

Dans ce chapitre nous allons voir :

- ✚ Déploiement passive : qui constitue le déploiement de la fibre optique dans la zone Joal et Thiadiaye conformément à Etude et la conception effectuée au préalable.
- ✚ Déploiement active : qui constitue l'activation de la technologie UMTS et LTE dans la zone Joal et Thiadiaye (cas de la BTS Joal 1).

#### **4.1 -Déploiement du réseau backbone Joal et Thiadiaye**

##### **4.1.1 -Précaution et Sécurité des Ouvriers**

Le positionnement de tous les dispositifs avertisseurs devra se faire avant le début des travaux. Le retrait des dispositifs d'avertissement ne se fera qu'à l'achèvement complet des travaux du lieu sécurisé. En cas de travaux durant les heures d'obscurité, les lieux de travaux devront faire l'objet d'un éclairage réalisé à l'aide de projecteurs suffisamment puissants et des dispositifs d'avertissement supplémentaires sont exigés. Chaque ouvrier exerçant tout travail devra être muni des EPI (Équipement de Protection Individuelle). Il s'agira des travaux de :

- Fouille,
- Soudure,
- Tirage,
- Gros œuvre.

Ci-dessous les équipements de protection individuelle qui équiperont toutes les personnes présentes sur le chantier :

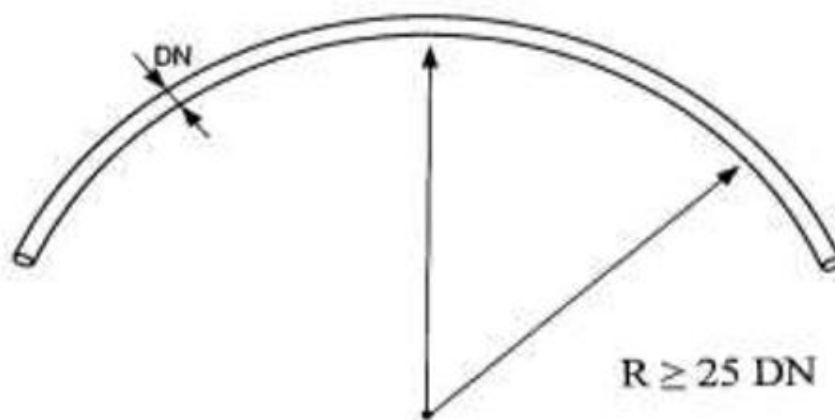
- La chaussure de sécurité,
- Le casque,
- Les gants,
- La chasuble,
- Les lunettes de soudure
- Trousse de premier secours

## 4.1.2 -Ouvrage à réaliser

### 4.1.2.1 -Pose des conduite (0+1 PEHD)

Il est construit par pose manuelle (possibilité de faire par pose mécanique) une conduite d'un tuyau PEHD de diamètre intérieur de 32mm et diamètre extérieure de 40mm d'épaisseur 4,6 mm de type PE100 PN16, capable de supporter une pression de 16bar pour une pose en soufflage ou portage, sur lit de sable, à une profondeur nominale de 1,20m.

Le rayon de courbure (R) des tubes PEHD doit être supérieur ou égal à 25 DN (DN = diamètre nominal).



Les passages de certains points particuliers : traversées de route à tranchée ouverte, les tuyaux sont protégés par du béton à 150kg/m<sup>3</sup> et exceptionnellement par un tuyau acier.

Pour les traversées de route à fort trafic et les traversées de chemins de fer, la pose d'un tuyau de 200mm se fera par fonçage de préférence.

A la fin des opérations, il sera procédé à une remise en état des surfaces et à l'évacuation de tous les surplus de matériaux conformément au protocole d'accord en vigueur entre Sonatel et Ageroute.

La réfection des extrémités des routes après fonçage ne se fait pas enrobage (dosage 150 kg/m<sup>3</sup> sur 1m de part et d'autre de la route).

