mesurée.

<sup>5</sup> Source EXFO

## 8.6 PHOTOGRAPHIE DES CONNECTEURS

A travers un outil adapté (sonde), fournir une photographie de chaque connecteur. Ceci permet de vérifier leur propreté, voire d'identifier des dégradations irréversibles.



Figure 23 : Sonde FIP 400B<sup>6</sup>

Le fichier sera nommé ainsi : <Identifiant du câble>\_<Identifiant du tiroir optique>\_<numéro fibre>. L'ensemble des images seront rassemblées dans un répertoire dont le nom sera composé de l'identifiant du câble.

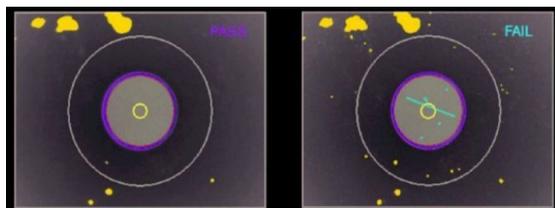


Figure 24 : Inspection des connecteurs EXFO (Celle de gauche est correcte, et sur celle de droite le connecteur révèle des défauts.)<sup>7</sup>

## 8.7 PROCEDURES DE RECETTE

Le MOE fournit l'ensemble des mesures de performances décrit plus haut : photométrie, réflectométrie, PMD et photographie des connecteurs

Le bureau de contrôle procède à une vérification de ces mesures, en s'appuyant sur le synoptique du câble et les fiches d'autocontrôle (ces dernières pour vérifier les loaves et les mètres et donc les distances entre BPE). Si les résultats

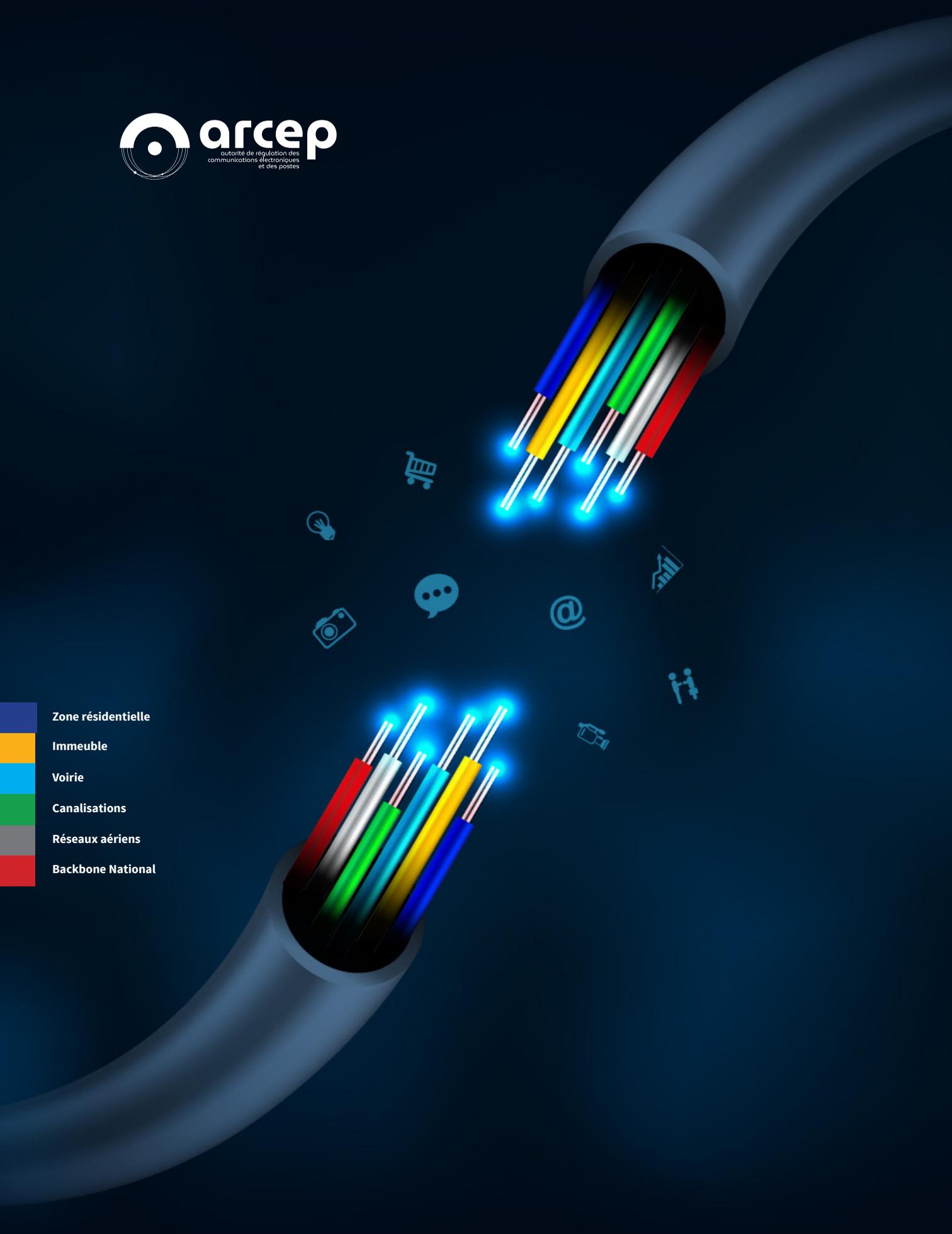
délivrés sont satisfaisants, la dernière phase de la recette consiste à refaire sur site en présence d'un représentant du MOA des mesures de performances, non plus complètes mais par échantillonnage.

Dans le cas où les résultats ne sont pas satisfaisants, les reprises doivent être faites en conséquence, jusqu'à obtenir des résultats conformes aux exigences, et permettant la phase finale de réception sur site

<sup>6</sup> Source EXFO

<sup>7</sup> Source EXFO

-  Zone résidentielle
-  Immeuble
-  Voirie
-  Canalisations
-  Réseaux aériens
-  Backbone National



## Dossier des ouvrages exécutés

### 9.1 RECETTE PAR SECTION

Les réceptions se font fondamentalement par section (voir paragraphe 3.1.1.1). Le DOE doit donc être construit en fonction précisément de ces sections.

Des réceptions partielles isolément sur une section sont possibles, et encouragées, avant la réception finale, qui sera prononcée une fois toutes les réceptions partielles réalisées avec succès.

#### De manière naturelle :



- la recette partielle des conduites se fait par portion entre deux chambres de tirage/raccordement (voir le paragraphe 3.2.9) ;
- celle des chambres se fait individuellement.

Ces éléments sont constitutifs de la recette de la section de génie civil.

### 9.2 FORMAT DU DOE

Le DOE est livré sous forme numérique. Les documents seront répartis selon l'arborescence définie dans le tableau ci-dessous.

Les documents d'ingénierie seront livrés au format d'origine, de manière à pouvoir être réexploités ultérieurement.

