



## Travaux d'harmonisation de la Mission THD

# Préconisations techniques : Génie civil et déploiement de la boucle locale optique mutualisée

*Version 1.0  
9 juillet 2015*

## Introduction

Le Plan France Très Haut Débit initié par le Gouvernement au printemps 2013 vise au déploiement harmonisé de nouveaux réseaux de communications électroniques permettant d'offrir du très haut débit à l'ensemble du territoire d'ici 2022. Ce Plan repose sur la mobilisation, d'une part, des investissements des opérateurs privés déployant leurs propres réseaux sur certaines zones rentables (environ 3.600 communes), d'autre part, des initiatives des collectivités territoriales soutenues par l'État pour le déploiement de réseaux d'initiative public ouverts à tous les opérateurs.

Le déploiement d'une infrastructure très haut débit en fibre optique à l'échelle nationale par un grand nombre d'acteurs – opérateurs et collectivités territoriales – représente une opportunité unique de mobilisation de différentes ressources et compétences. Cette multiplication du nombre d'acteurs est néanmoins source de risques techniques, opérationnels, commerciaux et financiers liés notamment à l'interopérabilité, à la multiplicité des architectures, des systèmes d'information et des conditions d'accès à ces nombreux réseaux.

Dans cette optique, la Mission THD a été chargée par le Gouvernement de veiller à l'établissement de conditions satisfaisantes en termes de standardisation et d'interopérabilité pour garantir l'harmonisation et l'homogénéité des déploiements FttH sur le territoire. Ainsi, le cahier des charges initial du Plan France Très Haut Débit arrêté par le Premier ministre prévoit que « *la Mission THD [...] assurera la coordination et le suivi des différents travaux de standardisation engagés par les opérateurs (notamment au travers des groupes de travail « Interop'Fibre », « Objectif Fibre », « comité d'experts ARCEP ») et publiera des référentiels communs, des protocoles de systèmes d'information (identification, commande, service après-vente,...) et des guides de bonnes pratiques* ».

Pour mener ces travaux d'harmonisation, la Mission THD s'est appuyée en priorité sur les initiatives et les expertises développées par les acteurs du secteur. Un groupe de travail a ainsi été mis en place par la Mission THD en novembre 2014 pour œuvrer à l'harmonisation des pratiques liées au génie civil et au déploiement de la boucle locale optique mutualisée (BLOM). Ce groupe d'harmonisation a été ouvert aux équipementiers, opérateurs, représentants des collectivités, constructeurs, experts et représentants d'organismes de normalisation. Avec le soutien du CREDO<sup>1</sup> en tant que rédacteur principal, une première version du document de préconisations techniques « génie civil et déploiement de la BLOM » a été rédigée dans le cadre du groupe d'harmonisation. Ce document rassemble les spécifications techniques recommandées dans le cadre du Plan France Très Haut Débit pour ce qui relève de la construction de nouvelles infrastructures de génie civil, des caractéristiques des composants optiques, des modes de déploiement de la BLOM, ainsi que des méthodes de contrôle et de recette mises en œuvre pour s'assurer de la qualité et de la pérennité des réseaux déployés.

Le but de ce document de préconisations techniques est non pas d'imposer, mais de mettre à disposition des différents acteurs – et notamment les collectivités et porteurs de projets – un ensemble d'informations et de recommandations techniques qui visent à harmoniser les pratiques

---

<sup>1</sup> Association Loi 1901, créée en 1993, le Cercle C.R.E.D.O, Cercle de Réflexion et d'Étude pour le Développement de l'Optique, s'est donné pour vocation de promouvoir le rôle et l'utilisation de la fibre optique dans le domaine des infrastructures et applications des télécommunications et réseaux.

pour ce qui relève de la construction de la BLOM, tout en s'assurant de la qualité et de la pérennité des réseaux déployés, sans entraver l'innovation technologique.

Cette première version du document de préconisations techniques « génie civil et déploiement de la BLOM » reflète les conclusions des travaux du groupe d'harmonisation à ce stade. Le groupe d'harmonisation a néanmoins vocation à être maintenu, dans la continuité des travaux réalisés jusqu'à aujourd'hui, pour faire évoluer, en tant que de besoin, le document et le compléter en traitant certains sujets qui n'ont pas été discutés au sein du groupe à ce jour tels que la caractérisation des armoires SRO, des PBO et des modes de déploiement en aérien.

## Table des matières

1	Comment utiliser ce document ? .....	7
2	Terminologie de la boucle locale optique mutualisée .....	8
3	Réalisation de l'infrastructure de génie civil .....	11
3.1	Réalisation des tranchées.....	11
3.1.1	Description des différentes solutions techniques .....	11
3.1.2	Normes applicables .....	14
3.1.3	Recommandations dans le cadre du Plan France THD.....	15
3.2	Fourreaux .....	16
3.2.1	Description des différentes solutions techniques.....	16
3.2.2	Normes applicables .....	18
3.2.3	Recommandations dans le cadre du Plan France THD.....	19
3.3	Chambres.....	21
3.3.1	Description des différentes solutions techniques .....	21
3.3.2	Normes applicables .....	23
3.3.3	Recommandations dans le cadre du Plan France THD.....	23
3.4	Génie civil pour l'accueil des SRO.....	25
3.5	Cas particulier de réalisation des infrastructures d'accueil de plusieurs réseaux simultanément .....	25
3.5.1	Mutualisation de la tranchée .....	25
3.5.2	Pose des chambres de tirage.....	26
3.5.3	Relevé des ouvrages .....	26
4	Spécifications techniques des composants optiques.....	27
4.1	Spécifications des fibres optiques .....	27
4.1.1	Les différentes fibres optiques .....	27
4.1.2	Choix de la fibre optique sur BLOM et norme applicable .....	27
4.1.3	Recommandations dans le cadre du Plan France THD.....	28
4.2	Spécifications des câbles optiques .....	29
4.2.1	Les différents types de câbles optiques .....	29
4.2.2	Normes applicables .....	31
4.2.3	Recommandations dans le cadre du Plan THD.....	32
4.3	Spécifications de la connectique optique .....	35

4.3.1	Les différentes solutions techniques.....	35
4.3.2	Normes applicables .....	37
4.3.3	Recommandations dans le cadre du Plan France THD.....	37
4.4	Spécifications des boîtiers de protection et d'épisures (BPE) .....	39
4.5	Les points de branchement optique (PBO) .....	39
4.5.1	Normes applicables .....	39
4.5.2	Recommandations dans le cadre du Plan France THD.....	40
4.6	Dispositif de Terminaison Intérieur Optique (DTIo) .....	40
4.6.1	Les différents types de boîtiers .....	40
4.6.2	Normes applicables .....	40
4.6.3	Recommandations dans le cadre du Plan France THD.....	40
5	Spécifications techniques des modes de pose des câbles fibres optiques .....	42
5.1	Déploiement en souterrain .....	42
5.1.1	Les différentes techniques de pose.....	42
5.1.2	Organisation des câbles dans les chambres.....	45
5.1.3	Principales contraintes subies par les câbles de fibre optique .....	46
5.1.4	Recommandations dans le cadre du Plan France THD.....	46
5.2	Déploiement aérien.....	48
6	Contrôles et recettes des réseaux BLOM déployés.....	49
6.1	Contrôle et recette des infrastructures de génie civil.....	49
6.1.1	Contrôles des travaux en cours d'exécution .....	49
6.1.2	Contrôles et recettes en fin de travaux.....	50
6.2	Contrôle des composants optiques.....	52
6.2.1	Contrôle usine .....	52
6.2.2	Contrôle visuel avant pose .....	53
6.3	Contrôle de la pose des câbles optiques.....	53
6.3.1	Contrôle des enregistrements de tirage au treuil .....	53
6.3.2	Contrôle des loves des câbles dans les chambres.....	53
6.4	Contrôle de la pose des boîtiers dans les chambres .....	54
6.4.1	Test d'étanchéité .....	54
6.5	Contrôles et recettes optiques.....	54
6.5.1	Tests de continuité et de concordance optique.....	54
6.5.2	Mesures optiques .....	54

6.5.3	Guides et normes applicables .....	57
6.5.4	Recommandations dans le cadre du Plan France THD.....	57
6.6	Contrôles des livrables .....	58
6.6.1	Contrôles des avant-projets (AVP) .....	58
6.6.2	Contrôle du Dossier des Ouvrages Exécutés.....	59

## 1 Comment utiliser ce document ?

Pour chaque sujet traité dans le présent document, l'approche retenue consiste à aborder successivement :

- la description des différentes solutions techniques
- les normes applicables (quand cela le justifie)<sup>2</sup>
- les recommandations dans le cadre du Plan France Très Haut Débit

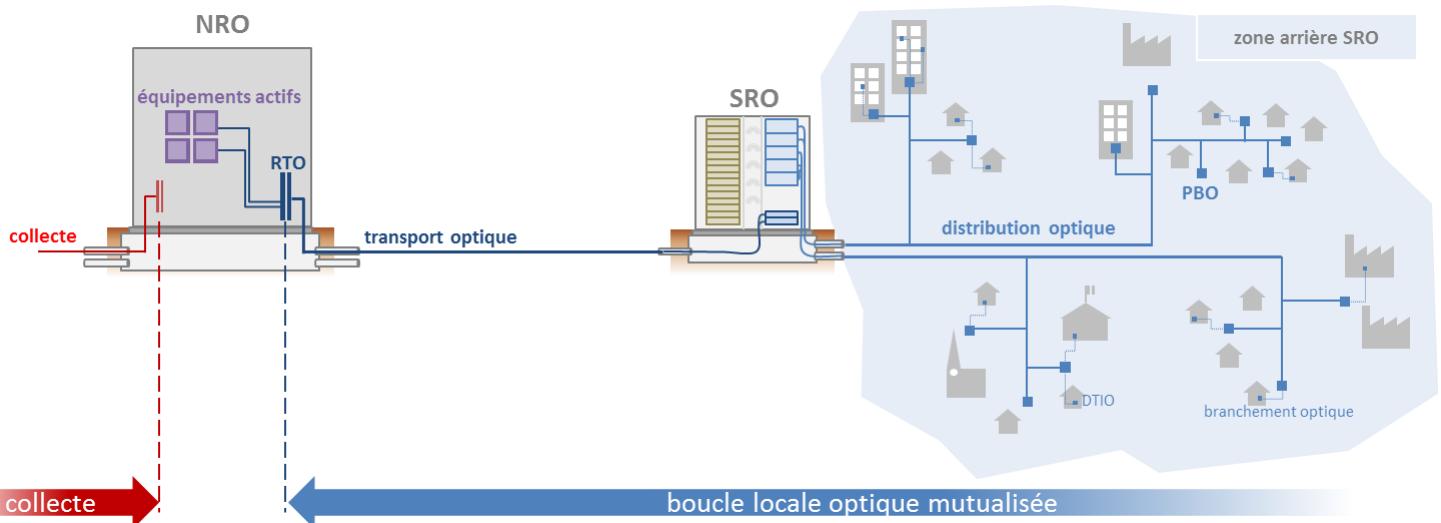
Le tableau ci-dessous présente les pictogrammes définis dans ce document pour identifier les niveaux de recommandation à appliquer dans le cadre du plan France Très Haut Débit.

Symbol	Signification et application
	Mise en œuvre fortement recommandée
	Mise en œuvre acceptée / suggérée
	Mise en œuvre acceptée sous conditions
	Mise en œuvre à éviter

---

<sup>2</sup> Les normes françaises sont éditées et diffusées par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) et par l'Union Technique de l'Électricité (UTE)

## 2 Terminologie de la boucle locale optique mutualisée



### Boucle locale optique mutualisée (BLOM)

La boucle locale optique mutualisée est définie comme le réseau d'infrastructures passives qui permet de connecter en fibre optique l'ensemble des logements et des locaux à usage professionnel d'une zone donnée depuis un nœud unique, le nœud de raccordement optique (NRO). La BLOM s'étend ainsi du NRO jusqu'aux DTIO installés dans chaque logement ou local à usage professionnel de la zone desservie.

La topologie du réseau de BLOM est caractérisée par l'existence d'un nœud intermédiaire de brassage, le sous-répartiteur optique (SRO), en aval duquel chaque logement ou local à usage professionnel est desservi avec une fibre optique.

La BLOM est dimensionnée pour permettre de proposer des accès de type résidentiel pour l'ensemble des logements et locaux à usage professionnel desservis. On parle alors d'accès FttH ou FttH-pro. La BLOM est ainsi communément appelée « réseau de desserte FttH » ou simplement « réseau FttH ».

Pour les besoins spécifiques des sites prioritaires, la BLOM est également dimensionnée pour permettre, sans déploiement d'infrastructures optiques supplémentaires, la réalisation de lignes optiques point-à-point du NRO jusqu'aux DTIO des sites concernés. On parle alors d'accès FttE (Fibre jusqu'à l'entreprise).

### Nœud de raccordement optique (NRO)

Le NRO est le nœud extrémité de la BLOM, qui rassemble à la fois, le répartiteur de transport optique (RTO), des infrastructures d'hébergement des équipements actifs des opérateurs (emplacement, énergie, etc.) et un point d'accès à un ou plusieurs réseaux de collecte en fibre optique. Les opérateurs usagers peuvent, ainsi, s'y raccorder, installer leurs équipements actifs et collecter les flux de données de leurs clients desservis en fibre optique.

La zone arrière du NRO est la zone géographique continue regroupant l'ensemble des immeubles bâtis ayant vocation à être desservis depuis un NRO donné dans l'hypothèse du déploiement d'une BLOM sur l'ensemble du territoire.