Les tranchées seront compactées et un grillage avertisseur vert sera posé à mi-tranchée, il est destiné à signaler la présence des ouvrages de l'opérateur dans le sol (tubes et câbles) en cas de travaux.

## **Grillage avertisseur**

Le grillage avertisseur est une bande plastique imputrescible, de couleur et placée à 30 cm au-dessus de la multitubulaire. Cette bande permet, lors de travaux au voisinage de l'infrastructure, de prévenir de la présence des équipements. Pour les infrastructures de génie civil dédiées aux télécoms, la norme « NF EN 12613 » impose une bande de couleur verte autrement dit Il doit être conforme à la norme NF EN 12613 et posé à mi tranchée au-dessus de la conduite. Il est installé sur toute la largeur et toute la longueur de l'ouvrage avec un recouvrement suffisant des différents éléments sauf passage de pont par encorbellement ou passage de routes par fonçage. Sonatel a dorénavant opté pour un grillage perforé dense de largeur 30cm.

### **4.1.2.3 – Tracé et Implantation**

Ils sont effectués à partir des plans de conception et d'un GPS (si nécessaire). Le tracé sera piqueté physiquement sur le terrain.

Sont marqués :

- La largeur de piste à ouvrir,
- Les points particuliers (fonçages, forages, croisements, position des caniveaux et chambres de type K2C, encorbellements, etc.).

### **4.1.2.4 – Traitement des zones particuliers**

Le mode de traitement des zones spécifiques a été déterminé avec précision lors de la phase des études détaillées. Il dépend essentiellement de la nature de la zone à traiter et de sa longueur. Dans les paragraphes suivants nous détaillons les modes de pose en zones particulières mis en œuvre dans la zone.

## Passage de ponts, zones inondables, traversées de rivières, de rizières

Pour franchir les rivières (avec pont), la technique dite d'encorbellement sur le pont pourra être mise en œuvre s'il n'existe pas de passage technique prévu sur l'ouvrage. Elle consiste à tirer le câble dans un tube d'acier de 150 mm préalablement sous-tubé avec trois tuyaux PEHD. Le tube d'acier est fixé sur l'ouvrage au moyen de supports galvanisés fixés par des chevilles.

Il faut obtenir une autorisation de perçage des éléments béton constituant le pont (A cet effet, Camusat s'est appuyé sur le protocole d'accord en vigueur entre Sonatel et Ageroute).

A la sortie de l'ouvrage traversé, une canalisation enrobée (Dosage 200 kg/m<sup>3</sup>) béton de la même capacité que celle posée dans le tube sera construite jusqu'à la jonction de chacune des chambres de chaque côté de l'ouvrage.

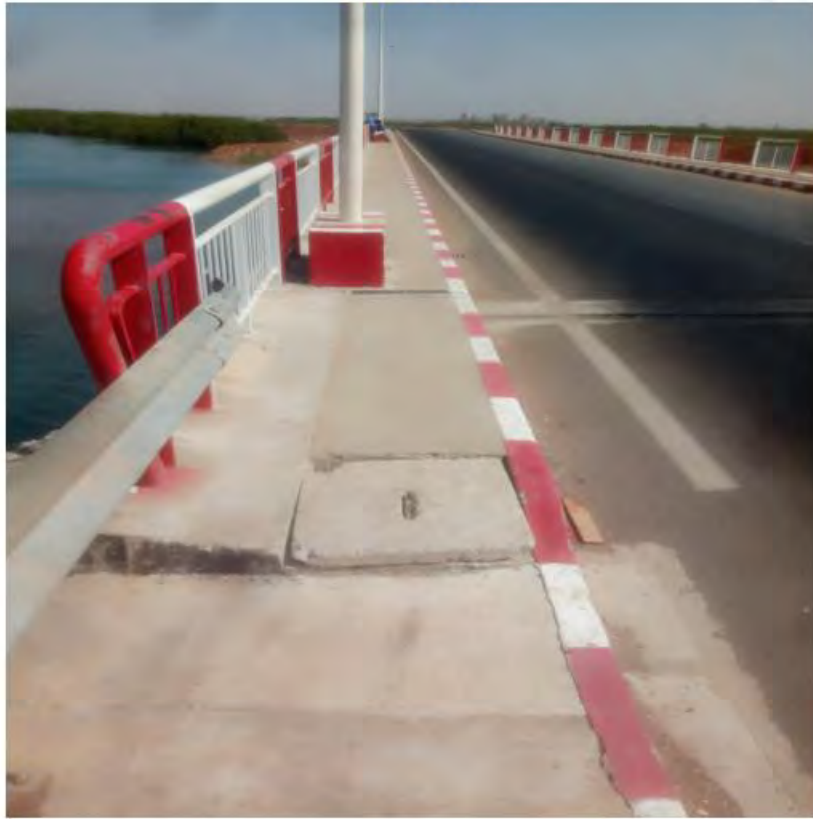
En règle générale, il est interdit de percer des dalles en béton précontraint. Cela oblige à créer des fixations indépendantes du tablier du pont. On établit dans ce cas une suspension caténaire portée par les parties fixes du pont ou par des massifs ou pylônes indépendants.