**Tableau 16 :** Arborescence des documents du DOE

Nom du répertoire	Contenu	Format des fichiers requis
<b>01- Fournitures/Fiches produit</b>	Fiches produits.	Dans le format reçu du fournisseur (PDF, jpeg, tiff, etc.)
<b>01- Fournitures/Garanties</b>	Documents liés aux garanties.	PDF ou équivalent
<b>02- Cartographie</b>	Liste des Sections.	MS office (Word, Excel)
<b>02- Cartographie/récolement</b>	Plans de récolement.	AutoCAD (.dwg)
<b>02- Cartographie/shapefile</b>	Plans en version shapefile.	Shapefile (.shp)

Nom du répertoire	Contenu	Format des fichiers requis
<b>03- Section/</b>	Ce dossier sera distribué en sous-répertoire, un par Section, dont le nom sera l'ID de la Section.	
<b>03- Section/[ID Section]/Chambres</b>	Fiches d'autocontrôle mises à jour ; Procès-verbaux signés des chambres ; Si une chambre appartient à plusieurs Sections, les documents seront dupliqués dans les deux sous-répertoires.	MS office (Word, Excel) pour la fiche d'autocontrôle. PDF, jpeg, tiff pour les procès-verbaux signés et scannés (1 document par chambre)
<b>03- Section/[ID Section]/Conduites</b>	Procès-verbaux sur les mesures sur les conduites.	PDF, jpeg, tiff pour les procès-verbaux signés et scannés (1 document par chambre)
<b>03- Section/[ID Section]/Armoires</b>	Plan des armoires de rue (connectique) Si une armoire appartient à plusieurs Sections, les documents seront dupliqués dans les deux sous-répertoires.	dwg, MS office (word, Excel)
<b>03- Section/[ID Câble]/BPE</b>	Plan des jonctions sur BPE Le dossier sera distribué en sous-répertoire pour chaque Section.	dwg, MS Office (Word, Excel, PowerPoint)
<b>03- Section/[ID Câble]/Synoptique</b>	Synoptique du câble un document par Section.	dwg, MS Office (Word, Excel, PowerPoint)
<b>03- Section/[ID Câble]/OTDR</b>	Données OTDR, un sous-répertoire « mesure », et un sous-répertoire « analyse ».	.sor
<b>03- Section/[ID Câble]/photométrie</b>	Données issues des mesures de photométrie.	MS office (Word, Excel)
<b>03- Section/[ID Câble]/PMD</b>	Données issues des mesures de PMD.	Rapport extrait de l'appareil de mesure
<b>03- Section/[ID Câble]/connecteurs</b>	Photos du connecteur extrémité et origine.	Images extraites de l'appareil sonde (PDF, jpg, tiff, etc.)

## 9.3 DOCUMENTS LIÉS AUX FOURNITURES

### 9.3.1. Fiches produit

Les fiches produit validées pour chaque catégorie de matériaux sont intégrées au DOE. Les fiches doivent indiquer soigneusement les coordonnées du fournisseur :

dans le cas contraire, les préciser dans un document supplémentaire joint aux fiches.

## 9.4 PLANS DE RECOLEMENT

### 9.3.2. Garanties

Tous les certificats de garanties par rapport aux éventuels équipements achetés doivent être intégrés dans le DOE. Les attestations de garantie décennale pour les ouvrages seront également jointes.

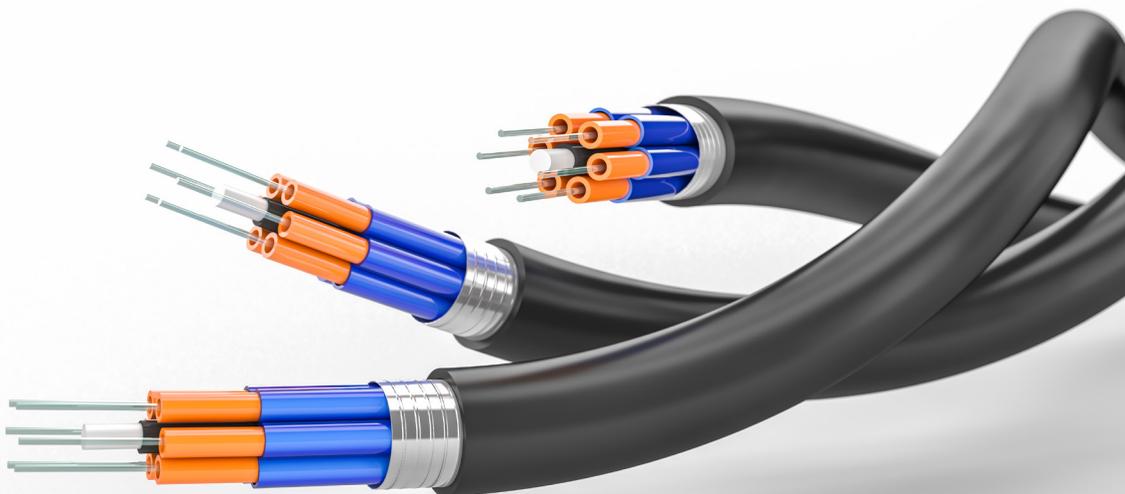
Les plans de récolement seront fournis au format AutoCAD (dwg), géoréférencé. Les informations de profondeur / hauteur doivent être fournies en même temps que la position spatiale X,Y.

Il sera nécessaire de retrouver sur le plan de récolement tous les éléments suivants :

- armoires de rue avec leur identifiant ;

- parcours des conduites, avec profil des tranchées pour les conduites enterrées, et identification particulière des parcours en aérien ;
- passages particuliers (dalot, ouvrages d'art, etc.) ;
- chambres avec leur identifiant ;
- manchons de conduites.

Les relevés sont à prendre avec un module GPS haute précision, en utilisant des récepteurs adaptés, notamment qui prend en charge les corrections GPS différentielles.



Pour le linéaire de l'infrastructure, un relevé au minimum tous les cinquante (50) mètres est nécessaire, ainsi que (liste non exhaustive) :

- Tous les changements de direction ;
- Les chambres (relevé aux quatre (4) coins) avec les informations de profondeur ;
- Les armoires de rue (relevé aux quatre (4) coins) avec les informations de hauteur ;

- Les ouvrages d'art traversés, dalot, passages particuliers, etc.

Les plans de couche sur AutoCAD devront être adaptés afin de pouvoir extraire facilement, et donc de produire, les éléments de cartographie au format SIG.

## 9.5 CARTOGRAPHIE ET SIG : MODELE DE DONNEES

Le modèle adopté pour le SIG est décrit ci-dessous.

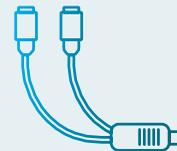
### 9.5.1. Format et précision des livrables SIG

- Les fichiers SIG peuvent être restitués au format SHAPE, dans le système de projection Lome / WGS 84 / UTM zone 31N ;
- Pour chaque couche shapefile, fournir l'ensemble des fichiers qui décrivent la donnée à savoir :
  - Obligatoires : \*.dbf, \*.shp, \*.prj, \*.cpg, \*.shx ainsi que le fichier de métadonnée \*.shp.xml
  - Si nécessaires : \*.sbn, \*.sbx

- Le niveau de précision de positionnement géographique exigé est de 0.1m en X, Y et Z ;

- Les données doivent être en 3D. Géoïde de référence EGM 2008 ;

- Les métadonnées (en xml) doivent contenir à minima :



**Tableau 17 :** Éléments constitutifs des métadonnées

Nom de la métadonnée	Description
<b>Date</b>	Date de réalisation de production du livrable
<b>Phase</b>	Phase du projet
<b>Projet</b>	Nom du projet
<b>Catégorie_Travaux</b>	Catégorie de travaux
<b>Date_Debut_Travaux</b>	Date de début des travaux si applicable
<b>Date_Fin_Travaux</b>	Date de fin des travaux si applicable
<b>MOA</b>	Maître d’Ouvrage
<b>MOE</b>	Maître d’Oeuvre

### 9.5.2. Liste des couches

Le tableau ci-dessous indique la liste des couches du modèle. La description des attributs de ces couches est donnée en annexe : voir le paragraphe 10.4.

**Tableau 18 :** Liste des couches

Nom de la couche	Description	Géométrie
<b>t_cable</b>	Câble du réseau de fibre optique	<b>Ligne</b>
<b>t_cheminement</b>	Tracé des segments de génie civil	<b>Ligne</b>
<b>t_ebp</b>	Boitier de protection d'épissure	<b>Point</b>
<b>t_point_technique</b>	Point technique	<b>Point</b>
<b>t_site</b>	Site du réseau	<b>Point</b>
<b>t_racco</b>	Raccordements des sites utilisateurs finaux	<b>Point</b>

### 9.5.3. Contraintes topologiques entre les données

- Une portion de génie civil (t\_cheminement) est bornée par deux chambres (t\_point\_technique) ;
- Une portion de câble (t\_cable) est bornée par deux BPE (t\_ebp) ;
- Une portion de câble suit le tracé d'un cheminement (conduites, poteaux, etc.) ;

- Une section optique est délimitée par deux tiroirs optiques/point de branchement/ coupleur, entité qui n'est pas définie ici, et qui pourrait être ajouté au modèle ;
- Un tiroir optique est abrité par un site (t\_site) ;

Ces contraintes sont à respecter en faisant usage des outils d'accrochages du logiciel SIG utilisé. Cela se traduit également au niveau attributaire comme explicité dans le paragraphe 10.4 de l'annexe.