#### Sous-répartiteur optique (SRO)

Le SRO est un nœud intermédiaire de brassage de la BLOM, en aval duquel chaque logement ou local à usage professionnel est desservi avec une fibre optique. Le SRO constitue un point de flexibilité du réseau, généralement situé au cœur des zones bâties afin de faciliter les opérations de raccordement, d'exploitation et de maintenance des lignes optiques. Un SRO peut éventuellement être localisé au niveau du NRO pour desservir les locaux situés dans le voisinage du NRO. Par convention, le SRO est rattaché à un unique NRO.

C'est au niveau du SRO que les opérateurs proposant des accès de type résidentiel installent généralement leurs coupleurs optiques nécessaires pour l'activation des technologies point-multipoints.

La zone arrière du SRO est la zone géographique continue regroupant l'ensemble des immeubles bâtis ayant vocation à être desservis depuis un SRO donné dans l'hypothèse du déploiement d'une BLOM sur l'ensemble du territoire.

#### Point de branchement optique (PBO)

Le PBO est le nœud de la BLOM situé au plus près des logements et locaux à usage professionnel, à partir duquel sont réalisées les opérations de raccordement final. Dans les immeubles collectifs, le PBO est généralement installé dans les boîtiers d'étage de la colonne montante. En dehors des immeubles collectifs, le PBO est généralement installé en façade, en borne, en chambre de génie civil ou sur poteau. Par convention, le PBO est rattaché à un unique SRO.

#### Dispositif de terminaison intérieure optique (DTIo)

Le DTIo est l'élément optique passif situé à l'intérieur du logement ou local à usage professionnel qui constitue la frontière entre la BLOM, qui relève de la responsabilité de l'opérateur de réseau et la desserte interne du local, qui relève de la responsabilité de l'abonné. Le DTIo est généralement placé au niveau du tableau de communication, dans la gaine technique du local. Il matérialise le point optique connectorisé au niveau duquel est raccordé l'équipement actif optique fourni par l'opérateur usager à son abonné.

#### Transport optique

Le transport optique est le segment de la BLOM situé entre le NRO et le SRO. Dans l'architecture de la BLOM, les capacités de fibre optique déployées sur ce segment entre un NRO et un SRO donné sont généralement inférieures au nombre de locaux desservis derrière le SRO.

#### Distribution optique

La distribution optique est le segment de la BLOM situé entre le SRO et le PBO.

#### Branchement optique

Le branchement optique est le segment de la BLOM situé entre le PBO et le DTIo.

#### Raccordement final

Le raccordement final est l'opération consistant à installer et raccorder le câble de branchement optique jusqu'au logement ou local à usage professionnel.

### Ligne optique

La ligne optique est définie comme la liaison optique passive d'un réseau de BLOM allant du NRO jusqu'au DTlo du logement ou local à usage professionnel donné.

### Réseau de collecte

Le réseau de collecte est défini comme l'ensemble des réseaux de communication électronique à disposition des opérateurs usagers pour accéder aux nœuds extrémités des réseaux de boucle locale (NRA et NRO) en vue d'y collecter les flux de données de leurs abonnés.

## 3 Réalisation de l'infrastructure de génie civil

### 3.1 Réalisation des tranchées

#### 3.1.1 Description des différentes solutions techniques

Il existe plusieurs solutions techniques de génie civil pour l'accueil d'infrastructure de réseaux en fibres optiques, les tranchées sont le plus souvent utilisées. On peut distinguer deux familles de tranchées :

- la tranchée traditionnelle
- la tranchée mécanisée

Par ailleurs, quand l'utilisation de la tranchée n'est pas possible, il existe d'autres techniques de substitution, tel que :

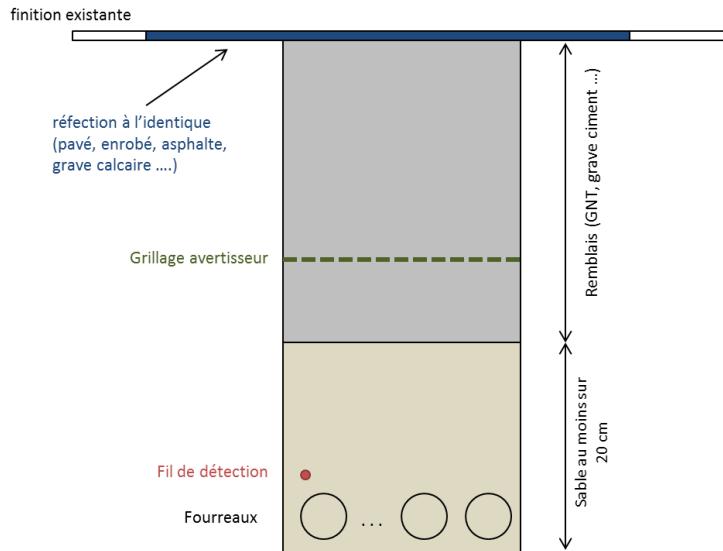
- le forage dirigé
- ou, le fonçage

##### 3.1.1.1 Tranchée traditionnelle

La profondeur des tranchées traditionnelles se situe généralement entre 60 et 90 cm de la surface du sol, et la largeur est généralement supérieure à 30 cm, afin de permettre un compactage mécanique efficace. On peut distinguer plusieurs types de tranchées :

- la tranchée traditionnelle en terrain naturel (accotement des voies en campagne, espaces verts, champs...) est décomposée en plusieurs strates, celle contenant les fourreaux composée de sable ou matériaux fins permettant la mise en place des fourreaux à une profondeur constante, celle située entre le grillage avertisseur et le sable (compactage de matériaux) et la couche de remblai final (matériaux du site compacté mécaniquement par couche). On peut distinguer :
  - la tranchée en accotement non stabilisé avec réutilisation des déblais en remblai.
  - La tranchée en accotement stabilisé avec évacuation des déblais et remblai en grave calibrée.
- la tranchée traditionnelle sous chaussée trafic léger est décomposée en quatre strates : celle contenant les fourreaux (fines), celle située entre le grillage avertisseur et les fines, la couche de remblai (grave) et la couche de roulement (fermeture des joints à l'émulsion bitumineuse).
- la tranchée traditionnelle sous chaussée trafic lourd : elle est décomposée en cinq strates : celle contenant les fourreaux (fines), celle située entre le grillage avertisseur et les fines, une couche de remblai (grave), une couche de forme (assise) et une couche de roulement (fermeture des joints à l'émulsion bitumineuse).

Ci-dessous un schéma type de la tranchée traditionnelle :



### 3.1.1.2 Tranchée mécanisée

Avec la tranchée mécanisée, la vitesse de pose est nettement plus rapide qu'avec les techniques traditionnelles (jusqu'à 800 mètres par jour), ce qui permet de réduire la durée du chantier et de limiter ainsi l'impact sur la circulation et sur la gêne occasionnée aux riverains.

Plusieurs types de tranchées mécanisées existent:

#### tranchée mécanisée au soc :

Dans les terres meubles, on peut poser des fourreaux pratiquement sans préparer de tranchée, moyennant une analyse détaillée de la composition du sol et un plan de déroulage préétabli. Une charrue à soc vibrant permet alors de fendre le sol sur de très faibles largeurs, environ 10 centimètres. Les fourreaux, contenus dans un caisson directement sur la machine, sont incorporés dans le sol par une goulotte de pose disposée juste à l'arrière de la lame vibrante. Le sol, peu ouvert, se referme facilement. L'ajout d'une cribleuse à l'arrière de la charrue permet de trier le remblai pour recomposer le sol initial, mais ces machines sont encore peu répandues. On peut aussi ajouter une dameuse de compactage qui permet de finaliser directement l'opération de remblai. L'inconvénient de la charrue à soc vibrant, c'est surtout les fortes vibrations qu'elle produit, qui peuvent perturber les ouvrages proches de la pose. D'autre part, si le terrain comporte des points durs, il faut prévoir un minage préalable. Si le sol est suffisamment souple, il convient d'utiliser une charrue avec soc "araignée", qui est fixe et ne détériore pas le sol.

Dans les terrains plus difficiles, les trancheuses à chaîne ou à roue conviennent mieux. Elles permettent de creuser des tranchées profondes, jusqu'à 2 mètres. En associant sur la charrue des chaînes à pics et à couteaux pour les terrains durs, et à godets pour les terrains meubles, elles peuvent opérer sur des terrains non cohérents.

La tranchée mécanisée au soc est généralement utilisée sur le segment de transport optique (NRO-SRO).

#### tranchée mécanisée à l'aide d'une micro-trancheuse:

Elle peut être utilisée :

- en terrain naturel ou espace vert

- en accotement non stabilisé
- en accotement stabilisé
- sous chaussée légère
- sous chaussée lourde

La micro-tranchée avec une profondeur qui se situe entre 30 et 40 cm de la surface du sol et une largeur située entre 5 et 30 cm, peut être utilisée en rive de chaussée ou sous chaussée (avec remblai béton coloré auto compactant excavable).

L'utilisation d'une micro-trancheuse aspiratrice permet l'évacuation simultanée des déblais pour mise en décharge contrôlée, la remise en circulation du chantier aussitôt après la prise du béton (6 à 12h suivant les saisons) et la limitation de l'encombrement sur une demi-chaussée.

En fond de micro-tranchée, on dépose des fourreaux dans lesquels des câbles seront installés ultérieurement. Le rebouchage se fait avec un béton auto-plaçant et auto-compactant afin d'éviter un effet poutre, il peut être coloré afin d'être détecté en cas de travaux de reprise de voirie. La reprise de l'enrobé se fait toujours sur une plus grande largeur que la tranchée elle-même (avec un épaulement minimum de 10 cm de part et d'autre de la tranchée suivie d'une fermeture des joints à l'aide d'une émulsion bitumineuse).

#### *rainure ou saignée dont la largeur est inférieure à 5 cm :*

- la profondeur est ramenée à 15 cm

#### *3.1.3 Forages dirigés*

Le forage dirigé permet l'enfouissement de réseaux dans des situations où la réalisation de tranchées est difficile ou non autorisée par le gestionnaire de voirie ou du domaine à franchir. Il consiste à installer une conduite sous un obstacle, comme une rivière, une route ou une voie de chemin de fer, sans perturber la surface du milieu environnant. La trajectoire contrôlée d'un forage dirigé permet de faire passer la conduite sous des obstacles en partant de la surface, de sorte qu'aucune excavation importante ne soit requise.

Le forage dirigé est localisable avec une précision de quelques cm (2 à 5% de la profondeur), sauf en cas de fortes perturbations électromagnétiques. En conséquence, les risques résultent du manque de précision de la localisation des ouvrages existants, des contraintes provoquées par la réaction du sol lors du passage du forage, de l'infiltration du fluide de forage sous pression dans des discontinuités du sol, d'un effondrement du front de taille ou d'une déformation de la géométrie des plates-formes de voies ferroviaires. Compte tenu des spécificités de ces techniques, il est nécessaire de faire intervenir les entreprises spécialisées.

Dans le cas des ouvrages d'art (ponts, tunnels, ..), des dispositifs complémentaires de type passage en encorbellement sont mis en place pour assurer la continuité des fourreaux.

#### *3.1.4 Fonçages*

Le fonçage est une technique de forage « sans tranchées » rappelant le forage horizontal. Ce procédé est surtout utilisé pour éviter les perturbations en surface (obstacles, voies ferrées ...).

Le fonçage permet la pose de canalisations et de câble sans excavation à ciel ouvert. Il convient de retenir parmi les différentes techniques la solution adaptée à chaque cas, en fonction du terrain traversé, du tuyau ou du fourreau à poser (diamètre et matériaux), de la précision recherchée dans la pose (pente pour l'assainissement), de l'encombrement en surface et dans le sous-sol.

La technique de fonçage oblige à plusieurs étapes de travail :

- Réaliser un puits d'entrée et un puits de sortie
- à l'aide d'une excavatrice, creuser le sol de chaque côté
- pousser le tuyau par le puits d'entrée, la pénétration du tuyau est facilitée par un système soit hydraulique ou pneumatique
- extraire les déblais emprisonnés à l'intérieur du tuyau

Compte tenu des spécificités de cette technique, il est nécessaire de faire intervenir les entreprises spécialisées.

### *3.1.1.5 Grillage avertisseur*

Le grillage avertisseur est une bande imputrescible, de couleur verte (code RAL A 450 ou A 455). Le grillage avertisseur est généralement placé au niveau de la 1ère couche de remblaiement (30 cm au-dessus de la génératrice supérieure des fourreaux). Sa largeur est au minimum égale à la largeur de l'ensemble des fourreaux. En ce qui concerne la micro-tranchée, la couleur du béton de remblai peut faire office de grillage avertisseur.

### **3.1.2 Normes applicables**

Les principales normes applicables sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Objet	Normes applicables
Tranchées traditionnelles	NF P98-331
Tranchées mécanisées	NF P98-333
Remblayage pour largeur < 30 cm	NF P98-333
Remblayage pour largeur > 30 cm	NF P98-331
Inter-distance entre réseaux	NF P98-332
Grillage avertisseur	NF EN 12613

Pour les tranchées de largeur inférieure à 30 cm et selon la zone d'implantation de la tranchée, la norme NF P98-333 prévoit le remblayage en matériaux auto-compactant (MAC) ou en matériaux traditionnels (mini tranchées). Au-delà d'une largeur de 30 cm, c'est le cadre de la norme NF P98-331 qui s'applique. Dans les deux cas, généralement la hauteur minimale de couverture des réseaux enfouis est égale à 30cm afin de garantir la protection des fourreaux qui contiennent les câbles optiques vis-à-vis de contraintes mécaniques extérieures.