Lorsque la fixation peut être portée par le tablier du pont, elle doit être suffisamment élastique pour laisser libre le mouvement du tablier et pour diminuer l'effet des vibrations (surtout en cas de pont métallique). Il ne faut en aucun cas rendre solidaire le tablier et les parties fixes du pont.

Dans les zones fluviales inondables voire certaines traversées de rivières et rizières, il sera procédé à la pose en sur-profondeur de 1,60m sous le lit de la nappe de la rivière dans un tuyau PEHD. Des blocs de béton en U seront disposés tous les 1m. Un grillage avertisseur sera posé à mi- profondeur.

**Exemple du pont du site de Fadiat :** Possibilité de traversée sous fourreaux avec autorisation de l'Ageroute

## Présentation du pont L:80m



## Présentation regard existant A



Présence 3 Fourreaux  
existant dispo

Regard A



## Présentation regard existant B

Présence 3 Fourreaux  
existant dispo

Regard B



### + Traversée de routes

La traversée des routes à tranchée ouverte sera réalisée en conduite bétonnée (béton à 150kg/m<sup>3</sup>) à une profondeur de 1,60 m.

La réfection des différentes couches sera ensuite réalisée avec le compactage (permet de vérifier que la tranchée à bien été remblayée et il sera opéré de la même manière pour tous les types de tranchées réalisées en manuel ou en pose mécanisée) adéquat pour éviter les affaissements.

Une méthode alternative pourra être proposée pour les traversées de route à fort trafic et les traversées de chemins de fer, elle consiste dans la pose d'un tuyau de 200mm par fonçage sous chaussée.

### + Traitement des zones rocheuses

Le traitement est différencié en fonction de la profondeur à laquelle est rencontrée la roche.

- Si la roche est rencontrée à une profondeur en-dessous de 0,80m, les tuyaux PEHD sont directement posés sur lit de sable sur la surface rocheuse.
- Si la roche est rencontrée à une profondeur inférieure à 0,60m, les conduites PEHD seront protégés par du béton.

- Si la roche est rencontrée entre 0,60m et 0,80m, un traitement de la roche est demandé avec pose des tuyaux PEHD entre 0,80m et 1m sans enrobement.

Les règles sont détaillées ci-après et illustrées dans le schéma plus loin :

- Zone rocheuse rencontrée à la surface : Traitement de la roche sur 50 cm, pose du PEHD et enrobement
- Zone rocheuse rencontrée entre 0 cm et 60 cm : Traitement de la roche au maximum sur 50cm, pose du PEHD et enrobement
- Zone rocheuse rencontrée entre 60 cm et 1 m : Traitement de la roche au maximum sur 40 cm, pose du PEHD sans enrobement
- Zone rocheuse rencontrée au-delà de 1 m : Pas de traitement, pose du PEHD sans enrobement.