## 9.6 DOCUMENTS SUR LES RECETTES DU GENIE CIVIL

### 9.6.1. Fiches d'autocontrôle

**Une fiche d'autocontrôle doit être délivrée pour chaque chambre de tirage ou de dérivation avec les éléments suivants :**

Identification de la chambre (numéro identifiant, prévu en phase étude) ;

Localisation de la chambre (coordonnées GPS selon référentiel WGS84) ;

Type de chambre : L3T, L5T, K2C, etc ;

Relativement aux conduites :

- Masque des chambres et alvéoles ;

Relativement au câble :

- Si la chambre contient un BPE:
  - Identification du BPE ;
  - Mètre du câble en entrée et en sortie du BPE ;
  - Mètre du câble en entrée et sortie de chambre ;
- Si la chambre ne contient pas de BPE : indiquer seulement le mètre du câble en entrée et sortie de chambre.

Les fiches d'autocontrôle sont préparées par le MOE avant la phase de réception, et transmises à l'entité en charge du contrôle, qui pourra en faire une analyse préalable et faire ses premières remarques. Il est donc conseillé de les transmettre de manière fluide pendant l'exécution des travaux.

Les fiches d'autocontrôle sont à soumettre avant les procédures de recette. Une analyse « en bureau » sera réalisée pour vérifier la conformité avec les plans d'étude.

Les éventuelles divergences avec le plan d'étude doivent être indiquées précisément et justifiées.

### 9.6.2. Mesures sur les conduites

Les procès-verbaux sur les conduites sont ajoutés au document : un (1) document par portion du tracé entre deux chambres, le nom du document étant composé avec l'ID des chambres (<ID chambre A>\_<ID chambre B>). Ces documents sont distribués dans les sous-répertoires correspondant à la section concernée.

## 9.7 DOCUMENTS SUR LES RECEPTIONS OPTIQUES

### 9.7.1. Plans de câblage optique

**Dans le DOE doivent être intégrés les éléments produits en phase étude et mis à jour après réalisation :**

Synoptique du câble : en plus des mises à jour des informations du synoptique, seront ajoutés les mètres des câbles au niveau de chaque BPE et de chaque chambre (ces éléments seront tirés des fiches d'autocontrôle) ;

Plans de câble de chaque BPE (une fiche par BPE) ;

Plans d'occupation de chaque armoire de rue ;

Le plan de calepinage réalisé, avec traçabilité sur les tourets utilisés, c'est-à-dire un tableau avec pour chaque portion de câble entre deux BPE :

- l'identifiant du touret utilisé ;
- le mètre de départ et de fin ;
- et la longueur de câble utilisée en conséquence.

### 9.7.2. Mesures de performances optiques

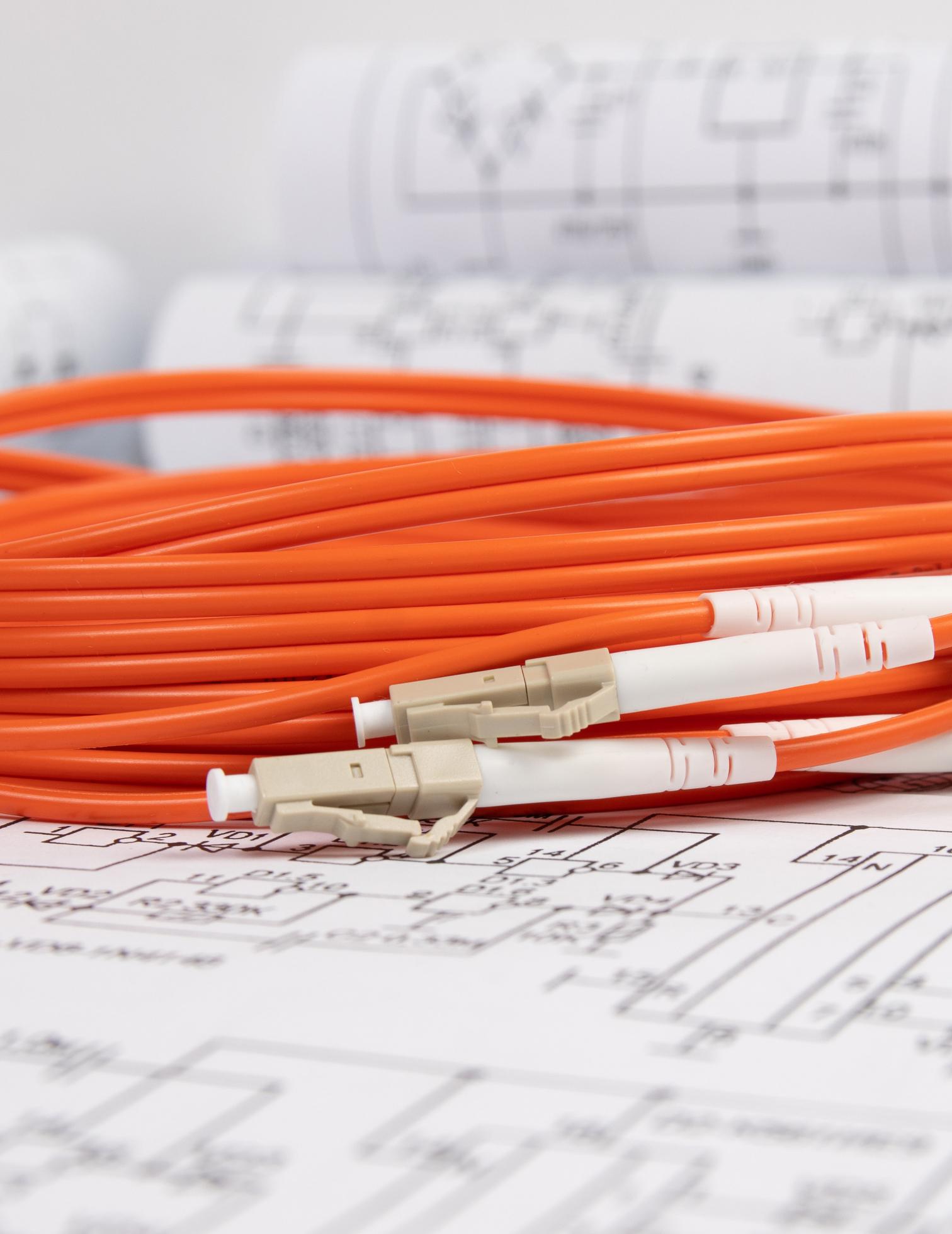
**Un dossier sera constitué pour chaque tronçon de câble, avec les éléments suivants :**

Bilan d'atténuation réelle : un tableau indiquant, pour chaque fibre du câble, le rappel de la valeur du bilan théorique et le résultat de la mesure de l'atténuation globale, pour chaque longueur d'onde, prise grâce à un puissance mètre. Le bilan réel doit être inférieur au bilan théorique ;