Lors de la réalisation de génie civil, le respect du règlement de voirie des collectivités est indispensable. C'est dans ce document que sont spécifiées les caractéristiques techniques des tranchées autorisées (profondeur, épaisseur de la couche surface, matériaux à utiliser pour le remblaiement ...) en fonction de la catégorie de voirie (sous chaussée, sous accotement, espace vert, sous trottoir, ...). Le règlement de voirie peut également proscrire l'utilisation d'un type de tranchée ou la micro-tranchée.

Les guides concernant les techniques de remblayage et de contrôle de compactage sont également disponibles sur le site de la Documentation des Techniques Routières Françaises (DTRF) <http://dtrf.setra.fr/> :

- DT628 - Août 1994 : Guide technique de remblayage des tranchées ;
- DT4253 – Juin 2007 : Remblayage des tranchées et réfection des chaussées - Compléments au guide SETRA-Lcpc de mai 1994.

L'inter distance entre un câble de télécommunication sous fourreau et un câble HTA ou BT peut être réduite à 0,05 m (arrêté du 17 mai 2001).

### 3.1.3 Recommandations dans le cadre du Plan France THD

Les tableaux ci-dessous présentent la synthèse des recommandations en termes d'utilisation des différentes techniques et types de tranchées :

Techniques de génie civil en souterrain	Recommandation France THD	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques
Tranchée traditionnelle		<ul style="list-style-type: none"> <li>- acceptée par tous les règlements de voirie</li> <li>- pérennité assurée sous réserve du respect des règles de l'art</li> <li>- grande capacité d'accueil des fourreaux</li> <li>- technologie mature</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- chantier plus long</li> <li>- coût du balisage</li> <li>- forte perturbation de la circulation, de la gêne aux riverains (accès, bruit etc...)</li> <li>- emprise de chantier importante</li> <li>- quantité importante de matériaux extraits et d'apport pour remblais entraînant un bilan carbone défavorable à la protection de l'environnement</li> </ul>
Tranchée mécanisée		<ul style="list-style-type: none"> <li>- moins coûteuse que la tranchée traditionnelle (plus rapide)</li> <li>- pose plus sécurisée (les autres réseaux sont bien plus profonds)</li> <li>- réduction des nuisances chantier</li> <li>- temps d'intervention plus court</li> <li>- faible quantité de matériaux extraits et remblayés (bilan carbone et protection de l'environnement optimisés)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- exige plus de rigueur dans la mise en œuvre</li> <li>- non acceptée par certains règlements de voirie</li> <li>- non adaptée aux faibles linéaires</li> <li>- plus exposée aux futures interventions de génie civil sur les voiries</li> </ul>
Rainure / saignée		<ul style="list-style-type: none"> <li>- utilisation <u>à réservé uniquement</u> pour le raccordement final (PBO-DTlo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- non accepté par la plupart des règlements de voirie</li> <li>- très forte sensibilité aux vibrations et efforts radiaux,</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- moins coûteux que les précédents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aux incendies de véhicules</li> <li>- particulièrement exposé aux futures interventions de génie civil sur les voiries</li> </ul>
Forage dirigé /Fonçage		<ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser en cas d'obligations liées à des concessionnaires spécifiques (par exemple SNCF, VNF...)</li> <li>- traversée de route, obstacles, tunnels ...etc.</li> <li>- à mettre en œuvre par des entreprises spécialisées et qualifiées</li> </ul>	

Autres aspects	Recommandation France THD	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques
Grillage avertisseur		<ul style="list-style-type: none"> <li>- pérennité (notamment vis-à-vis d'interventions ultérieures)</li> <li>- normalisé</li> </ul>	
Béton coloré		<ul style="list-style-type: none"> <li>- suggérée notamment dans le cas de tranchées mécanisées à faibles profondeurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- coût plus élevé</li> </ul>

Afin de faciliter la pose des différents types de fourreaux, il est recommandé lors de la réalisation des tranchées de respecter les préconisations suivantes :

- rechercher les tracés rectilignes et proscrire les changements de direction avec des rayons de courbure trop faibles.
- rayon de courbure supérieur ou égal à 20 fois le diamètre des fourreaux (de type standard)
- s'assurer que la profondeur des fouilles est maintenue constante et que le fond de la tranchée est lissé, car toute ondulation introduit des risques de frottement lors des tirages des câbles.

Par ailleurs, il important de veiller à :

- minimiser les perturbations du chantier sur la voie publique
- assurer la propreté du chantier (aspiration des matériaux extraits) en fin de travaux

Enfin, il est rappelé que les entreprises de génie civil doivent satisfaire toutes les contraintes environnementales mises en place par les différentes collectivités concernées, notamment celles liées à l'évacuation des déblais.

## 3.2 Fourreaux

### 3.2.1 Description des différentes solutions techniques

Il existe 2 principaux types de fourreaux pour la pose de réseaux souterrains de télécommunications, le choix s'effectue en fonction des tracés prévus pour les différents tronçons lors des études techniques :

- les fourreaux PVC (polychlorure de vinyle)
- les fourreaux PeHD (polyéthylène haute densité),

Les fourreaux TPC (Tube de Protection de Câbles) sont très peu utilisés pour le déploiement de la fibre optique, ceux qui sont destinés à la pose de câbles de télécommunications sont des fourreaux annelés de couleur verte.

Il est également possible de poser en plein terre un assemblage de micro-tubes. Ces micro-tubes doivent être résistants à toutes sortes d'agressions : UV, pression du remblai qui l'entoure, pressions intérieures extérieures aux tubes, pierre etc. La qualité des micro-tubes requiert les mêmes paramètres que pour les tubes standards PeHD, décrits ci-dessous.

### *3.2.1.1 Fourreaux PVC*

Les fourreaux PVC sont des tubes rigides de quelques mètres de longueur, plutôt adaptés pour les courtes distances et les changements de direction nombreux. Ils permettent la pose des câbles par tirage, sauf dans le cas des PVC « pression » plus onéreux qui permettent le portage eau / air.

Les principales caractéristiques des fourreaux PVC sont :

- diamètre : entre 28 et 100 mm
- tolérance sur l'épaisseur :  $\pm 0,5$  mm
- tolérance sur l'ovalisation : 5%
- résistance à la traction :  $>= 45$  MPa
- résistance à l'écrasement :  $> 450$  N

Les fourreaux PVC sont généralement livrés en barres de 6 mètres afin de faciliter, via des chambres de tirage, la pose en parcours complexe notamment à cause de changements de direction ou de croisements de voies.

### *3.2.1.2 Fourreaux PeHD*

La pose de câbles optiques par portage (à l'air ou à l'eau) nécessite des fourreaux PeHD prévus spécifiquement pour cette technique (fourreaux lisses ou rainurés et parfois lubrifiés, classe de résistance à la pression PN16). Les fourreaux PeHD présentent de plus l'avantage d'être bien adaptés à la pose mécanisée, sur des longues distances et des sections linéaires, qui permet de réduire la durée (et donc le coût) des chantiers de pose.

Tubes standard PeHD ( $\varnothing$  18 mm à  $\varnothing$  125 mm) : ils peuvent être livrés en couronnes, en tourets ou en barres (ce conditionnement étant plus onéreux). Un seul touret peut ainsi contenir plusieurs kilomètres de fourreau PeHD.

Dans les deux premiers cas, il faudra tenir compte des problématiques de mémoire de forme lors de la pose en tranchée. De plus, le conditionnement en couronne peut induire des phénomènes d'ovalisation du fourreau. Il est donc préférable de privilégier le conditionnement en touret.

Micro tubes PeHD ( $\varnothing$  5 mm à  $\varnothing$  16 mm) : il faut distinguer quatre familles de micro-tubes :

- les tubes pour sous-tubage de fourreaux PeHD
- les multitubes pour sous-tubage de fourreaux PVC
- les multitubes directement enterrables
- les tubes pour la pénétration à l'intérieur des immeubles

Les micro-tubes au plus gros diamètre sont utilisés sur les parties transport optique et distribution et les plus petits diamètres sur les parties distribution et raccordement.

Les performances d'installation du câble optique ou l'assemblage de tubes ou micro tubes par tirage, soufflage ou flottage sont très fortement améliorées grâce à la lubrification permanente couplée avec un rainurage intérieur des tubes PeHD. Ces deux paramètres techniques combinés permettront d'améliorer les performances d'installation.

### 3.2.1.3 *Sous-tubage*

Le sous-tubage peut se faire selon deux techniques, le sous-tubage rigide ou le sous-tubage souple.

#### Le sous-tubage rigide :

Dans une conduite déjà occupée par un câble, il est possible d'installer une nappe de 2 ou 4 micro-tubes qui va épouser la forme du tube. Cette nappe est installée par tirage via un treuil avec enregistreur de force. À son extrémité, on peut utiliser une chaussette ou des clous de tirage ainsi qu'un émerillon. Si la conduite est occupée par plusieurs câbles, il est préférable d'utiliser une chaussette textile.

En fourreau PVC vide, le sous-tubage peut être réalisé par l'installation de micro-tubes indépendants ou des assemblages de micro-tubes. Ils sont installés par tirage (treuil avec enregistreur de force + clous de tirage ou chaussette de tirage + émerillon). Seul l'assemblage de micro-tubes peut être installé sur des distances allant de 300 à 650 mètres via une machine de portage (de 30 à 40 mètres par minute). Il est également possible de l'installer en tirage mais sur courte distance (inférieure à 1000 mètres).

En fourreau PeHD vide, chaque micro-tube est généralement pressurisé avant de porter l'ensemble. Cette solution laisse l'opportunité d'une gestion de tourets plus ouverte pour installer 1, 2, 3 tubes ou d'avantage. Les distances de portage sont d'environ 1000 à 1200 mètres suivant la difficulté du parcours.

#### Sous-tubage souple

Lorsque la pose des sous-tubes rigides est impossible, on peut utiliser un sous-tubage souple. Comme les sous-tubes flexibles sont légers et compacts, ils peuvent être également utilisés en zones où la manutention des tourets est difficile à cause des limitations de l'espace (petites rues étroites) ou potentiellement dangereuse comme en zones piétonnières. Il existe des sous-tubes flexibles de différentes tailles en fonction du diamètre des câbles à poser. En fonction de la quantité des câbles qu'on veut poser, il existe des modèles avec 1 jusqu'à 4 alvéoles. Les sous-tubes flexibles sont posés par tirage en fourreaux (fortement) occupés ou par tirage et portage à air en fourreau vide.

## 3.2.2 Normes applicables

Les principales normes applicables sont :

Objet	Normes applicables
Fourreaux PVC	NF EN 61386-24
Fourreaux PeHD	Selon le règlement de certification NF 330

Par ailleurs, ces fourreaux doivent répondre aux tests et aux normes suivantes :

- résistance à la fissuration lente (stress cracking) suivant la norme ISO 13 480 ;
- résistance à la pression suivant la norme NF EN ISO 1167-1 (Tubes, raccords et assemblages en matières thermoplastiques pour le transport des fluides - Détermination de la résistance à la pression interne - Partie 1 : méthode générale) de mai 2006, sachant qu'au soufflage la pression peut atteindre 12 bars.

### 3.2.3 Recommandations dans le cadre du Plan France THD

Fourreaux	Recommandation France THD	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques
PVC		- adaptés à des tronçons linéaires courts et sinueux	- cassant et déformable - joint entre tube - pose des câbles uniquement par tirage - couleur unique
PeHD		- permettent tous les types de pose de câbles (tirage/portage air ou eau) - adaptés aux tronçons linéaires importants	- attention à la problématique de mémoire de forme lors de la pose des fourreaux PeHD conditionnés en couronne
Sous-tubage		- pas de création de tranchée - plusieurs marquages couleur possibles, rendant l'identification plus aisée - évite la création de nouvelles tranchées - permet de maximiser le taux d'occupation d'un fourreau - faible encombrement lors du déploiement	- à condition que le niveau d'occupation du fourreau - sous réserve des conditions d'accès aux fourreaux existants
Multi-tubes posés en pleine terre		- coûts de mise en œuvre réduits	- solution très peu utilisée en France - ne permet pas la réutilisation du génie civil (pour la pose d'autres câbles) - risque d'écrasement des tubes en sol rocailleux

En ce qui concerne la pose des fourreaux dans les tranchées, le tableau ci-après résume les principales caractéristiques des différentes situations rencontrées.

	PVC	PeHD	
Conditionnement	Barres de 6 mètres	Tourets	Couronnes
Pose en tranchée traditionnelle			
Pose mécanisée			

Compte tenu des caractéristiques des fourreaux et des conditionnements de livraison sur les chantiers, il est indispensable d'associer le type de fourreau et le mode de réalisation de la tranchée. Lorsque les entreprises chargées de la réalisation des tranchées et de la pose des fourreaux sont différentes, il est important que le contrôle soit renforcé.

Dans le cas où les fourreaux sont posés dans une tranchée ouverte, la pose des tubes PVC peut être effectuée sans difficulté, néanmoins, pour les fourreaux PeHD, il faut s'assurer d'une rectitude correcte du tube afin de faciliter le passage du câble de fibre optique. Il faut également limiter les ondulations qui peuvent générer des frottements lors de l'installation du câble optique par tirage, portage ou flottage.

Les fourreaux doivent être posés de façon à ce que les tracés soient le plus rectiligne possible, tant sur le plan horizontal (x/y) que sur la profondeur (z). Lors de la pose des fourreaux, il est important de veiller à bloquer les fourreaux au fond des fouilles à l'aide de cavaliers afin d'éviter la remontée lorsque le béton est trop liquide (cas de remblaiement en béton).

Lors de la pose de fourreaux PeHD d'une chambre de dérivation à l'autre, il est impératif que les fourreaux dépassent les pieds-droits des chambres d'au moins 15 à 20 cm, afin de pouvoir y connecter les appareils de tests ou de pose des câbles optiques ou des sous-tubes. Les fourreaux PVC sont coupés à ras.