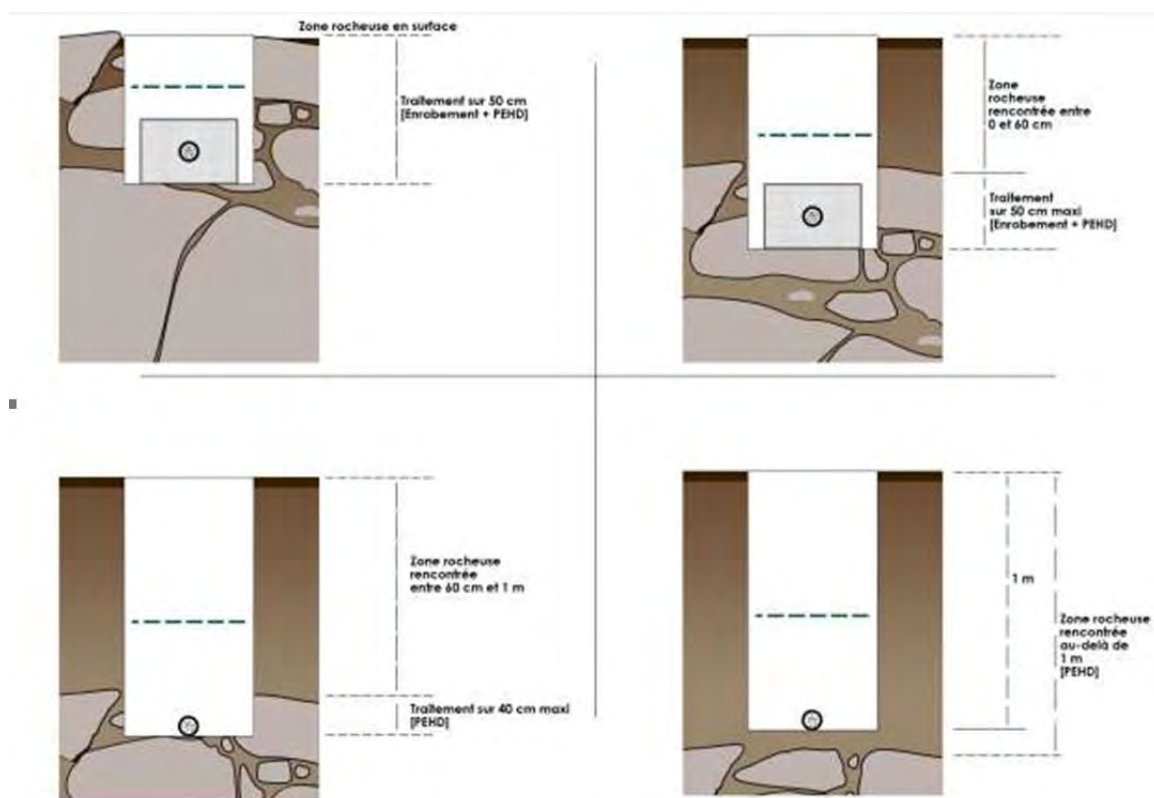


Figure 39: TRAITEMENT DES ZONES ROCHEUSES

### 4.1.3 -Construction des chambres

Les chambres sont des ouvrages souterrains type Trottoir (T) (L3T) ou Chaussée (C) (K2C) destinées à permettre le tirage, la division et le raccordement des câbles. Les chambres peuvent être entièrement



découvrables, mi-plafonnées, ou plafonnées. L'accès des Chambres plafonnées est axial, latéral ou déporté sur trottoir.

Les chambres sont en principe parallélépipédiques ; elles possèdent un ou plusieurs panneaux de soudure. Selon l'implantation, trottoir ou chaussée, les chambres de tirage ou d'épissures seront adaptées en conséquence et de type au standard K2C. Les cadres et tampons sont conformes à la norme NF P98 050-2 « Dispositifs de fermeture (cadres et tampons) d'ouvrages souterrains de télécommunications pour les zones de circulation utilisées par les piétons et les véhicules ».