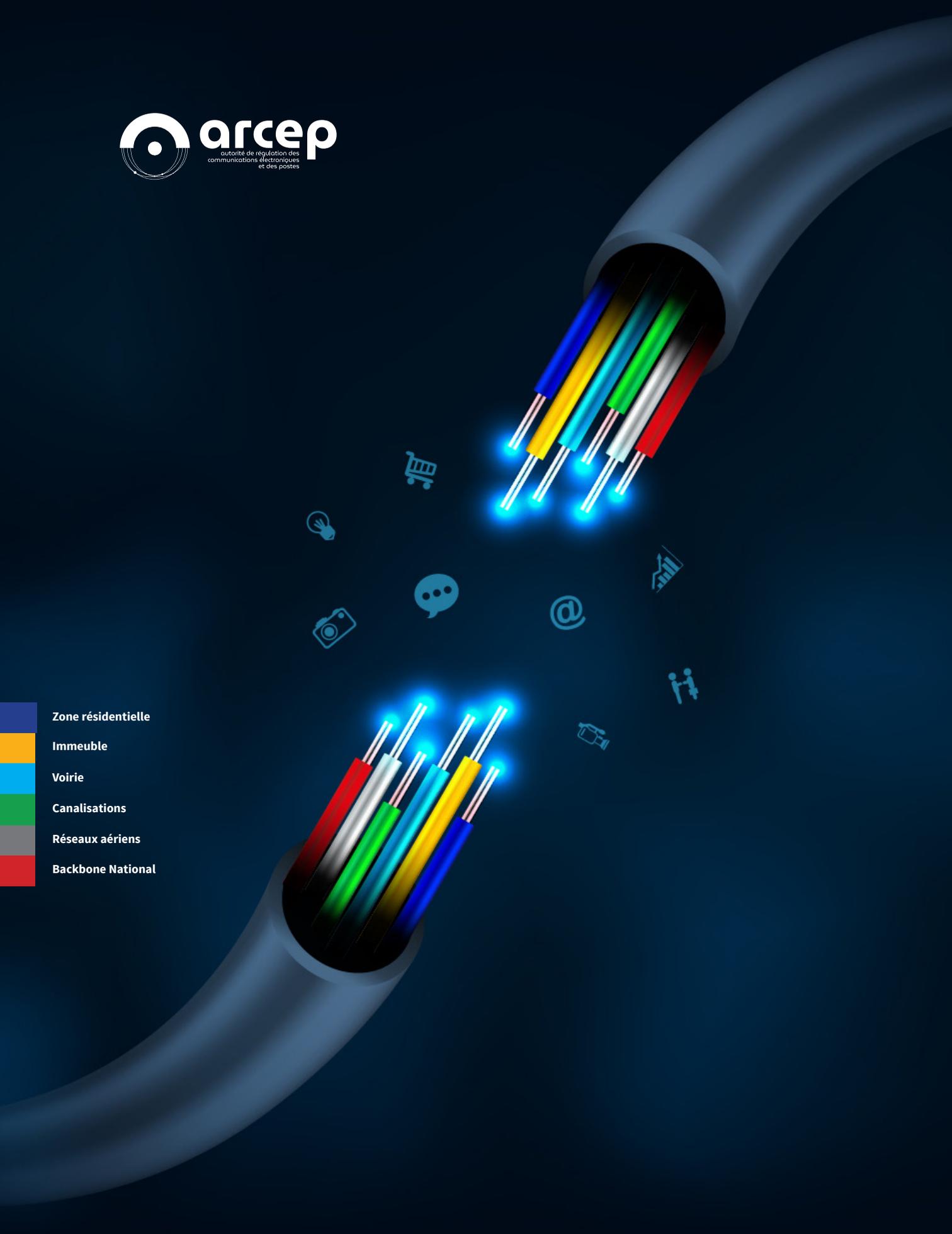
Le résultat des mesures de réflectométrie, pour toutes les fibres du câble, et pour chaque longueur d'onde retenue ;

Les mesures de PMD effectuées ;

Les photographies des connecteurs.



-  Zone résidentielle
-  Immeuble
-  Voirie
-  Canalisations
-  Réseaux aériens
-  Backbone National



# Annexes

## 10.1 ANNEXE 1 : CODE FOTAG IEEE 802.8

**CODES COULEURS FIBRES OPTIQUES**  
(CODE FOTAG IEEE 802.8)

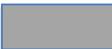
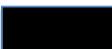
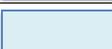
	Fibre 1	Bleu
	Fibre 2	Orange
	Fibre 3	Vert
	Fibre 4	Marron
	Fibre 5	Gris
	Fibre 6	Blanc
	Fibre 7	Rouge
	Fibre 8	Noir
	Fibre 9	Jaune
	Fibre 10	Violet
	Fibre 11	Rose
	Fibre 12	Turquoise

Figure 25 : Code FOTAG

## 10.2 ANNEXE 2 : TESTS DE MANDRINAGE

Ce calibre est constitué d'une tige L comportant un disque central plein qui est le gabarit de diamètre D et aux extrémités deux disques pleins de diamètre d.

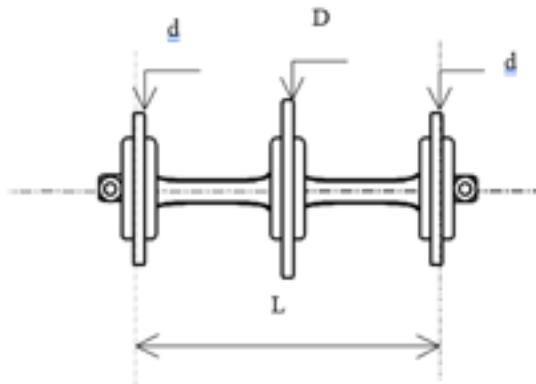
Le déplacement du calibre est assuré par un des procédés suivants :

- Il peut être propulsé à l'aide d'air comprimé, la pression maximale étant de 7 bars et le débit maximal de 3 500 litres par minute.

Dans cette hypothèse le mandrin peut être muni de jupes souples afin d'en assurer l'étanchéité et de faciliter la propulsion.

- Il peut être tracté à l'aide d'un filin ou poussé à l'aide d'aiguilles. L'effort maximal de traction ou de poussée étant de 100 daN.

Les valeurs de D, d et L sont indiquées dans le tableau ci-après le type de conduite utilisé.



Paramètre	Valeur
<b>D (mm)</b>	28
<b>d (mm)</b>	26
<b>L (mm)</b>	90

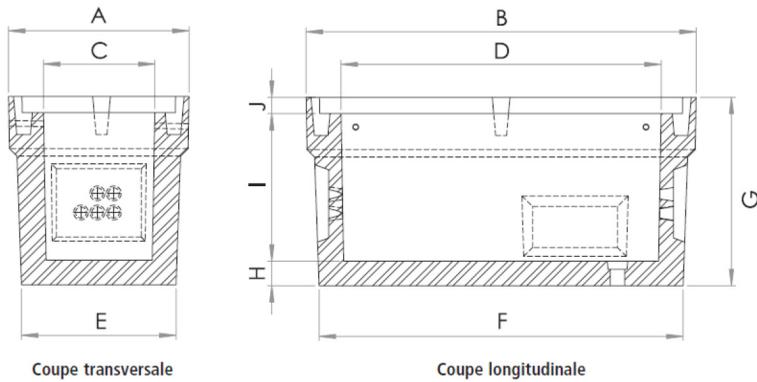
Figure 26 : Définition des paramètres du mandrin à utiliser pour les conduites prévues

La pression et le débit pour la propulsion du calibre doivent être régulés. Précautions à prendre pour le mandrinage :

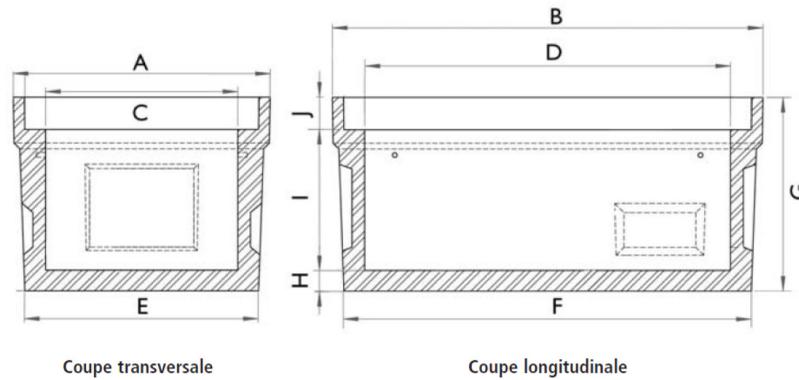
- L'extrémité de sortie doit être prolongée par un dispositif de récupération et d'amortissement du furet et du mandrin.
- Le personnel doit être écarté de l'extrémité de sortie du furet pour éviter tout accident.
- Toutes les dispositions d'ordre réglementaire concernant l'usage de l'air comprimé doivent être respectées.