Il est également important, pendant les opérations de pose des fourreaux, de les obturer à leurs extrémités à l'aide d'un bouchon hermétique à vis en attente de pose des câbles.

Les fourreaux doivent avoir été marqués au minimum avec les informations suivantes :

Marquage Fourreaux	Recommandation France THD	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Métré</li> <li>- Date de fabrication</li> <li>- Dimensions</li> <li>- Fabricant</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- traçabilité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- À prévoir dès la commande des fourreaux</li> </ul>

En outre, à partir de 2 fourreaux PeHD installés, il est recommandé d'utiliser une ou plusieurs bandes de couleurs permettant de les identifier plus facilement.

### 3.3 Chambres

#### 3.3.1 Description des différentes solutions techniques

Une chambre de tirage peut être composée des sous-ensembles suivants :

- une ossature correspondant à la chambre proprement dite
- une rehausse éventuelle permettant la compensation d'une élévation ou d'un dénivélé du sol
- une grille de protection
- un cadre en acier
- une ou plusieurs trappes (ou tampons)

Chaque chambre possède:

- des masques permettant la pénétration des fourreaux
- un puisard (cône ou trou en partie basse) pour l'évacuation des eaux de pluie et d'infiltration (si le terrain ambiant est perméable et non saturé).
- 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 dimensions des chambres sont adaptées à leur utilisation et doivent permettre le tirage, le stockage ou le lovage des câbles et leur raccordement.

Des chambres de raccordement peuvent être implantées régulièrement afin d'assurer un lovage de câble en vue des futurs raccordements.

##### 3.3.1.1 Chambres à ossature béton

Les chambres implantées en accotement ou sous trottoir sont de type LxT. Elles peuvent être équipées de trappes (tampons) type 125kN ou 250kN.

Chambre	Dimension intérieure L x l x P (cm)	Cas d'emploi
LOT	42x24x30	Dérivation avec ou sans épissure
L1T	52x38x60	Dérivation avec ou sans épissure
L2T	116x38x60	Dérivation petits câbles ou multi conduites
L3T	138x52x60	Dérivation avec épissure
L4T	187x52x60	Dérivation avec épissure
L5T	179x88x120	Dérivation avec épissure
L6T	242x88x120	Dérivation avec épissure

Les chambres implantées sous chaussée sont de type LxC ou KxC. Ces chambres doivent être équipées de tampon type 400kN.

Chambre	Dimension intérieure L x l x P (cm)	Cas d'emploi
L1C	52x38x60	Dérivations avec épissures
L2C	116x38x60	Dérivations avec épissures
L3C	138x52x60	Dérivations avec épissures
K1C	75x75x75	Dérivation petits câbles ou multi conduites
K2C	150x75x75	Dérivations avec épissures
K3C	225x75x75	Dérivations avec épissures

### 3.3.1.2 Chambres modulaires composites

En lieu et place des chambres traditionnelles à ossature béton, on peut utiliser, sous trottoir ou espace vert, des chambres composites (par exemple en polyester renforcé de verre). Ces chambres se composent de sections complètes de 15 cm de hauteur qui s'emboîtent les unes sur les autres. Le poids d'une section est d'environ 25 kg, elles peuvent supporter jusqu'à 40 tonnes à la charge verticale et 200 kg/cm<sup>2</sup> à la charge latérale. Ce type de chambres permet une manipulation manuelle par une seule personne, ce qui peut simplifier leur mise en œuvre sur le terrain. La réfection des masques peut nécessiter des matériaux spécifiques et une méthodologie différente des chambres en béton.

### 3.3.1.3 Trappes de fermeture

La norme définit trois familles de trappes pour fermeture des chambres :

- 125 kN : pour les chambres implantées en zones piétonnières, sous trottoirs et zones comparables et aires de stationnement pour voitures
- 250 kN : pour les chambres implantées en zones piétonnières, sous trottoirs, caniveaux dans les rues, accotements des routes et parkings accessibles aux poids lourds
- 400 kN : pour les chambres 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

Les trappes peuvent être articulées et sécurisées (blocage en position verticale), afin de sécuriser les interventions, et éviter de devoir recourir à la pose de grille de protection.

### 3.3.1.4 Grille de protection

Afin de minimiser les risques liés à la chute d'une trappe sur les câbles optiques, il est possible d'équiper les chambres d'une grille de protection. Ces grilles sont traitées anticorrosion et réalisées en acier galvanisé à chaud, polyester renforcé fibre ou inox. Elles sont généralement articulées afin de faciliter leur manipulation lors des interventions.

### 3.3.1.5 Sécurisation des chambres

Afin de contrôler l'accès des infrastructures par des intervenants tiers et de se prémunir des actes d'effraction et de vandalisme, les chambres peuvent disposer d'un dispositif de verrouillage à empreinte spécifique. Le verrou doit répondre au test d'essai d'effraction manuelles de classe 3 suivant la norme NF EN 1630. Le surcoût lié à la sécurisation de la chambre est marginal par rapport au coût global dès lors que le choix de sécurisation est fait dès la phase initiale d'installation.

### *3.3.1.6 Système de localisation de l'infrastructure*

Conformément à l'arrêté du 15 février 2012, pris en application du chapitre IV du titre V du livre V du code de l'environnement, relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le maître d'ouvrage de travaux ou son représentant, doit confier à un prestataire qualifié le relevé topographique géo-référencé des réseaux ou tronçons de réseaux construits ou modifiés conformément à la norme NF S 70-003 de mai 2014.

Afin de pouvoir localiser l'infrastructure de génie civil, plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- il est possible de mettre en œuvre un système de détection basé sur un signal électrique, émis par un générateur mobile ou fixe, et véhiculé par un fil de localisation présent dans la tranchée, puis détecté à partir d'un récepteur portable calé sur le signal d'émission. Ainsi, seul le signal véhiculé par le fil est identifié ce qui permet la localisation du réseau en (x,y) et en profondeur (z).
- Un système de marqueurs passifs : les marqueurs sont des antennes passives exemptes de source d'alimentation interne qui se décharge. Le système de marquage électronique se compose de marqueurs passifs durables pouvant être enfouis au-dessus des installations importantes pendant leur construction ou utilisés pour marquer des installations pendant leur entretien. Le détecteur transmet un signal radio fréquence au marqueur enfoui qui réfléchit le signal au détecteur et qui donne la lecture de l'emplacement sur un écran et par un signal sonore. La détection peut se faire à une profondeur entre 60 cm à 2,4 m.
- Le levé géo-référencé des fourreaux peut également être réalisé en fouille fermée par injection galvanique dans un fil de localisation, l'objectif cherché étant le résultat et l'obtention du plan de géo-référencement des ouvrages en classe A.

### **3.3.2 Normes applicables**

Les principales normes applicables sont listées ci-dessous.

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

Les trappes en fonte GS 500-7 respecteront la norme selon ISO 1083.

Les cadres en acier mécano-soudé sont galvanisé à chaud avec une épaisseur moyenne de 100 µm suivant la norme NF EN ISO 1461.

### **3.3.3 Recommandations dans le cadre du Plan France THD**

Chambres	Recommandation France THD	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques
Chambres à ossature béton		<ul style="list-style-type: none"> <li>- acceptée par tous les règlements de voirie</li> <li>- pérennité assurée</li> <li>- maîtrisé par tous</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- contraintes de pose : nécessite l'utilisation d'un engin de levage (camion grue ou pelle hydraulique)</li> </ul>
Chambres composites		<ul style="list-style-type: none"> <li>- manipulation plus facile et plus rapide.</li> <li>- Modularité importante et profondeurs variables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pas de norme</li> <li>- uniquement sous trottoir ou espace vert</li> <li>- vulnérabilité lors des opérations de réfection de voiries (mauvaise résistance au compactage)</li> <li>- pas de retour d'expérience sur la pérennité dans le temps</li> </ul>
Trappes articulées		<ul style="list-style-type: none"> <li>- elles facilitent la manipulation lors des interventions, limite les risques d'accidents corporels et les risques d'endommagement des câbles optiques par chute</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- léger surcoût à la construction</li> </ul>
Grilles de protection		<ul style="list-style-type: none"> <li>- elles permettent de minimiser tout risque lié à la chute d'une trappe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risque de sécurité pour les techniciens : ils ont tendance à marcher dessus et tombent</li> <li>- Risque de blessure du câble sur les barres de fixation</li> </ul>
Sécurisation		<ul style="list-style-type: none"> <li>- réduit fortement les actes d'effraction et de vandalisme, notamment pour chambres les plus sensibles (à proximité des NRO/SRO)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Léger surcoût</li> <li>- Gestion des interventions et des clés</li> </ul>
Système de localisation (classe A)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- connaissance précise de la localisation en x/y, avec une indication sur la profondeur z</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- léger surcoût</li> <li>- pas de retour d'expérience sur la durée de vie de cette solution</li> </ul>

Pour ce qui relève des chambres, il est fortement recommandé :

- que les fonds des chambres soient percutés afin de laisser l'eau s'évacuer et éviter qu'elle stagne en entraînant des boues dans les fourreaux.

- que le logo du propriétaire de l'infrastructure de génie civil soit réalisé brut de fonderie et indiqué sur toutes les trappes.

Afin de réduire les contraintes liées aux chantiers lors de la construction du réseau ou de sa maintenance, il est également recommandé de privilégier l'installation de chambres sous trottoir ou en accotement.

En ce qui concerne les systèmes de localisation de l'infrastructure de fibre optique, il est fortement recommandé d'utiliser un géo-référencement avec une précision de classe A (soit une précision de 40cm toutes erreurs confondues).

Certains maîtres d'ouvrage qui disposent d'un système d'informations géographiques (SIG) à jour avec les plans de récolement de l'infrastructure de génie civil peuvent estimer non nécessaire l'installation d'un système de localisation. Néanmoins, il est nécessaire d'avoir une solution de contrôle et de détection qui permet de déceler les remontées de fourreaux dans les tranchées.

### **3.4 Génie civil pour l'accueil des SRO**

La dalle béton doit être capable de supporter la charge admissible du préfabriqué dans sa configuration d'occupation maximale. La tenue mécanique de l'ensemble dalle et préfabriqué ou socle et armoire, doit correspondre aux caractéristiques de ce type d'ouvrage.

Il est recommandé que la dalle béton soit préfabriquée, ce qui facilite la mise en œuvre et garantit la planéité (sauf pour les SRO en shelter qui sont déjà équipés d'une dalle béton).

Il est également important de veiller à ce que l'emplacement des armoires de rue pour l'accueil du SRO soit situé en zone non exposée à des percussions de véhicules.

### **3.5 Cas particulier de réalisation des infrastructures d'accueil de plusieurs réseaux simultanément**

Dans le cadre de l'application de la loi 2009-1572 relative à la lutte contre la fracture numérique, les gestionnaires de réseaux peuvent être amenés, dans le respect des conditions prévues par la loi, à participer au déploiement des infrastructures d'accueil de la fibre optique (exemple : enfouissement du réseau électrique, travaux programmés sur réseaux existants, etc.). Le déploiement de ces infrastructures se limite à la pose des fourreaux et des chambres de tirage et en aucun cas à la pose de la fibre optique.

#### **3.5.1 Mutualisation de la tranchée**

La mutualisation des tranchées lors d'une pose conjointe de plusieurs réseaux permet l'accueil du réseau du gestionnaire ainsi que les infrastructures d'accueil de la fibre optique. Les règles et techniques de terrassement s'appliquent également pour ce type de tranchée. Les fourreaux d'accueil pour la fibre optique peuvent alors être posés à coté, au-dessus ou en dessous du câble dans le respect des inter-distances et des couvertures minimales spécifiées normalisées apparaissant dans le chapitre 2.1.2.

Le chapitre « 2.2 Fourreaux » contenant les préconisations techniques liées au matériel s'applique également lors de la mutualisation de la tranchée.

### **3.5.2 Pose des chambres de tirage**

Les chambres de tirage posées dans le cadre de la pose conjointe de plusieurs réseaux sont, quand cela est possible, disposées en écart des réseaux de manière à ne pas décaler le réseau du gestionnaire mais seulement les fourreaux de fibre optique.

Le chapitre « 2.3 Chambres » contenant les préconisations techniques liées au matériel s'applique également lors de la mutualisation de la tranchée.

### **3.5.3 Relevé des ouvrages**

Le géo-référencement des ouvrages est réalisé comme décrit dans le chapitre 2.3.1.6.

## 4 Spécifications techniques des composants optiques

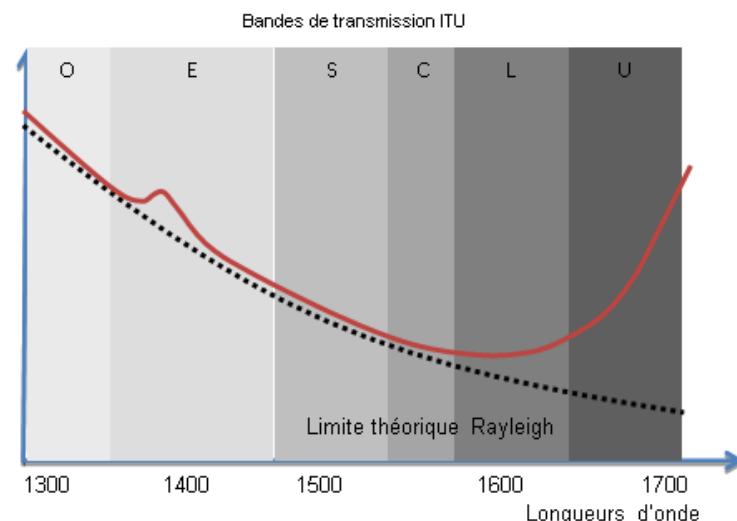
### 4.1 Spécifications des fibres optiques

#### 4.1.1 Les différentes fibres optiques

La fibre historiquement la plus couramment employée dans le domaine des communications électroniques est la fibre monomode B1.3 selon la NF-EN 60793-2-50 (G.652.D de l'UIT). Grâce à son faible affaiblissement linéique et à sa bande passante, elle permet la réalisation de liaisons longue distance à très haut débit. Ces fibres sont largement utilisées dans les réseaux de collecte.