Ces chambres doivent être verrouillées. Elles sont généralement espacées de 400 m en zone urbaine, d'environ 2 km en zone rurale (cas de notre projet). Une chambre sera également construite à chaque fort changement de direction (cas des sites de déports).

#### 4.1.3.1 – Composition et Types de chambres

Dans une infrastructure génie civil dédiée aux télécoms, une chambre de tirage est composée des sous-ensembles suivants :

- D'une ossature en béton armé correspondant à la chambre proprement dite,
- D'un cadre en acier,
- D'un ou plusieurs tampons.



Figure 40 : STRUCTURE D'UNE CHAMBRE DE TIRAGE [W12]



Chaque chambre possède :

- Des masques permettant la pénétration de la multitubulaire (des fourreaux, micro-conduites),
- Un puisard (cône en partie basse) pour l'évacuation des eaux de pluie et d'infiltration,
- Des accessoires complémentaires éventuels (support équerre de câbles, poteau support de câbles, crosse de descente, échelons de descente, anneau de tirage scellé ou vissé en fond de chambre ou sur paroi, etc.).

Les chambres sont de type K2C, standard ayant des caractéristiques (forme et dimensions définies) conformes aux plans de référence (CCTP 1593 : fascicule L03012 - Travaux de Génie Civil - Plans de Chambres). Elles doivent être conformes à la norme NF P 98 050 -1 « Chambres de Télécommunications » et être admises à la marque NF.

Dans une chambre nous avons un nombre maximum de manchons et de protection d'épissures Optique (PEO) à respecter, voir le tableau ci-dessous :

Caractéristiques des Chambres				Nb Protections d'Épissure maxi selon les règles					Longueur maxi par Câble Optique en présence de manchon ou PEO
Type de Chambre	Longueur Int. (L, M, K, P)	Largeur Int. (L, M, K, P)	Hauteur Int.(L, M, K, P)	Manchon	Manchon	PEO	PEO	PEO	
K2C	1500	750	750	4	4	2	1	0	5
Caniveau	1500	700	450						

Figure 41: LES TYPES DE CHAMBRES

A noter que le terme « Protection d'épissure » désigne indifféremment un Manchon ou une Protection d'épissure optique (PEO). Les Manchons désignent des Protections d'épissures à câblage fixe (sans coupleur), de taille réduite et Les PEO désignent des Protections d'épissure de taille supérieure pouvant éventuellement héberger des coupleurs.

#### 4.1.3.2 – Remblaye et Compactage

**Le remblai** est fait par les matériaux extraits, ceux-ci sont tamisés (ou pourront être apportés d'une carrière locale) et sont approuvés par le Maître d'Ouvrage et est fait manuellement (ou mécaniquement celui-ci dépendra des conditions locales et des disponibilités locales d'équipements). Les grandes masses

de terre compacte ou les morceaux de roche ne doivent pas être mis dans le bas de la tranchée car ils peuvent endommager la conduite posée. Une tranchée remplie de matière tamisée sera compactée plus aisément au contraire d'une tranchée remplie de matière grossière ou rocheuse.

Les tranchées aux abords et l'entourage des chambres de tirage devront être remblayés aussitôt que possible afin d'éviter des affaissements de la zone environnante. En propriété privée un cordon de terre sera laissé sur le dessus de la tranchée dans le but de prévoir de futurs aménagements de la part du propriétaire. Si la tranchée se trouve située le long d'une route avec allée piétonnière en terre ou dans tout endroit piétonnier réalisé en terre battue, le remblai devra se faire par couches successives de 20 à 25cm compactées mécaniquement. Tous les trottoirs bétonnés ou bitumés et allées piétonnières devront être réfectionnés en tenant compte des recommandations des Autorités Locales.