## 10.3 CHAMBRES DE TIRAGE : DIMENSIONS ET CONSTRUCTIONS

### 10.3.1. Dimensionnement des chambres



	D I M E N S I O N S										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	POIDS (kg)
<b>L0T</b>	46	64	24	42	32	49	35	5	23,5	6,5	100
<b>L1T</b>	63,5	77,2	38	52	50	65	69	9	53,5	6,5	312
<b>L2T</b>	63,5	140	38	116	50	129	69	9	53,5	6,5	564
<b>L3T</b>	76	162	52	138	63	149	69	9	53,5	6,5	660
<b>L4T</b>	77,5	212,5	52	187	70,5	204,5	69	9	53,5	6,5	978
<sup>1/2</sup> <b>L4T</b>	76,2	112,6	52	88,5	63	101	69	9	53,5	6,5	464



D I M E N S I O N S											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	POIDS (kg)
<b>K1C</b>	108	108	75	75	87	87	84	9	61	14	760
<b>K2C</b>	108	183	75	150	93	168	84	9	61	14	1200
<b>K3C</b>	108	258	75	225	93	241,5	84	9	61	14	1560

Figure 27 : Dimension des chambres

### 10.3.2. Fabrication des chambres

**Si les chambres sont fabriquées par un des acteurs du projet, les points suivants sont à respecter scrupuleusement :**

Dimension (voir tableau ci-dessus) ;

Préouverture dans les masques ;

Treillis métallique ;

Fixation des câbles et BPE ;

Crochet de levage de la chambre ;

Chanfrein et cadre métallique pour les tampons des chambres ;

Charnières pour les tampons, le cas échéant ;

Béton avec dosage ciment à 350 Kg/m<sup>3</sup>.

### 10.3.3. Qualité du béton

Le processus à dérouler avant la construction des chambres est le suivant :

- Le titulaire indique à son laboratoire la qualité du ciment qu'il utilise, ainsi que des échantillons de sable et de graviers.
- Le laboratoire mesure la résistance du gravier et la qualité du sable et en déduit les dosages à réaliser en eau, sable et gravier, en fonction du dosage ciment prévu (350 Kg/m<sup>3</sup>).
- Le titulaire utilise strictement les matériaux indiqués et respecte le dosage.

Le contrôle du béton est possible à deux étapes :

- Pendant la construction :
  - Prévoir la réalisation d'éprouvettes en quantité suffisante.
  - Envoyer les éprouvettes au laboratoire pour des tests d'écrasement à 7, 14 et 28 jours de séchage.
  - Le laboratoire fournit les résultats des tests d'écrasement permettant de confirmer la qualité du béton.
- Après la construction :
  - Utiliser un scléromètre au-delà des 28 jours. Celui-ci doit relever une pression moyenne relevée sur les 4 côtés supérieure ou égale à 25 MPa.

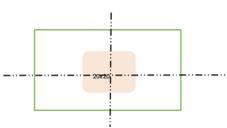
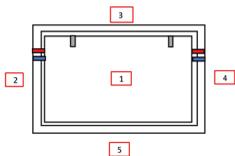
Relevé de mesures sclérométriques						CHL-GC-FO-02			
Chambre L3T et/ou caniveau chambre enterrée						Rev: B	27/10/2018		
Nom :		Signature :		Date :		Lieu de Fabrication :	N° de chambre :		
Nom :		Signature :		Date :					
<b>Résultat de l'essai de mesure au scléromètre</b>									
L'angle d'inclinaison de l'appareil est de 0° pour les pied-droits. L'angle d'inclinaison de l'appareil est de +90° pour le radier. Les valeurs de mesures relevées (N) sont consignées dans le tableau ci-dessous. Chaque pied-droit fait l'objet d'un point de mesure de 20cm x 20cm et 6 mesures sont effectuées pour chaque point.									
									
Radier 1		Petit Pied-droit 2		Grand Pied-droit 3		Petit Pied-droit 4		Grand Pied-droit 5	
Valeur de N	Moyenne N	Valeur de N	Moyenne N	Valeur de N	Moyenne N	Valeur de N	Moyenne N	Valeur de N	Moyenne N
N1		N1		N1		N1		N1	
N2		N2		N2		N2		N2	
N3		N3		N3		N3		N3	
N4		N4		N4		N4		N4	
N5		N5		N5		N5		N5	
N6		N6		N6		N6		N6	