Pour le déploiement du réseau de boucle locale optique mutualisée, de nouvelles fibres moins sensibles aux contraintes de courbures et avec une plus faible atténuation linéique sont disponibles ; elles répondent au standard B6\_a2 selon la NF-EN 60793-2-50 (G.657.A2 de l'UIT).

Les pertes optiques qui influent sur le bilan de liaison des liens optiques varient avec la longueur d'onde utilisée selon le type de courbe ci-après.



Cette courbe montre la variation de l'affaiblissement d'une fibre optique (ordonnée, échelle logarithmique) en fonction de la longueur d'onde (abscisse,  $\lambda$ , exprimée en nanomètre). Globalement l'atténuation décroît lorsque la longueur d'onde augmente. Ceci est lié au phénomène de diffusion Rayleigh. Cette tendance de fond est perturbée par des phénomènes d'absorption liés à des impuretés et, aux plus grandes longueurs d'onde, à la structure moléculaire même du matériau de la fibre. La remontée de l'atténuation aux grandes longueurs d'onde peut être fortement accentuée par des problèmes de guidage de la lumière, notamment lorsque la fibre est sollicitée en courbure. Les fibres insensibles aux courbures permettent de réduire fortement ce risque.

#### 4.1.2 Choix de la fibre optique sur BLOM et norme applicable

Pour les fibres à faible rayon de courbure, la référence normative est constituée de deux indices :

- une lettre A ou B, qui atteste de la compatibilité de soudure entre une fibre à faible rayon de courbure et une fibre de type G652.D
  - la lettre A signifie que la fibre est 100% compatible notamment en soudure avec une fibre de type G652B ou D ;

- la lettre B signifie que la fibre n'est pas totalement compatible en soudure avec une fibre G652B ou D ;
- un chiffre, 1,2 ou 3, qui définit le niveau de performance en courbure de la fibre. Ce niveau de performance se traduit par une valeur limite d'atténuation du signal optique à une longueur d'onde donnée, pour un nombre de tour donné à un rayon de courbure donné.

Rayon de courbure	15 mm	10 mm	7.5mm	5 mm
Nombre de tours	10	1	1	1
<b>B6_a1 (G657 A1)</b>	1550 nm	≤ 0,25 dB	≤ 0,75 dB	non spécifié
	1625 nm	≤ 1 dB	≤ 1,5 dB	
<b>B6_a2 (G657 A2)</b>	1550 nm	≤ 0,03 dB	≤ 0,1 dB	≤ 0,5 dB
<b>B6_b2 (G657 B2)</b>	1625 nm	≤ 0,1 dB	≤ 0,2 dB	≤ 1 dB
<b>B6_b3 (G657 B3)</b>	1550 nm	Non spécifié	≤ 0,03 dB	≤ 0,08 dB
<b>B6_b3 (G657 B3)</b>	1625 nm	Non spécifié	≤ 0,1 dB	≤ 0,25 dB
				≤ 0,45 dB

Entre le NRO et le PBO, l'impact des micro-courbures est critique en raison du grand nombre d'interventions. La fibre de type G.657 A est la plus adaptée pour répondre à l'ensemble de contraintes, et puisqu'elle doit être compatible avec la fibre G.652.D (utilisée sur les réseaux de collecte), le choix se portera sur la G 657 A2.

La norme applicable est :

Objet	Normes applicables
Fibre monomode à faible rayon de courbure	NF EN 60793-2-50 (fibre catégorie B2_a2) (IUT-T G 657.A2)

#### 4.1.3 Recommandations dans le cadre du Plan France THD

Dans le cadre du Plan France Très Haut Débit, il est recommandé d'utiliser sur les réseaux BLOM des fibres optiques de performance au moins égales à celles de type B6\_x (NF-EN 60793-2-50) permettant de sécuriser la plage de transmission 1260-1650nm même avec des rayons de courbures inférieurs ou égaux à 7,5 mm, compatible avec la fibre B1.3 (UIT G.652.D), correspondant à G.657.A2/Bx. Elles sont peu sensibles aux courbures (espaces réduits, stockage sur faible rayon de courbure, cheminement avec angles serrés, facilité de pose, etc.).

La généralisation de la fibre B6\_a2 (G 657.A2) sur les réseaux de la BLOM devrait également s'appliquer pour le déploiement en anticipation de la BLOM, en cas d'espèce, la collecte NRA-MeD qui pourrait servir de transport optique NRO-SRO dans l'architecture cible 100% FttH.

Compte tenu des différentes contraintes présentées précédemment, les recommandations sont résumées dans le tableau suivant :

Fibre monomode	Recommandation France THD sur BLOM	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques
B6_a2 (G 657.A2)		- adaptée aux faibles rayons de courbure - compatible avec la G 652.D	- surcoût par rapport à la G652.D - difficultés pour déceler les contraintes mécaniques
B6_b2 (G 657.B2)			- non compatible nécessairement avec la G.652.D - surcoût par rapport à la G652.D - difficultés à identifier les défauts - mise en œuvre délicate en cas de mixité avec G652.D
B6_b1.3 (G 652.D)		- à réservé uniquement pour les réseaux de collecte	

## 4.2 Spécifications des câbles optiques

### 4.2.1 Les différents types de câbles optiques

#### 4.2.1.1 Généralités

Deux types de structures existent pour les câbles optiques :

- La structure en micromodules :
  - basée sur l'utilisation de tubes souples
  - permet un accès simple et direct aux fibres par l'extraction d'un module optique par une fenêtre réalisée à l'aide d'un outil spécifique
  - les modules peuvent être facilement rangés dans les boîtes de jonction
  - Cette structure est largement utilisée en France
- La structure à tube rigide torsadé (loose tube) :
  - basée sur des tubes en matériau synthétique extrudé
  - l'effet de paille peut provoquer des casses irrémédiables
  - cette structure est largement utilisée à l'international

Les câbles optiques sont fixés et repérés par tronçon à chaque changement de direction ainsi que dans les chambres de tirage.

À chaque segment de la BLOM correspond un type de câble, généralement associé avec un nombre de fibres optiques par câble :

- les câbles de transport optique (NRO-SRO) : de 36 à plus de 720 fibres optiques
- les câbles de distribution optique (SRO-PBO) : de 12 à 720 fibres optiques
- les câbles de branchement optique (PBO-DTlo) : 1 à 4 fibres optiques

#### *4.2.1.2 Câbles pour pose en fourreaux*

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

La composition du câble est basée sur l'utilisation de modules (généralement de 2 à 12 fibres). Les câbles sont généralement diélectriques avec des renforts centraux ou latéraux noyés dans la gaine ou en structure double gaine avec des éléments de renfort disposés entre les 2 gaines pour une protection renforcée des fibres optiques.

Les câbles à forte contenance répondent aux enjeux de densification du nombre de fibres dans les fourreaux. Ces câbles contiennent un nombre de fibres optiques élevé, typiquement supérieur ou égal à 288 fibres optiques, et qui peuvent aller jusqu'à 720 fibres optiques.

La gaine extérieure est généralement en PeHD à faible coefficient de frottement. Néanmoins dans le cas où le câble pénètre dans un immeuble, il est nécessaire d'avoir une gaine « Low fire hazard » ou de protéger le câble dans une goulotte non propagatrice de la flamme.

#### *4.2.1.3 Câbles pour pose en pleine terre ou en égouts*

Il s'agit de câbles en structure renforcée (double gaines) de 12 à 720 fibres. Le renforcement du câble est à prévoir en fonction de la nature du sol ou en fonction du niveau de protection souhaité contre les rongeurs.

Deux solutions ont fait leur preuve, l'armure métallique ou une armure FRP plat (Fiber Reinforced Plastic). La seconde permet de garder un câble entièrement diélectrique.

#### *4.2.1.4 Câbles façade*

En façade, un soin esthétique doit souvent être apporté au câblage. Les câbles sont de faibles diamètres, souples et discrets. Leur structure permet de parcourir des façades, en épousant au mieux les changements de direction, et en longeant les corniches. Les câbles sont constitués d'une gaine en PeHD apportant une forte résistance aux chocs et à l'écrasement. De préférence, ils sont noirs et contiennent 2,5 % de noir de carbone pour offrir une bonne résistance aux UVs (NF EN 50289-4-17). Ces câbles sont généralement de taille inférieure à 144 fibres optiques.

#### *4.2.1.5 Câbles aériens*

La pose de câbles en aérien permet un déploiement rapide à moindre coût en utilisant des appuis existants (réseau de distribution électrique, réseau téléphonique).

Les câbles aériens du fait de leur exposition directe aux événements climatiques, doivent être renforcés. En particulier, sur les longues portées, le câble aérien peut être soumis à des surcharges importantes dues au vent, ou au givre, de même les fortes variations de températures impliquent une dilatation du câble qui influe directement sur sa flèche et donc sa tension.

Cette protection est généralement constituée de méplats en fibre de verre résinée qui apportent une résistance à la traction ainsi qu'une résistance aux impacts (notamment aux plombs de chasse). On trouve aussi des mèches d'aramide qui offrent un excellent ratio module/poids.

Les câbles sont reliés aux appuis par des systèmes d'ancrage. Il est impératif que le couple câble/ancrage soit validé par le câbler afin de s'assurer que, lors de l'utilisation du câble dans les conditions limites, il ne se produira pas de glissement du câble dans l'ancrage, d'arrachement de gaine ou bien d'écrasement du câble. Ces ancrages peuvent être de deux types, soit des ancrages à

coincement conique pour les portées courtes à moyennes, soit pour les portées les plus longues des ancrages spiralés.

#### Câbles aériens pour le réseau HTA

Pour le déploiement en aérien sur support du réseau moyenne tension HTA, le câble optique est de type ADSS (« All Dielectric Self Supporting », pas besoin de mise à la terre). Ce type de câble est généralement posé sur les réseaux électriques aériens haute tension de type A (typiquement entre 1000 et 50 000 volts alternatifs). Au-delà de 12 000 volts et en fonction de l'environnement (air salin, pollution), il faut prendre en compte le phénomène de « dry band arcing » et calculer le champ électrique induit à proximité du câble fibre optique. En fonction des résultats de calcul, il peut être nécessaire de prévoir une gaine anti-traking (norme NF EN 60794-4-20).

Les portées sont généralement supérieures à 80 mètres et les contenances des câbles comprises entre 72 et 144 fibres.

#### Câbles aériens sur appui BT ou poteau du réseau téléphonique

Les câbles aériens sont également de type ADSS. Pour la partie distribution d'un réseau, on peut utiliser les appuis aériens existants du réseau électrique basse tension (BT) ou du réseau téléphonique. Dans ces cas-là, les portées sont de courtes distances, de 30 à 50 mètres. Les contenances des câbles retenus sont généralement comprises entre 12 et 144 fibres.

#### Câbles de branchement aérien

Ces câbles permettent le raccordement de l'abonné, en assurant la liaison entre le PBO et le DTlo dans le logement. Ces câbles de diamètre réduit peuvent demander des systèmes d'ancrage spécifique. Le couple câble/pince d'ancrage doit être étudié avec beaucoup d'attention.

#### *4.2.1.6 Câbles mixtes*

Il existe aussi des câbles de branchement à double gaine pour usage mixte, en extérieur et en intérieur. La gaine externe, dénudable, permet une protection adéquate du câble pour usage extérieur en conduite, en façade ou en aérien. La gaine interne, seule gaine conservée pour le cheminement en intérieur du logement ou local professionnel, est notamment sans halogène et retardant à la flamme.

#### *4.2.2 Normes applicables*

Pour les câbles à Fibres Optiques, les normes applicables font partie des séries NF EN 60794 et XPC 93-850.

##### Câbles extérieurs :

- NF EN 60794-3, Câbles à fibres optiques – Partie 3: Câbles extérieurs – Spécification intermédiaire
- NF EN 60794-3-10, Câbles à fibres optiques – Partie 3-10: Câbles extérieurs – Spécification de famille pour les câbles optiques de télécommunication destinés à être installés dans des conduites, directement enterrés ou attachés en aérien
- NF EN 60794-3-20, Câbles à fibres optiques – Partie 3-20: Câbles extérieurs – Spécification de famille pour les câbles optiques de télécommunication aériens autoporteurs
- XP C 93-850-3-25, Câbles à fibres optiques – Partie 3-25 : Câbles extérieurs - Spécification particulière pour les câbles de distribution d'extérieur, en aérien ou en souterrain

- XP C 93-850-3-22, Câbles à fibres optiques – Partie 3-22 : Câbles extérieurs - Spécification particulière pour les câbles de branchement à usage extérieur, en aérien, en façade ou en conduite

Les câbles posés en égouts, en conduites de gaz ou conduites d'eau potable doivent en outre être conformes aux normes NF EN 60794-3-40, NF EN 60794-3-50 et NF EN 60794-3-60.