**Le contrôle du compactage** permet de vérifier que la tranchée a bien été remblayée et il sera opéré de la même manière pour tous les types de tranchées réalisées en manuel (ou en pose mécanisée).

La stabilité de sol et la prévention d'affaissement de la tranchée dépendent des méthodes utilisées lors du remblai. Celui-ci peut être fait par des machines ou à la main, selon des conditions locales et l'équipement disponible. Le compactage est la méthode le plus largement utilisée et la plus efficace pour un bon tassement des sols. La méthode suivante en remblaiement de tranchée ouverte devra être scrupuleusement respectée :

Placez le remblai primaire dans la tranchée des deux côtés de la conduite et sur une hauteur de 20 à 25 cm au-dessus du ou des tuyaux. Ce remblai devra être fait de matière fine type sable de rivière, la taille des grains ne devra pas dépasser 5mm. Cette première couche devra être bien compactée pour éviter des vides autour de la conduite. Le reste du remblai devrait être compacté par couches de 20 à 30 cm. Dans la plupart des opérations de compactage, deux passes minimums sur chaque couche assureront une bonne stabilité du sol. Le compactage devra être réalisé avec soin afin d'éviter d'endommager la conduite. Le compactage mécanique fournit en général une meilleure qualité de travail que le compactage manuel et peut-être accompli par différents types de compacteurs.

#### **4.1.4 -Pose et raccordement des câbles fibres optique**

Les équipes de pose/tirage interviennent après exécution des travaux de génie civil. Les équipes de raccordement réalisent cette opération à chaque épissure et tête de câble, puis elles font une mesure de réflectométrie aux deux longueurs d'onde usuelles (1310 et 1550 nm) de toutes les sections. Une section va de tête de câble à tête de câble.

Le tirage des câbles est réalisé selon le CCTP 1596 Fascicule M qui concernent les fibres uni-modales.

#### 4.1.4.1- Mode de pose

Les techniques principales suivantes sont utilisées pour le déroulage d'un câble en fourreau :

- Un tirage manuel en tête de câble est autorisé à raison d'un seul agent pour les câbles intérieurs, de deux agents au plus pour tous les autres câbles.
- Utilisation d'un treuil, muni d'un système enregistrant en permanence la force de traction, limitant celle-ci à une valeur de traction spécifiée pour le câble.

Il sera laissé un mou de câble de 15m (lovage en 8) de part et d'autre de chaque joint. Le supplément sera fixé dans les chambres en respectant les rayons de courbure.

Ces loves ont pour fonction :

- De constituer une réserve de câble permettant de refaire éventuellement l'épissure sans avoir à retirer une longueur,
- De réaliser l'épissure à l'extérieur de la chambre ; cette condition est imposée par la méthode de raccordement par soudure de la fibre.

Les loves sont fixés sur les panneaux de soudure ou au plafond des chambres pour l'auto-protéger.

Le nouveau câble et les boîtes d'épissures ne devront pas gêner la pose d'autres câbles.

#### 4.1.4.2 - Spécifications pour le raccordement - Position des fibres dans les ODF et Cable FO G652D

Les boîtes de raccordement devront être livrées avec toutes les accessoires de fixation nécessaires. Le raccordement des fibres se fera exclusivement par fusion. Les épissures des fibres seront protégées dans des boîtes de protection d'épissures étanches répondant aux normes.

Quels que soient les modes de rangement et de protection des fibres, le rayon de courbure doit toujours être supérieur ou égal à 30 millimètres. La fermeture de la boîte de protection d'épissure et le contrôle de l'étanchéité sont réalisés selon les prescriptions du constructeur.

Dans les bâtiments, le câble arrivera dans un boîtier d'éclatement fixé sur le châssis, bâti ou ferme, les groupes de fibres sous gaine seront dispatchées sur des ODF et rangées dans des cassettes de lovage. Elles seront terminées de pigtails avec connecteur de type SC/PC.