Figure 28 : Exemple de procès-verbal de relevé de tests au scléromètre

### 10.3.4. Armature et coffrage L2T

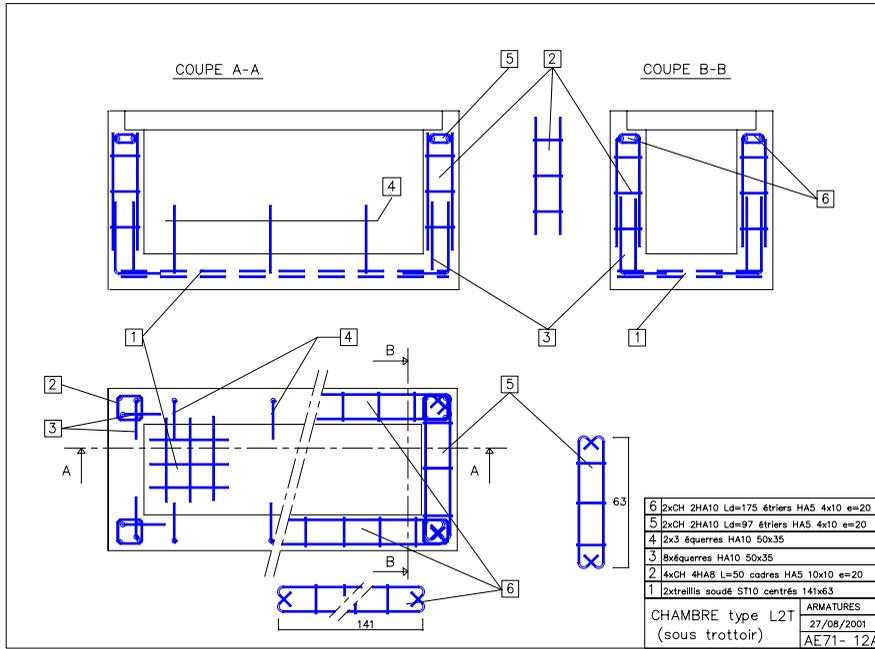


Figure 29 : Armature L2T

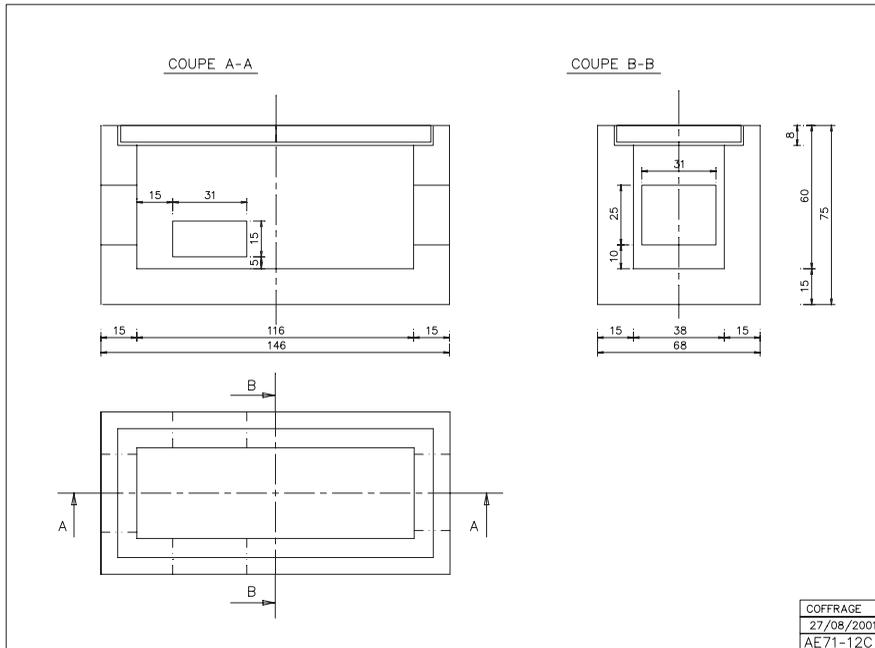


Figure 30 : Coffrage L2T

### 10.3.5. Armature et coffrage L3T

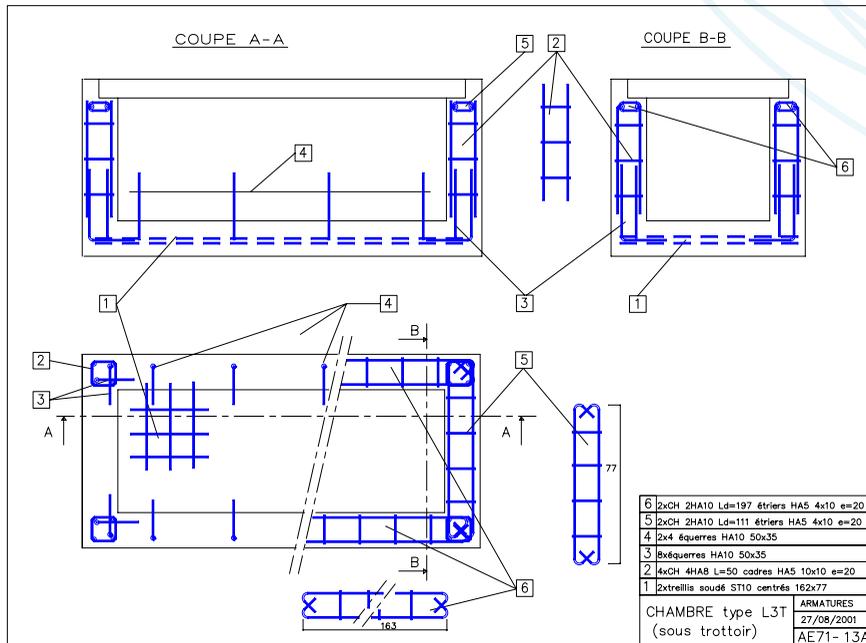


Figure 31 : Armature L3T

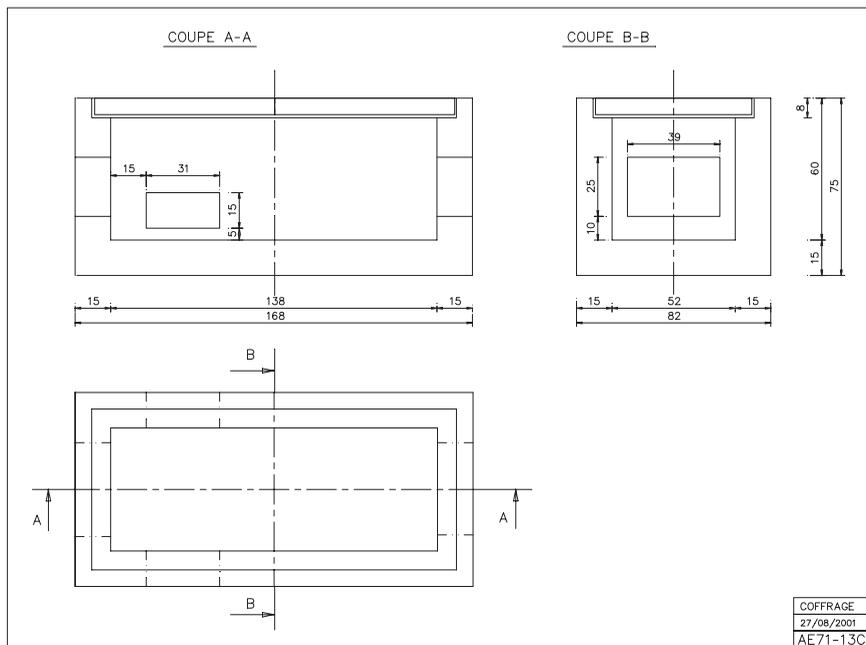


Figure 32 : Coffrage L3T

### 10.3.6. Armature et coffrage L5T

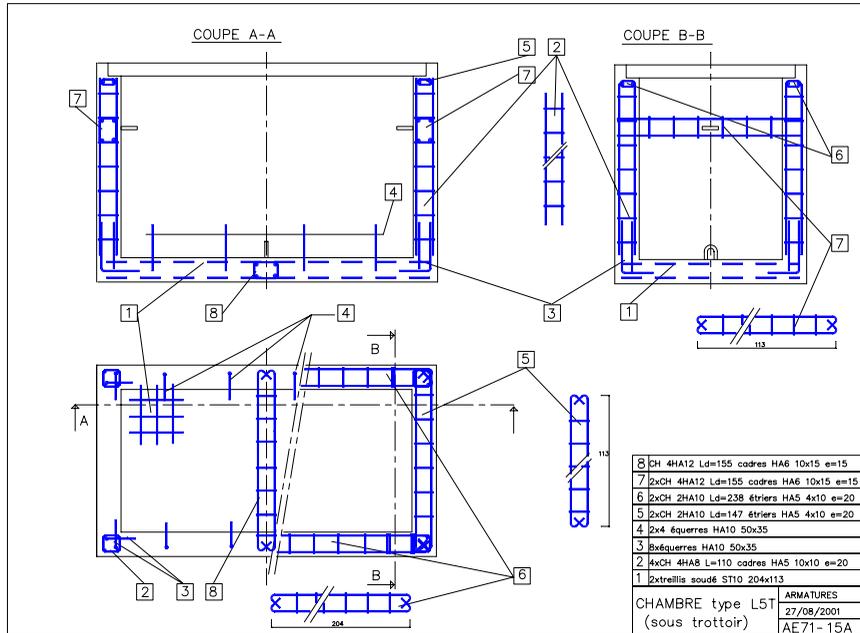


Figure 33 : Armature L5T

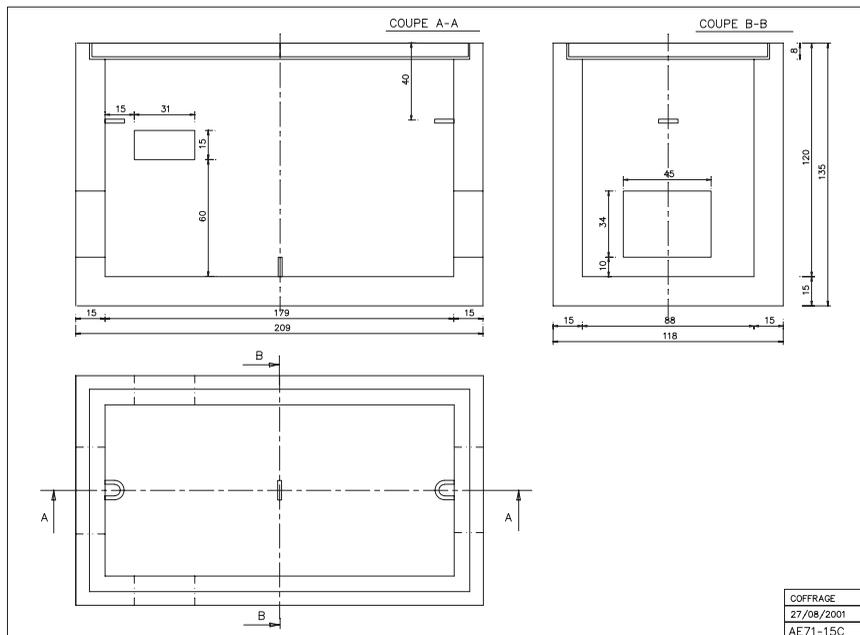


Figure 34 : Coffrage L5T

### 10.3.7. Armature et coffrage K2C

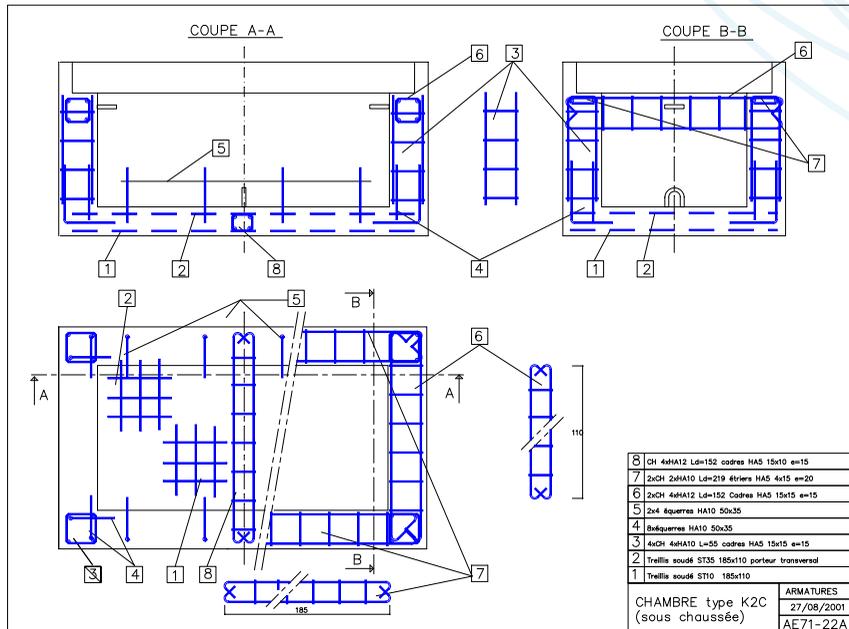


Figure 35 : Armature K2C

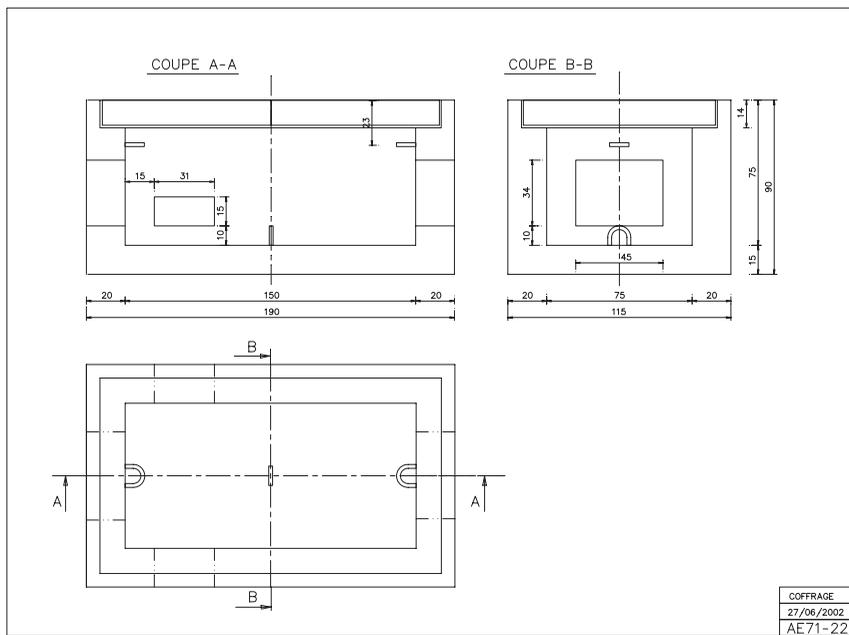


Figure 36 : Coffrage K2C

## 10.4 DESCRIPTION DU MODÈLE SIG : DÉFINITION DES ATTRIBUTS POUR CHAQUE COUCHE

### 10.4.1. Couche des câbles (t\_cable)

Nom court de l'attribut	Définition	Obligatoire / Facultatif	Liste de valeurs	TypeSQL
cb_code	Code unique du câble (clé primaire)	O		VARCHAR(254)
cb_avct	Attribut synthétisant l'avancement. Utile pour distinguer en phase d'étude ce qui est existant et à créer	O	E : EXISTANT C : A CREER T : TRAVAUX S : EN SERVICE H : HORS SERVICE A : ABANDONNE	VARCHAR(1)
cb_typ_imp	Type d'implantation	O	0 : AERIEN TELE-COM 1 : AERIEN BT 2 : AERIEN HTA 3 : FACADE 4 : IMMEUBLE 5 : PLEINE TERRE 6 : CANIVEAU 7 : GALERIE 8 : CONDUITE 9 : EGOUT 10 : SPECIFIQUE	VARCHAR(2)
cb_modulo	Nombre de fibres par tube (6, 8, 12)	O		INTEGER
cb_capafo	Capacité du câble (Nombre total de fibres présentes)	O		INTEGER
cb_altim	Profondeur (valeur négative) / hauteur (valeur positive)	O		FLOAT