*Câbles intérieurs :*

- NF EN 60794-2 : Câbles à fibres optiques Partie 2: Câbles intérieurs à fibres optiques – Spécification intermédiaire
- NF EN 60794-2-20 : Câbles à fibres optiques Partie 2-20 : Câbles intérieurs – Spécification de famille pour les câbles optiques multifibres
- XP C 93-850-2-22 : Câbles à fibres optiques – Partie 2-22 : Câbles intérieurs - Spécification particulière pour les câbles de branchement à usage intérieur
- XP C 93-850-2-25 : Câbles à fibres optiques – Partie 2-25 : Câbles intérieurs – Spécification particulière pour les câbles de distribution d'intérieur à éléments de base ou micromodules adaptés au piquage tendu

*Câbles à usage mixte (intérieur et extérieur) :*

- XPC 93-850-6-22 : Câbles à fibres optiques – Partie 6-22 : Câbles mixtes (intérieurs et extérieurs) – Spécification particulière pour les câbles de branchement à usage mixte.
- XPC 93-850-6-25 : Câbles à fibres optiques – Partie 6-25 : Câbles mixtes (intérieurs et extérieurs) - Spécification particulière pour les câbles de distribution à usage mixte.

Des informations sur la pose de ces câbles et les exigences de tenu en traction sont décrites dans le rapport technique IEC TR62691.

Les autres normes applicables sont les suivantes :

Objet	Normes applicables
Tenue au feu	NF EN 50575
Tenue aux UV	NF EN 50289-4-17

#### 4.2.3 Recommandations dans le cadre du Plan THD

Pour l'harmonisation de la BLOM, il est recommandé de privilégier les câbles optiques avec une structure à micromodules.

Structure du câble optique	Recommandation France THD	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques
Structure à micromodules		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptée au réseau de distribution pour les piquages</li> <li>- compacité</li> <li>- facile à manipuler par les techniciens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non tenue des tubes lovés dans les BPE de taille standard (supérieurs aux micro- manchons)</li> </ul>

Structure « loose tube »		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solution de référence pour certaines installations en aérien</li> <li>- Adapté aux réseaux de collecte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ne permet pas le piquage</li> <li>- nécessite une formation et des outils spécifiques des techniciens</li> <li>- pas toujours adaptée aux micro-manchons</li> </ul>
--------------------------	--	---	--

Pour ce qui relève des câbles aériens, l'utilisation des câbles type « ADSS » est fortement recommandé :

Câbles aériens	Recommandation France THD	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques
Câble ADSS		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de mise à la terre</li> <li>- Pas de risque de foudroiement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lorsqu'il est en « huit », le câble est plus volumineux</li> </ul>
Protection contre les plombs de chasse		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Évite les coupures de service pour cause d'endommagement de câble</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surcoût initial</li> </ul>

Afin d'assurer la pérennité et l'évolutivité des réseaux BLOM, il est important d'avoir une cohérence et une homogénéité en ce qui concerne le type de câble entre les différents segments (transport, distribution et branchement optique). En particulier, le repérage des fibres et des modules, la modularité et la tenue à la traction.

#### Repérage des fibres

Généralement pour identifier les fibres, 2 niveaux d'identification sont nécessaires. Le premier fait référence à la couleur de la fibre et le second à la couleur de son module. Ici, du fait du nombre élevé de fibres, le repérage des éléments nécessite un troisième niveau de codification. Ce troisième niveau est composé de groupes de micromodules. Ces groupes sont distingués les uns des autres grâce à un marquage avec des anneaux à la surface des compact tubes (nombre maximum d'anneaux égal au nombre de groupes).

Il est demandé d'utiliser le code couleur suivant :

Numéro de module	Couleur
1	Rouge
2	Bleu
3	Vert
4	Jaune
5	Violet
6	Blanc
7	Orange

8	Gris
9	Marron
10	Noir
11	Turquoise
12	Rose

Lorsqu'il est nécessaire d'utiliser le repérage par anneaux (câbles à plus de 12 modules), les anneaux sont appliqués dès le premier groupe de 12 modules :

- Les modules de 1 à 12 sont repérés par une bague noire
- Les modules de 13 à 24 sont repérés par deux bagues noires.
- Les modules de 25 à 36 sont repérés par trois bagues noires.
- Et ainsi de suite.

Le module n°10 est noir pour les câbles composés de 12 modules ou moins. Il devient vert clair pour les câbles composés de plus de 12 modules (pour identifier les modules n°22, n°34,...).

Au sein des modules, il est demandé d'utiliser le code couleur suivant pour différencier les fibres :

Numéro de fibre au sein du module	Couleur
1	Rouge
2	Bleu
3	Vert
4	Jaune
5	Violet
6	Blanc
7	Orange
8	Gris
9	Marron
10	Noir
11	Turquoise
12	Rose

Dans le cas de module supérieur à 12 fibres optiques, les fibres 13 à 24 sont différencierées par anneau, et le vert clair se substitue au noir.

Dans l'objectif d'harmoniser les pratiques, il est recommandé d'adopter les règles communes en ce qui concerne la modularité des câbles sont :

- sur le segment transport optique (NRO-SRO) : privilégier 12 fibres optiques par module (par exception, 24 fibres optiques maximum par module)
- sur le segment de distribution optique (SRO-PBO) : 12 fibres optiques maximum par module

Enfin, les câbles de fibre optiques déployés sur la BLOM doivent à minima avoir le marquage suivant :

Marquage des	Recommandation	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques
--------------	----------------	---------------------	-----------------------

câbles	France THD		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Date</li> <li>- Nombre de fibres optiques</li> <li>- Type de fibre</li> <li>- Bande métrique</li> <li>- Fabricant</li> <li>- Numéro de lot</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traçabilité</li> <li>- Faciliter les opérations d'intervention</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- À prévoir dès la commande du câble</li> </ul>

## 4.3 Spécifications de la connectique optique

### 4.3.1 Les différentes solutions techniques

La connexion optique, que l'on parle de connecteur ou d'épissure, est un composant crucial pour la bonne mise en œuvre d'un réseau d'accès FttH, et particulièrement de la partie raccordement depuis le point de branchement (PBO) jusqu'à la prise d'abonné (DTIo).

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

- La connectique standard SC
- La connectique LC
- L'épissure par fusion : raccordement en ligne fibre à fibre et de pigtails
- L'épissure mécanique

#### 4.3.1.1 Les épissures

Les épissures sont un moyen de raccordement non démontable, en ligne, de deux fibres optiques. Elles sont principalement caractérisées par de faibles pertes optiques, de très faibles niveaux de réflexion et des résistances en traction permettant une continuité du lien optique.

Le champ d'application typique des épissures est le raccordement en ligne fibre à fibre dans l'infrastructure optique, du NRO au PBO, et dans le branchement d'abonné (du PBO au DTIo).

On distingue généralement les épissures par fusion et les épissures mécaniques.

L'épissure par fusion est utilisée massivement pour le raccordement des câbles en chambre, en souterraine ou en aérien. C'est également, au NRO et au SRO, la méthode préconisée pour le raccordement des pigtails des têtes de câble et dans les boîtiers de jonction de câble. Les opérations de soudure peuvent être long et nécessiter à la fois des équipements onéreux et des techniciens qualifiés. Cette technique, lorsqu'elle est bien appliquée permet d'assurer une fiabilité de transmission à long terme.

L'épissure mécanique est un dispositif d'alignement qui maintiennent les extrémités des deux fibres ensemble avec un gel ou une colle d'adaptation d'indice entre elles. Il existe un certain nombre de types d'épissures mécaniques, telles que les petits tubes de verre ou des pinces métalliques en forme de V. Les outils pour faire des épissures mécaniques sont généralement peu onéreux.

Le raccordement d'abonné est caractérisé par un certain nombre de facteurs technico économiques (temps de mise en œuvre, accessibilité et praticabilité) qui pourraient rendre envisageable l'utilisation de l'épissure mécanique du PBO au DTlo inclus.

#### *4.3.1.2 Les connecteurs*

Les connecteurs sont un moyen de raccordement démontable, en ligne, de deux fibres optiques permettant jusqu'à 500 opérations de connexion/déconnexion. Ils sont principalement utilisés dans les nœuds d'exploitation du réseau et en partie terminale chez l'abonné. Leur utilisation est justifiée par :

- Le brassage de fibres pour optimiser l'utilisation de ressources (port actif, coupleurs, fibre....)
- La nécessité d'un point d'accès pour effectuer des mesures
- Le besoin de matérialiser une limite de responsabilité entre deux propriétaires d'infrastructure optique en continuité (opérateur / client par exemple)

Si l'on s'en tient à la définition, un connecteur est composé de deux fiches et d'un raccord. Par abus de langage, on donne souvent le nom de connecteur à la fiche elle-même.

Plusieurs types de connectique (SC, LC,...) sont envisageables. Les performances en taux de réflexion ont une grande importance. C'est le cas des connecteurs de type APC (Angled Physical Contact) à faible niveau de réflexion (le signal réfléchi est d'au moins de 60 dB inférieur au signal incident). Le SC/APC est fortement déployé depuis la fin des années 90 en France. Si l'on veut déployer un réseau neutre, l'utilisation *a minima* des meilleures performances en taux de réflexion est nécessaire afin de garantir le fonctionnement de l'ensemble des équipements actifs disponibles sur le marché.

#### *4.3.1.3 Pigtais et jarretières*

Le mot de cordon est également utilisé pour désigner une jarretière optique ainsi que demi-cordon (ou fibre amorce) pour pigtail.

##### *Le pigtail 900µm :*

Les pigtails sont utilisés pour équiper l'extrémité d'un câble avec des fiches optiques, ceci afin de raccorder les fibres d'un câble pour accéder à une zone de brassage ou de raccordement. Ils sont composés d'une fibre optique gainée à 900µm sur laquelle est montée une fiche en usine. L'utilisation d'une fibre 900µm permet une manipulation plus sécurisée de la fibre pour l'accès en partie "arrière" des zones de brassage. Cette gaine 900µm (isolation semi-serrée) peut être retirée à l'aide d'un outil pour donner l'accès à la fibre 250µm. Après avoir retiré leur gaine sur la longueur désirée, les pigtails sont épissurés par fusion en extrémité des fibres du câble, la protection d'épissure et la fibre 250µm étant ensuite rangés dans une cassette.

##### *Le pigtail 1,6mm ou 2 mm :*

Leur principe d'utilisation est identique au pigtail 900µm mais ils présentent des caractéristiques mécaniques supérieures, ce qui peut être plus adapté sur les réseaux BLOM où ils sont utilisés et sollicités de manière intensive.

##### *Les jarretières 1,6 ou 2 mm :*

Une jarretière est utilisée dans une zone de brassage comprise entre deux panneaux de raccords. Elle est réutilisable et peut être utilisée indépendamment à chacune de ses extrémités.

#### *4.3.1.4 Les câbles préconnectorisés*

Les câbles préconnectorisés sont utilisés en différents points du réseau : au NRO, dans les colonnes montantes (câbles de distribution), pour le raccordement clients (câbles de branchement). Ils facilitent le travail sur le terrain, réduisent les temps d'intervention et les risques d'erreurs.

#### **4.3.2 Normes applicables**

Les normes applicables pour les connecteurs et les épissures sont :

Objet	Normes applicables
Connecteur SC/APC	NF EN 60874-14-9
Connecteur LC/APC	NF EN 61754-20
Épissure optique	NF EN 61753-131-3

Les normes applicables pour les cordons fibres optiques installés en environnement contrôlé (dans des armoires, tiroirs, coffrets ou boîtiers) sont :

Objet	Normes applicables
Cordons (jarretières)	NF EN 61753-12-2
	XP C 93-950-2-2

Les jarretières, les pigtailed et les câbles préconnectorisés sont fabriqués en usine avec des moyens de production permettant de garantir les spécifications exigées dans les réseaux très hauts débits. Les caractéristiques garanties sont :

- Optiques : les mesures de pertes d'insertion et de taux de réflexion sont effectuées face à des fiches de référence conformément aux normes NF EN 60784-1.
- Géométriques : les caractéristiques géométriques de polissage (APEX, rayon, retrait / protrusion) sont contrôlées par interférométrie conformément à la norme NF EN 60874-14-5.

#### **4.3.3 Recommandations dans le cadre du Plan France THD**

##### Connecteurs et épissures

Les connecteurs retenus pour la BLOM sont les connecteurs SC/APC 8° grade B1 ou C1 (affaiblissement = 0,5 dB pour 97% de connecteurs fournis).

Il est recommandé d'utiliser des capuchons de connecteur translucides et diffractant le signal pour protéger les connecteurs et permettre l'optimisation des opérations de repérage par laser.

Connecteurs	Recommandation France THD	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques

Connecteur SC/APC 8° grade B1		- faible taux de réflexion - la faible atténuation de ce type de connecteur est un avantage pour les lignes longues, notamment dans les zones rurales	- léger surcoût -
Connecteur SC/APC 8° grade C1		-	- Atténuation plus élevée que le grade B1
Connecteur SC/APC grade D		-	- atténuation trop élevée (inférieure à 1 dB pour 97%)
Connecteur LC		- Pas adapté	

Épissures	Recommandation France THD	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques
Par fusion		- fiabilité de transmission à long terme	-
Mécanique		- Pas besoin de matériels nécessitant de l'énergie.	- peu utilisée par les opérateurs en France à l'état actuel du déploiement FttH - plus volumineux - Pas de contrôle immédiat

### Pigtails et jarretières

Il est recommandé d'utiliser des longueurs standard de cordons (jarretières) afin d'en simplifier la logistique. L'utilisation de cordons ayant des diamètres plus petits que 2 mm permet de réduire l'encombrement aux panneaux de brassage. On veillera cependant à ce qu'ils respectent les caractéristiques mécaniques de tenue à la traction et en courbure (il est préférable de ne pas aller en deçà de 1,4mm).