Un câble 36 FO G652D monomode pour pose en conduite armé mèches de verres à structure micromodules, est défini pour répondre aux besoins de câblage des infrastructures de Sonatel. Il a été utilisé pour le réseau Joal -Thiadiaye.

De structure robuste et de faible encombrement, ces câbles sont dimensionnés pour une installation en conduite enterrée ou en conduites multiples, au moyen des techniques de pose par tirage, par soufflage à l'air, ou encore par portage à l'eau. Sans composant métallique, le renforcement est assuré par des mèches de verre et deux renforts rigides noyés dans la gaine. Ils bénéficient d'une gaine extérieure en polyéthylène Haute Densité (PEHD) à faible coefficient de frottement pour un meilleur glissement dans la conduite.

#### **4.1.5 - Pose en conduite du câble fibres optiques monomodes (uni-modales)**

##### **4.1.5.1 - Obturation des tuyaux après tirage des câbles**

Il est primordial de refermer les fourreaux dès la fin de la mise en place du câble de façon à éviter la pénétration de rongeurs. Pour ce faire, il y a lieu d'utiliser les capuchons servant à obturer les tuyaux avant le tirage d'un câble.

Il suffit de les fendre sur la longueur et de découper sur le fond un cercle le plus proche possible du diamètre du câble.

##### **4.1.5.2 - Mode opératoire de raccordement en ligne courante**

Le mode opératoire de raccordement d'un câble à fibres optiques en ligne courante comporte plusieurs phases, à savoir :

- Mise en place des câbles dans les chambres ou caniveaux
- Préparation des câbles
- Repérage des fibres optiques
- Mise en place des fibres dans les cassettes
- Soudure des fibres optiques,
- Mise en place et rétreint du "SMOUV"
- Rangement des fibres dans les cassettes
- Fermeture de la protection d'épissure

La connectique des têtes de câble 36 FO est en SC/PC.

##### **4.1.5.3 - Mode opératoire de raccordement en extrémité**

Le mode opératoire de raccordement, en extrémité de liaison, d'un câble à fibres optiques, comporte

plusieurs phases, à savoir :

- Préparation des câbles,
- Mise en place de la gaine et des fibres dans la cassette,
- Raccordement des fibres en cassette par fusion
- Rangement des fibres dans la cassette,
- Fermeture et mise en place de la tête de câble dans la baie ou le coffret

#### **4.1.6 -Mesures et qualification de la fibre optique unimodale**

##### **4.1.6.1- Mesures de contrôle après raccordement**

A la fin des travaux de raccordement et de montage de connecteurs en extrémité, l'équipe de contrôle qualité de CAMUSAT s'est assurée par un contrôle technique de la conformité des résultats obtenus pour les câbles réseaux, les câbles intérieurs, les câbles à jarretières, les épissures et les connecteurs.

##### **4.1.6.2 - Spécification pour les mesures**

Pour chaque section de câbles posés et raccordés, une mesure qualitative de toutes les fibres sera réalisée. Avant la pose, il pourra être réalisé des mesures sur touret pour s'assurer de leur intégrité et comparer avec les mesures usines déjà fournies par le fabricant (voir tableau de mesure plus bas)

##### **4.1.6.3 - Types de mesures**

Pour chaque fibre, tronçon par tronçon, il sera réalisé une mesure d'atténuation par réflectométrie. Les paramètres du réflectomètre (OTDR) seront choisis pour obtenir une mesure fiable et non bruitée sur la totalité de la longueur optique. La vérification des fibres concernées permettra de mettre en évidence les non-conformités éventuelles dépassant les valeurs références.