cb_comment	Unité : en cm, précision 0.1m	O		VARCHAR(254)
cb_datemes	Date de réception	O		Date
cb_ebpamon	Identifiant du boîtier d'épissure amont	O		VARCHAR(254)
cb_ebpaval	Identifiant du boîtier d'épissure aval	O		VARCHAR(254)
geom	Description de la géométrie de type polyligne, projection locale (epsg 25231)	O		Geometry(Linestring,25231)

### 10.4.2. Couche pour les infrastructures (t\_cheminement)

Nom court de l'attribut	Définition	Obligatoire / Facultatif	Liste de valeurs	TypeSQL
cm_code	Code du cheminement (clé primaire)	O		VARCHAR(254)
cm_avct	Attribut synthétisant l'avancement Utile pour distinguer en phase d'étude ce qui est existant et à créer	O	E : EXISTANT C : A CREER T : TRAVAUX S : EN SERVICE H : HORS SERVICE A : ABANDONNE	VARCHAR(1)
cm_capafx	Nombre de fourreaux existants	O si GC		INTEGER
cm_fx_disp	Nombre de fourreaux disponibles	O si GC		INTEGER
cm_altim	Profondeur (valeur négative) / hauteur (valeur positive) Unité : en cm, précision 0.1m	O		FLOAT
cm_compo	Composition du cheminement en nombre de fourreaux et diamètre (exemple : 1xD45+3xD60+1xD90)	O si GC		VARCHAR(254)
cm_typ_imp	Type d'implantation	O	0 : AERIEN TELE-COM 1 : AERIEN BT 2 : AERIEN HTA 3 : FACADE 4 : IMMEUBLE 5 : PLEINE TERRE 6 : CANIVEAU 7 : GALERIE 8 : CONDUITE 9 : EGOUT 10 : SPECIFIQUE	VARCHAR(2)
cm_comment	Commentaire	F		VARCHAR(254)
cm_datemes	Date de réception	O		Date
cm_ptecham	Identifiant du boîtier d'épissure amont	O		VARCHAR(254)
cm_ptechav	Identifiant du boîtier d'épissure aval	O		VARCHAR(254)
geom	Description de la géométrie de type polyligne, projection locale (epsg 25231)	O		Geometry(Linestring,25231)