Pour s'affranchir des risques de courbure accidentelle (risque d'autant plus grand que le diamètre du câble est faible), il est conseillé d'utiliser de la fibre à faible sensibilité à la courbure, au minimum de type EN 60793-2-50/B6\_a2/bx, correspondant à l'UIT G.657.A2/Bx, qui permet des rayons de courbures de fibres optiques inférieurs ou égaux à 7,5 mm.

Dans les SRO, il est recommandé d'utiliser une longueur de jarretière (ou pigtails) unique, généralement inférieure ou égale à 5m.

## 4.4 Spécifications des boîtiers de protection et d'épissures (BPE)

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

Les boîtiers BPE sont conformes à la norme NF EN 50411-2-10 (catégories G) pour les réseaux FttH jusqu'à 2m de profondeur en chambre.

La performance environnementale des BPE est décrites par rapport aux catégories A, O, G et S de la nouvelle édition de la norme IEC 61753-1 « Norme de performance des dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Partie 1 : Généralités et lignes directrices pour l'établissement des normes de performance ». Cette dernière existera en tant que norme française sous le nom NF EN 61753-1, et remplacera la norme existante.

## 4.5 Les points de branchement optique (PBO)

Le point de branchement optique se retrouve dans tous les types d'infrastructures (souterraine, aérienne, immeuble...) le maximum étant fait pour utiliser les infrastructures existantes ou les cheminements déjà empruntés par les réseaux existants. Le PBO, dans sa version souterraine, doit avoir une dimension permettant son installation dans une chambre. Le PBO peut être situé :

- en extérieur :
  - en chambre souterraine
  - sur poteau télécom
  - sur façade
  - en borne.
- En intérieur :
  - en pied d'immeuble
  - au niveau de l'étage

Le PBO peut être utilisé dans une configuration de distribution (éclatement d'un câble vers plusieurs DTlo) ou dans une configuration de piquage (cas de plusieurs PBO en chaîne). Un PBO dessert au minimum 2 et au maximum 12 logements.

Le PBO doit pouvoir recevoir des épissures lors des opérations de branchement. Néanmoins, Pour des besoins de facilité opérationnelle, de limite de responsabilité et simplification des opérations de raccordement client, il peut être envisageable l'utilisation des boitiers PBO pré-connectorisés.

L'utilisation d'un câble de raccordement intérieur / extérieur permet d'éviter un boîtier de transition en pied d'immeuble. Les points de branchement (PBO) d'étage sont alors directement installés sur ce câble. Si le câble d'adduction d'immeuble n'est pas conforme à la réglementation feu, un boîtier de transition (BPI) doit alors être installé en pied d'immeuble.

### 4.5.1 Normes applicables

Quatre fonctionnalités sont importantes pour le choix des PBO:

- capacité de fibres
- entrées et sorties de câbles
- ouverture et fermeture
- adaptabilité aux infrastructures en dehors des zones très denses

Selon la configuration, les normes applicables sont :

Objet	Normes applicables
PBO intérieur	PR-XPC_93-923-1
PBO extérieur	XPC_93-923-2-1 et XPC_93-923-2-2

#### 4.5.2 Recommandations dans le cadre du Plan France THD

Les recommandations concernant l'utilisation et l'aménagement des fibres dans les PBO sont en cours de définition dans le cadre des travaux d'harmonisation, au sein du Comité d'Experts Fibre. Les conclusions de ces travaux seront intégrées dans une version ultérieure de ce document.

### 4.6 Dispositif de Terminaison Intérieur Optique (DTIo)

#### 4.6.1 Les différents types de boîtiers

Le DTIo est l'élément optique passif situé à l'intérieur du logement ou local à usage professionnel qui constitue la frontière entre la BLOM, qui relève de la responsabilité de l'opérateur de réseau et la desserte interne du local, qui relève de la responsabilité de l'abonné.

Le DTIo se situe en zone privative, généralement dans la gaine technique du logement (GTL), par exemple dans le garage pour les logements résidentiels ou dans le coffret technique de chaque appartement pour les immeubles collectifs.

Le DTIo peut être relié soit au PBO extérieur, soit au PBO intérieur (palier).

#### 4.6.2 Normes applicables

Le DTIo doit répondre aux caractéristiques suivantes :

- Protection contre tout risque d'interférence avec le rayon laser
- Sécurité au niveau de la rétention du cordon de connexion
- Fiabilité de l'accroche de la prise sur le mur

Objet	Normes applicables
DTIo	XPC_93-917

#### 4.6.3 Recommandations dans le cadre du Plan France THD

L'utilisation du kit (DTIo + câble préconnectorisé) est suggéré en immeuble collectif, lorsque le tirage peut se faire depuis l'intérieur du logement vers le PBO. Cela permet de faciliter les opérations de branchement optique, un gain de temps ainsi qu'une plus grande fiabilité de l'installation.

DTIo	Recommandation France THD	Avantages/bénéfices	Inconvénients/risques

Cas immeuble collectif : kit (DTIo + Câble préconnectorisé)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- facilite les opérations de branchement optique</li> <li>- gain de temps</li> <li>- fiabilité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- longueur de câble variable notamment en zone pavillonnaire (cas raccordement long)</li> <li>- obligation de déployer de l'intérieur vers l'extérieur</li> </ul>
---	---	--	--

Pour les raccordements en zone pavillonnaire, un câble nu permet plus de souplesse lors des opérations de branchement, une soudure est alors réalisée sur place et la fibre est lovée dans le DTIo.

## 5 Spécifications techniques des modes de pose des câbles fibres optiques

### 5.1 Déploiement en souterrain

#### 5.1.1 Les différentes techniques de pose

Les câbles optiques peuvent être déployés dans les fourreaux en sous-terrain :

- soit en utilisant des techniques de tirage traditionnelles : tel que le tirage manuel ou au treuil
- soit en utilisant des techniques de soufflage/portage à l'air ou flottage à l'eau.

##### 5.1.1.1 Pose du câble par tirage manuel

À ce jour, cette technique est très utilisée pour les courtes distances. Le touret de câble est positionné à une extrémité du fourreau et le câble doit être tiré à partir de l'autre extrémité. Si le fourreau n'est pas déjà équipé d'un tire-fil, ou s'il n'est pas adapté, il faut préalablement passer une aiguille rigide ou un fil qui sera utilisé pour tirer le câble.

L'aiguille est poussée manuellement dans le fourreau. La distance est limitée à la longueur de l'aiguille, à la configuration du réseau, à son état et à l'effort de poussée à fournir.

La pose d'un fil souple nécessite l'utilisation d'un compresseur d'air et des accessoires permettant son installation par soufflage dans le fourreau, (obturateur guide fil, furet, etc...).

Le raccordement du câble à l'aiguille ou au tir fil est réalisé à l'aide d'une chaussette adaptée, ou en utilisant une technique évitant la détérioration du câble et son décrochement pendant le tirage.

Cette méthode est simple, économique et nécessite peu de matériel. Néanmoins, si les efforts de traction ne sont pas maîtrisés, les risques de détérioration du câble sont importants. Par ailleurs, les distances de pose sont courtes.

Afin de limiter les risques inhérents à cette méthode, les précautions indispensables à prendre en compte sont les suivantes :

- limiter autant que possible la longueur des tronçons
- installer le touret ou la bobine de câble sur un dispositif adapté
- protéger le câble des salissures : au besoin, installer une bâche au sol entre le touret de câble et l'entrée du fourreau, et sur les surfaces utilisées pour les loves intermédiaires
- réaliser les loves intermédiaires avec le plus grand soin
- réaliser le tirage de manière régulière, uniforme et sans chocs. Les efforts doivent être les plus réduits possible et sans à-coups.

Comme indiqué dans le guide technique IEC 62691, le tirage doit être effectué par une seule personne.

##### 5.1.1.2 Pose du câble au treuil

Ce mode de pose est mis en œuvre sur des courtes distances et nécessite l'aiguillage préalable des fourreaux. Une telle opération doit être menée et contrôlée pour limiter les contraintes, dans des conditions compatibles avec les caractéristiques du câble :

- l'effort dit en continu, c'est-à-dire l'effort de traction exercé en tête de câble pendant l'opération ;
- l'effort de décollage, c'est-à-dire l'effort maximal exercé au démarrage ou à la reprise de l'opération de tirage.

À cet effet, un dynamomètre est utilisé et, le cas échéant, un enregistreur de force.

L'effort de traction pour les câbles à fibres optiques est généralement de 220 daN en continu et 270 daN en reprise.

#### *5.1.1.3 Pose du câble par soufflage ou portage à l'air*

C'est sans doute la méthode la plus pratiquée aujourd'hui. Le câble est toujours poussé mécaniquement, mais contrairement à la méthode précédente, il n'est pas tiré par la tête à l'aide d'un furet, mais entraîné par un très fort courant d'air qui passe à grande vitesse le long du câble et qui par sa viscosité l'agrippe sur l'ensemble de sa surface pour le tirer à l'intérieur du fourreau. Cette méthode est de loin la moins contraignante pour le câble, qui n'est exposé qu'à de très faibles tractions, elle permet d'assurer la plus grande sécurité pour le câble.

##### Impact sur les câbles

Le procédé s'applique à tous les câbles à fibres optiques de Ø 2 à 36 mm maximum. Compte tenu de la faible tension subie, les câbles n'ont besoin d'aucune armature. Le peu de rigidité que peut offrir un câble non armé est compensé par l'adjonction d'un furet non étanche appelé "tête sonique" attaché à la tête du câble et dont l'unique tâche est de maintenir cette dernière au centre du fourreau par une traction limitée à environ 5 à 10 daN.

Plus la densité du câble est faible, plus la distance maximale de pose sera longue. Plus la surface du câble est lisse et dure (PeHD, PeMD, nylon), plus la distance de pose sera longue. Un câble de très forte rigidité (pratiquement plus malléable à la main) ou ayant une très forte mémoire de forme aura une distance maximale de pose plus courte dans un réseau accidenté.

Un câble de section non ronde peut, éventuellement, entraîner des fuites d'air et de pression dans la chambre d'admission de l'appareil et verra sa distance maximale de pose diminuée. Un câble à armature non concentrique peut provoquer des frictions plus importantes contre le fourreau et avoir des distances de pose raccourcies, il peut également être un handicap à la pose d'un deuxième câble.

##### Impact sur les fourreaux

Tout fourreau lisse ou strié longitudinalement, de stries peu profondes, étroites et bien taillées (sans bavures), peut convenir pour autant qu'il soit en PeHD et résiste à une pression intérieure de 12 bars pendant au moins une heure en continu à une température de 60°C.

Les gaines en PVC conviennent mal à la méthode. Compte tenu des collages successifs tous les 6 ou 10 mètres, l'étanchéité est rarement garantie et le PVC, résistant mal à la chaleur, éclate ou sort de ses manchons de raccordement.

Le rapport D/d (Diamètre intérieur du fourreau / diamètre du câble) optimal est de l'ordre de 2 à 2,5. Il est néanmoins possible de descendre jusqu'à des valeurs de l'ordre de 1,3 qui correspondent à un taux d'occupation du fourreau de 60%. Plus ce rapport est élevé, plus la distance maximale de pose est longue, mais également le risque de flambage augmente, ce qui peut rendre nécessaire l'utilisation d'une tête sonique.

Il est utile de rappeler ici que :

- la méthode de pose par soufflage à l'air permet l'usage de plusieurs appareils en cascade (série) permettant la pose de câbles longs ( $>12$  km) en une seule opération.
- les accessoires de réserve de lavage permettent d'envoyer, depuis un point intermédiaire du tracé, un câble d'abord en partie dans une direction, le reste ensuite dans l'autre direction. Ces appareils de stockage intermédiaire suppriment la dépose en 8 sur le sol. Le câble ne se salit plus, est stocké rapidement sur un espace très restreint et, surtout, n'est plus manipulé à la main.
- il est toujours préférable d'envoyer un câble dans le sens général de la descente. Les fabricants d'appareillage commercialisent des programmes de simulation, permettant d'optimiser préalablement la solution pour la pose.

L'air comprimé fourni par le compresseur ne doit contenir aucune huile et être le plus sec possible. La température de l'air comprimé entrant dans la machine doit être la plus basse possible. Lorsque la température extérieure est supérieure à  $25^{\circ}\text{C}$ , il est vivement recommandé, quand le compresseur n'en est pas déjà muni, de placer un refroidisseur d'air sur le tuyau le reliant à l'appareil.

#### *5.1.1.4 Pose du câble par flottage à l'eau*

Cette méthode est identique à celle du soufflage, seul le médium change, l'eau remplace l'air. Les performances obtenues grâce à cette technique sont supérieures à celles du soufflage. La quantité d'eau nécessaire est fonction du diamètre intérieur du fourreau et du diamètre extérieur du câble. L'approvisionnement en eau s'effectue de diverses façons : citerne plastique en location, bâche type « poche à eau » pliable posée au sol, citerne sur véhicule, rivière, canal, étang, etc. À titre d'exemple, dans un tube PeHD  $\varnothing 27 / 33$  mm, la quantité d'eau nécessaire pour la pose d'un câble sur 4 800 mètres est de 2 500 litres environ.

Les appareils de pose sont les mêmes à l'exception de quelques accessoires supplémentaires et une pompe à eau à débit variable qui se substitue au compresseur d'air.

Les avantages de la méthode sont les suivants :

- elle rend possible de plus longues portées, jusqu'à 3, voire 4 fois celles réalisables par le soufflage ;
- elle ne génère par ailleurs pas d'échauffement exagéré dû au compresseur ;
- lors de la pose d'un 2ème, voire 3ème câble, les performances du flottage sont nettement supérieures à celle du soufflage.