##### **4.1.6.4 – Matériel de mesures Utilisé**

Les appareils de mesure servant à caractériser les travaux de raccordement sur câble à fibres optiques sont :

- 1 réflectomètre avec module OTDR bi-longueurs d'onde (1310 et 1550 nm),

- 2 bobines de fibre amorce de 2000 m,
- 2 jarretières optiques
- 1 source Laser
- Mesureur de puissance (power mètre)

Suivant la nature du projet, Sonatel peut spécifier les longueurs d'onde 1550 nm et 1625 nm. Dans le projet Joal -Thiadiaye il nous a été demandé utiliser celle de 1550nm.

Les appareils de mesure doivent être vérifiés régulièrement selon la périodicité et les modalités fixées par le constructeur.

#### **4.1.6.5 - Méthode de mesure OTDR et vérification de la qualité**

Toutes les fibres sont testées bi-directionnellement en réflectométrie avec OTDR aux deux longueurs d'ondes usuelles (1310 nm et 1550nm).

Des mesures de recettes seront effectuées sur chaque tronçon, après pose et raccordement du câble aux têtes de câble.

Des bobines amorces de 2000m équipées du même type de connecteur et du même type de fibre que la liaison considérée sont utilisées afin de qualifier les connecteurs d'extrémité et de s'assurer de :

- La continuité des fibres
- L'affaiblissement linéique des fibres
- La régularité de transmission des fibres (changements de pente, contraintes, etc.)
- L'affaiblissement et la réflectance des connecteurs
- L'affaiblissement des épissures
- La longueur de la section
- Le bilan optique

La moyenne des mesures dans les 02 sens de transmission est la valeur maximum d'atténuation des événements qui devra satisfaire aux spécifications de Sonatel pour les épissures et les connecteurs.

#### 4.1.6.6 - Récapitulatif des valeurs admissibles sur des FO – G652D chez Orange

Indice de réfraction	Donner par le fabricant – <i>par défaut</i>	1,467
Coefficient de rétrodiffusion	1550 nm-1625 nm	-81 dB
	1310 nm	-79 dB
Affaiblissement ponctuel	connecteur APC	$\alpha \leq 0,5$ dB
	épissure	$\alpha \leq 0,2$ dB
Valeurs moyennes sur une fibre	$\sum$ Nbre d'épissure $\leq 3$	$\alpha \leq 0,2$ dB
	$\sum$ Nbre d'épissure $> 3$	$\alpha \leq 0,1$ dB
Valeurs moyennes sur une épissure d'un joint		$\alpha \leq 0,1$ dB
Affaiblissement linéique entre deux joints	1550 nm	$\alpha l \leq 0,24$ dB/km
	1310 nm	$\alpha l \leq 0,40$ dB/km
Ondulation	Par rapport à la droite de régression linéaire	$\pm 0,05$ dB
Ecart d'atténuation sur connecteurs, épissures et pentes	$(\alpha_{1310} - \alpha_{1550})$	$\Delta \leq 0,1$ dB
Réflectance sur connecteur	APC	$\leq -55$ dB
	PC	$\leq -35$ dB
	SPC	$\leq -40$ dB
	UPC	$\leq -50$ dB
Réflectance sur épissure		Aucun pic de Fresnel
Bilan théorique d'une liaison	$\alpha_{total} \text{ théorique} = (Nc \times \alpha_{max} c) + (Ne \times \alpha_{max} e) + (L \times \alpha l_{max})$	$\alpha$ atténuation
		N nombre
		c connecteur
		e épissure
		L longueur(km)
		$\alpha l$ affaiblissement linéique
Bilan de liaison	$(\alpha_{total} OE + \alpha_{total} EO)/2$	$< \alpha_{total}$ théorique

Tableau 7: VALEURS ADMISSIBLES DES FO-G652D

Ainsi, une comparaison des résultats issus du dossier technique par rapport aux valeurs admissibles a été effectuée par l'équipe de contrôle et nous avons noté une conformité dans l'ensemble. Nous retenons que cette analyse a permis de s'assurer de la qualité du polissage, des fibres et sur la propreté du connecteur : Tout dépassement fait l'objet d'une intervention au niveau du connecteur (nettoyage, changement de raccord, etc.).