### 10.4.3. Couche des BPE (t\_ebp)

Nom court de l'attribut	Définition	Obligatoire / Facultatif	Liste de valeurs	TypeSQL
bp_code	Code unique du boîtier de protection d'épissure (clé primaire)	O		VARCHAR(254)
bp_avct	Attribut synthétisant l'avancement. Utile pour distinguer en phase d'étude ce qui est existant et à créer	O	E : EXISTANT C : A CREER T : TRAVAUX S : EN SERVICE H : HORS SERVICE A : ABANDONNE	INTEGER
bp_ref	Référence technique du boîtier (marque, modèle)	O		INTEGER
bp_capa	Capacité (nombre d'épissures possibles) du boîtier	O		VARCHAR(254)
bp_typelog	Type logique du boîtier de protection d'épissure	O	BPE : BOITIER PROTECTION EPISSURE BPI : BOITIER PIED IMMEUBLE PTO : POINT DE TERMINAISON OPTIQUE PBO : POINT DE BRANCHEMENT OPTIQUE DTI : DISPOSITIF DE TERMINAISON INTERIEUR OPTIQUE	VARCHAR(2)
bp_comment	Commentaire	O		VARCHAR(254)
bp_datemes	Date de réception	O		Date
geom	Description de la géométrie de type point, projection locale (epsg 25231)	O		Geometry (Line-tring,25231)

#### 10.4.4. Couche des points techniques (t\_ptech)

Nom court de l'attribut	Définition	Obligatoire / Facultatif	Liste de valeurs	TypeSQL
pt_code	Code unique de la chambre télécommunications (clé primaire)	O		VARCHAR(254)
pt_avct	Attribut synthétisant l'avancement. Utile pour distinguer en phase d'étude ce qui est existant et à créer.	O	E : EXISTANT C : A CREER T : TRAVAUX S : EN SERVICE H : HORS SERVICE A : ABANDONNE	VARCHAR(1)
pt_nature	Référence technique du boîtier (marque, modèle)	O	A : APPARENTE E : ENTERREE	VARCHAR(20)
pt_phy	Capacité (nombre d'épissures possibles) du boîtier	O	A : APPUI C : CHAMBRE F : ANCRAGE FA-CADE I : IMMEUBLE Z : AUTRE	VARCHAR(20)
pt_type	Type logique du boîtier de protection d'épissure	O	K1C : CHAMBRE K1C K1CR : CHAMBRE K1C REHAUSSEE K1T : CHAMBRE K1T K2C : CHAMBRE K2C K2CR : CHAMBRE K2C REHAUSSEE K2T : CHAMBRE K2T K3C : CHAMBRE K3C K3CR : CHAMBRE K3C REHAUSSEE K3T : CHAMBRE K3T L0T : CHAMBRE L0T L0TR : CHAMBRE L0T REHAUSSEE L1C : CHAMBRE L1C L1T : CHAMBRE L1T L1TR : CHAMBRE L1T REHAUSSEE L2C : CHAMBRE L2C L2T : CHAMBRE L2T L2TR : CHAMBRE L2T REHAUSSEE	VARCHAR(20)

Nom court de l'attribut	Définition	Obligatoire / Facultatif	Liste de valeurs	TypeSQL
pt_type	Type logique du boîtier de protection d'épissure	0	L3C : CHAMBRE L3C L3T : CHAMBRE L3T L3TR : CHAMBRE L3T REHAUSSEE L4C : CHAMBRE L4C L4T : CHAMBRE L4T L4TR : CHAMBRE L4T REHAUSSEE L5C : CHAMBRE L5C L5T : CHAMBRE L5T L5TR : CHAMBRE L5T REHAUSSEE L6T : CHAMBRE L6T L6TR : CHAMBRE L6T REHAUSSEE PBOI : POTEAU BOIS PBET : POTEAU BETON PMET : POTEAU METAL PIND : POTEAU INDETERMINE POTL : POTELET BOU : BOUCHON REG : REGARD 30X30 BAL : BALCON CRO : CROCHET FAI : FAITIERE STR : SOUTERRAIN SSO : SOUS-SOL TRA : TRAVERSE Y : SITE MANCHON-NAGE Y IND : INDETERMINE	VARCHAR(20)
pt_prof	Profondeur (valeur négative) Unité : en cm, précision 0.1m	0		FLOAT
pt_comment	Commentaire	0		VARCHAR(254)
pt_datemes	Date de réception	0		Date
geom	Description de la géométrie de type point, projection locale (epsg 25231)	0		Geometry (Line-tring,25231)

#### 10.4.5. Couche des sites du réseau (t\_site)

Nom court de l'attribut	Définition	Obligatoire / Facultatif	Liste de valeurs	TypeSQL
st_code	Code du cheminement (clé primaire).	O		VARCHAR(254)
st_avct	Attribut synthétisant l'avancement. Utile pour distinguer en phase d'étude ce qui est existant et à créer	O	E : EXISTANT C : A CREER T : TRAVAUX S : EN SERVICE H : HORS SERVICE A : ABANDONNE	VARCHAR(1)
st_comment	Commentaire	F		VARCHAR(254)
st_typephy	Type physique du site (shelter, armoire de rue, bâti...etc.).	O	ADR : ARMOIRE DE RUE BAT : BATIMENT CHV : CHAMBRE VISITABLE COF : COFFRET SHE : SHELTER STR : CONSTRUCTION SOUTERRAINE	VARCHAR(3)
st_alim	Alimentation électrique	O	ELEC : Réseau électrique SOLA : Solaire GROU : Groupe électrogène ELEC/GROU : Réseau électrique + secours groupe électrogène ELEC/SOLA : Réseau électrique + secours solaire ELEC/GROU/SOLA : Réseau électrique + secours groupe électrogène+ secours solaire	VARCHAR(20)
st_capamc	Superficie du site technique (m <sup>2</sup> )	O		FLOAT

Nom court de l'attribut	Définition	Obligatoire / Facultatif	Liste de valeurs	TypeSQL
st_mc_disp	Superficie disponible dans le site technique (m <sup>2</sup> )	O		FLOAT
st_datemes	Date de mise en service	O		Date
st_tiropti	Identifiant tiroir optique	O		VARCHAR(254)
geom	Description de la géométrie de type point, projection locale (epsg 20137)	O		Geometry (Line-tring,25231)

#### 10.4.6. Couche des raccordements des sites utilisateurs finaux (t\_racco)

Nom court de l'attribut	Définition	Obligatoire / Facultatif	Liste de valeurs	TypeSQL
rc_code	Code unique du racco (clé primaire)	O		VAR-CHAR(254)
rc_avct	Attribut synthétisant l'avancement. Utile pour distinguer en phase d'étude ce qui est existant et à créer	O	E : EXISTANT C : A CREER T : TRAVAUX A : ABANDONNE	VARCHAR(1)
rc_comment	Commentaire	F		VAR-CHAR(254)
rc_bat	Bâtiment à raccorder	F	P : PAVILLON I : IMMEUBLE	VARCHAR(1)
rc_type	Type du site utilisateur final	O	R : RESIDENTIEL P : PROFESSIONNEL O : OPERATEUR T : TECHNIQUE	VARCHAR(2)
rc_suf	Etat de raccordement du site utilisateur final	O	AB : ABONNE RA : RACCORDE RB : RACCORDABLE RD : RACCORDABLE SUR DEMANDE EL : ELIGIBLE EM : ELIGIBLE MUTUALISE PR : PROGRAMME	VAR-CHAR(20)

Nom court de l'attribut	Définition	Obligatoire / Facultatif	Liste de valeurs		TypeSQL
rc_capa	Nombre de prises prévues	0	Nombre de prises résidentielles	Nombre de prises résidentielles	FLOAT
rc_adresse	Localisation (adresse, commune, quartier, rue, etc.)	0			VARCHAR(254)
rc_adduc	Type d'adduction	0	0 : AERIEN TELECOM 1 : AERIEN BT 2 : AERIEN HTA 3 : FACADE 4 : IMMEUBLE 5 : PLEINE TERRE 6 : CANIVEAU 7 : GALERIE 8 : CONDUITE 9 : EGOUT 10 : SPECIFIQUE		VARCHAR(254)
Geom	Description de la géométrie de type point, projection locale (epsg 25231)	0			Geometry (Point3D,25231)



# **Guide de préconisations**

**POSE D'INFRASTRUCTURES  
FIBRES OPTIQUES**

Édition – Août 2022

©Copyright ARCEP TOGO