Les inconvénients de la méthode sont les suivants :

- il est nécessaire d'amener l'eau (environ 0,5 à 1,5 litres par mètre courant de gaine) et de disposer d'une citerne ;
- le poids spécifique du câble doit être voisin de celui de l'eau. Lorsqu'il s'en éloigne trop, les frictions, soit sur le haut du fourreau, soit sur le bas, diminuent très sérieusement les performances de la méthode.

En conséquence, cette méthode est peu utilisée dans le déploiement de la BLOM. Elle s'adresse en particulier aux cas spécifiques suivants :

- très grands tronçons linéaires et chambres très éloignées ;
- distances courtes mais tracés compliqués (virages, montées, frottement) ;
- pose de micro-câbles dans des micro-tubes (plus faible besoin en eau).

#### *5.1.1.5 Pose de micro-câbles dans des micro-tubes*

Le principe de la technique de pose par soufflage à l'air ou portage à l'eau dans les micro-tubes repose sur deux aspects :

- un entraînement mécanique du câble par un système de poulies ou de courroies ;
- un effet de portage du câble assuré par l'injection d'air comprimé ou d'eau dans la micro-conduite.

Cette méthode est de loin la moins contraignante pour le micro-câble qui n'est exposé qu'à une très faible traction longitudinale répartie sur la longueur du câble présent dans la conduite. C'est la méthode qui assure la plus grande sécurité pendant la phase d'installation.

Le soufflage de micro-câbles doit être effectué avec des appareils adaptés présentant toute sécurité pour le câble et avec un affichage des paramètres nécessaires pendant la pose.

Dans le cas de la pose de micro-câbles, l'appareil de soufflage doit être équipé d'un limiteur de couple de haute précision. Pour les mini-câbles de diamètre 3 à 6 mm, l'appareil de soufflage doit pouvoir transmettre une force de poussée de 100 N avec un moteur électrique ou une force de poussée de 180 N avec un moteur pneumatique. Pour la pose de mini-câbles de diamètre 5 à 8 mm dans des réseaux longues distances, tels que le long des voies ferrées, autoroutes ou autres, l'appareil doit permettre une force de poussée maximum de 300 N. Cette poussée est réalisée par deux courroies assurant une meilleure transmission sur le câble.

Le câblage des derniers mètres, pour une distance de l'ordre de 100m, requiert une nouvelle génération d'appareil de pose, d'un coût plus adapté. Cet appareil fonctionne en mode pousseur ou en soufflage à l'air ou en soufflage avec furet étanche en tête de câble. Il doit être capable d'installer sans difficulté des micro-câbles ou des mini-câbles de diamètre allant jusqu'à 5 mm.

La pose à l'air dans les micro-tubes nécessite des pressions d'air maximum de 15 bars.

Les longueurs de pose dépendent de différents composants :

- micro-tubes en PeHD rainuré à l'intérieur avec paroi interne présentant un faible coefficient de friction (inférieur à 0,1)
- un micro-câble léger et rigide ayant une gaine extérieure de faible frottement dans le tube (inférieur à 0,1)
- une lubrification à l'intérieur du micro-tube avant la pose avec un lubrifiant spécifique
- une pose avec un compresseur refoulant un air refroidi exempt d'huile
- utilisation d'un lubrificateur situé en amont est fortement recommandée.

À titre d'exemple, un micro-câble Ø 6 mm peut être porté dans un micro-tube Ø 8 / 10 mm sur une longueur de 2200 mètres.

La qualité des différents composants permet de poser directement le micro-câble dans les tubes par poussée avec l'appareil de pose, sur des longueurs de l'ordre de 100 mètres, sans injection d'air.

Ces longueurs dépendent du nombre de courbes et du parcours du micro-tube.

#### **5.1.2 Organisation des câbles dans les chambres**

Lors de la pose d'un câble, il peut être nécessaire d'utiliser une chambre pour le stockage temporaire d'une longueur de câble (de l'ordre de 10 à 15 mètres) en attente du tirage du tronçon suivant. Dans ce cas, on utilise généralement un stockage « en 8 » qui permet de ne pas contraindre le câble.

Par ailleurs, une chambre doit également pouvoir accueillir une surlongueur de câble à des fins d'exploitation et de maintenance. Des loves de manœuvre sont généralement prévus afin de pouvoir extraire et travailler dans les boîtiers de protection d'épissures en dehors de la chambre dans un véhicule ou sous une tente.

Ces loves peuvent être réalisés en « 8 à plat » ou « 8 refermé ». La longueur des loves dépend du type, la configuration, l'accessibilité et l'environnement de la chambre dans laquelle ils sont installés.

### 5.1.3 Principales contraintes subies par les câbles de fibre optique

Les principales contraintes subies par un câble lors des opérations de pose sont :

- la traction : la résistance d'un câble à la traction dépend de sa structure. L'effort de traction exercé sur le câble dépend bien entendu du type de pose. La force de traction maximale admissible par le câble est indiquée par le fabricant.
- la torsion ou le vrillage : lors de la pose, il faut veiller à ce que le câble ne subisse pas de torsion. Les inscriptions sur la gaine peuvent servir de témoin. Pour le tirage au treuil, il est utile d'accrocher le câble à la cablette à l'aide d'un émerillon (élément de jonction tournant permettant de compenser la torsion de la cablette). Si un entraîneur intermédiaire est utilisé, il convient de vérifier qu'il n'induit pas d'effort de torsion sur le câble ;
- le pliage (faible rayon de courbure statique ou dynamique) : les valeurs fixées par le constructeur permettent de garantir un niveau minimum de contrainte sur les fibres. Il faut veiller, lors de la réalisation de "love" au sol ou en chambre de tirage, à dévider les spires de câble par rotation du touret, soit en utilisant un dérouleur de câble, soit en faisant rouler le touret. Dans le cas de pose en conduite extérieure, il est recommandé d'utiliser les équipements ad-hoc (poulies de renvoi, galets de guidage, gouttières de protection, etc.) afin de limiter les rayons de courbure des câbles et également afin de réduire le frottement sur des angles vifs.
- l'écrasement : pendant les opérations de pose, il est important d'apporter un soin particulier au "stockage intermédiaire" des câbles. Lorsqu'il est nécessaire de mettre un câble en attente, sans que ce dernier soit protégé, un balisage approprié doit être utilisé pour éviter qu'il ne soit écrasé par des objets, des personnes ou des véhicules.
- l'abrasion de la gaine
- les contraintes climatiques : les températures de pose sont généralement limitées entre 0°C et 45°C.

### 5.1.4 Recommandations dans le cadre du Plan France THD

Le tableau ci-dessous regroupe les principaux attributs des différentes méthodes de pose.

	Applicabilité	Contraintes	Risques
Pose manuelle	- surtout pour le génie civil existant en zone urbaine	- fourreaux calibrés et aiguillés	
Pose au treuil	- courtes distances en raison des frottements		
Soufflage (air)		- étanchéité des	- utilisation dans les

		fourreaux - surveillance continue	fourreaux occupés
Flottage (eau)	- dans le cas de tronçons linéaires, longs et de chambres très éloignées	- étanchéité des fourreaux - approvisionnemen t en eau	- utilisation dans les fourreaux occupés

Les différentes techniques décrites ci-dessus sont acceptées dans le cadre du Plan France THD. La formation des techniciens à ces différentes techniques et le contrôle tout au long du processus de pose restent cruciaux pour assurer la pérennité de ces réseaux.

Applicabilité	Fourreau PVC	Fourreau PVC HD	Fourreau PeHD
Pose manuelle			
Pose au treuil			
Soufflage (air)			
Flottage (eau)			

#### Tirage au treuil

Pour ce qui relève de la pose de câble par treuil, ci-dessous les principales recommandations :

- utiliser obligatoirement un treuil équipé d'un système enregistrant les forces de traction et limitant les seuils à ne pas dépasser ;
- pour les grandes longueurs ou lorsque le parcours est difficile, et que le seuil risque d'être dépassé, il est conseillé d'utiliser des entraîneurs intermédiaires afin de limiter les efforts de traction ;
- pour le tirage dit « boucle de tampons » : cette méthode sécurise le tirage des câbles de grande longueur et supprime les problèmes de synchronisation entre le treuil et l'entraîneur. Dans une chambre intermédiaire, à l'aide d'un entraîneur, le câble sort à l'extérieur et fait une boucle afin de reprendre la conduite suivante. Il est nécessaire de disposer d'un système de guidage et d'un limiteur de force au niveau de cet entraîneur.

#### Pose par soufflage

Les fourreaux non pré-lubrifiés doivent être lubrifiés avec un lubrifiant peu visqueux conçu spécialement pour le soufflage, à raison d'environ 0,5 à 1 litre par km suivant le diamètre du fourreau. Sans lubrification, la perte de longueur de pose maximum peut atteindre jusqu'à 40 %. Les lubrifiants conventionnels utilisés pour le tirage ne conviennent pas. Les gaines rainurées et/ou pré-lubrifiées avec un lubrifiant solide ont, sans lubrification supplémentaire, des performances nettement supérieures aux autres tant qu'ils n'ont pas été lubrifiés. Toutefois, l'expérience montre qu'une lubrification supplémentaire, à demi-dose, des gaines pré-lubrifiées en allongeait encore la distance maximale de pose.

Avant la pose d'un câble, il y a lieu de s'assurer que le fourreau est propre et vide de toute eau. Cela se fait par envoi de tampons de mousse à l'aide d'air comprimé. Cette pratique donne la garantie que le tube est continu du début à la fin. Certains, surtout quand ils travaillent sans tête sonique, se contentent du passage du tampon et renoncent aux exercices de calibrage et de test sous pression de la gaine, quand ils ne sont pas imposés. Quand le tampon de mousse est passé, même si le calibrage du fourreau n'est pas garanti, un câble nu a beaucoup plus de chances de traverser un tube légèrement aplati, que s'il est muni d'un furet ou d'une tête conique.

Le déploiement simultané de câbles multiples est possible, notamment dans le cas du tirage manuel. Néanmoins, il est conseillé de s'assurer que la somme des diamètres ne dépasse pas 70% du diamètre intérieur de la gaine, alors que dans le cas d'un câble unique, ce ratio peut atteindre 75%.

#### Organisation des chambres

Les recommandations en ce qui concerne l'organisation des câbles dans les chambres sont :

- Veiller à respecter les rayons de courbure des câbles indiqués par le fabricant
- Le câble ne doit pas être mis en contrainte par un appui sur les arêtes de la chambre (cadre ou corps)
- Les loves sont à fixer sur l'un des grands pieds droit de la chambre en quatre points (haut, bas, droite et gauche)
- En partant des fourreaux et après le premier tour de lovage, les câbles sont fixés ensemble avec un collier tous les mètres (jusqu'au boîtier)
- Une gaine de protection du câble « gaine fendue annelée » est installée en entrée et sortie de câble sur une longueur de 1,50 m
- Les câbles sont lovés en « 8 », les loves sont effectuées suivant la technique du « 8 à plat» si l'encombrement de la chambre le permet, et sinon en « 8 refermé ».

## 5.2 Déploiement aérien

Les recommandations techniques sur le déploiement aérien seront intégrées dans ce document suite à la finalisation des travaux Objectif Fibre portant sur un guide pratique pour la « desserte BLOM sur support aérien ». La publication de ce guide est programmée à l'automne 2015.

## 6 Contrôles et recettes des réseaux BLOM déployés

Le présent chapitre aborde, pour chacun des grands domaines techniques traités dans les chapitres précédents, le sujet du contrôle des travaux et de la recette des ouvrages exécutés, en cours et en fin de travaux.

Les opérations de contrôle et de recette sont de deux types :

- visuel : consiste à vérifier que la mise en œuvre est conforme aux spécifications techniques du cahier des charges, aux normes et aux règles de l'art.
- par la mesure : consiste à réaliser des mesures optiques, puis comparer les résultats obtenus avec les résultats théoriques.

Elles sont complétées par une vérification de la conformité à l'ensemble de la documentation ainsi qu'à la cohérence avec le contenu du système d'information.

Ces opérations de contrôle peuvent être effectuées soit par :

- L'entreprise qui a construit le réseau (ou l'infrastructure de génie civil prévue pour ce réseau), ou le maître d'œuvre
- Le maître d'ouvrage
- Une entreprise externe, mandatée spécialement pour ce travail

Elles peuvent concerner tous les éléments du réseau (tous les liens en fibre optique) ou seulement un échantillon pris aléatoirement. Une combinaison des deux est également possible : un contrôle exhaustif par le maître d'œuvre et un contrôle par échantillonnage par le maître d'ouvrage (ou délégué un tiers).

La seule certification de l'entreprise qui réalise les travaux par un organisme certificateur ne garantit pas pour le maître d'ouvrage que son réseau soit exempt de défaut dont l'exploitation lui incombera financièrement et contractuellement vis-à-vis de ses clients. Il importe donc qu'il prenne toutes les dispositions pour minimiser les défauts sur l'infrastructure déployée.

À cette fin, le présent chapitre décrit, du génie civil à la liaison en fibre optique, les opérations de contrôle qu'il convient d'effectuer.

### 6.1 Contrôle et recette des infrastructures de génie civil

Les principaux contrôles décrits dans les paragraphes suivants doivent faire l'objet d'un Procès-Verbal de réception.

#### 6.1.1 Contrôles des travaux en cours d'exécution

Certains contrôles peuvent être effectués pendant la phase des travaux par le maître d'œuvre et permettent de valider l'avancée des travaux.

##### 6.1.1.1 Contrôle des tranchées

Pour les tranchées, il convient de contrôler les éléments suivants :

- validation du tracé et des plans
- respect des techniques de pose préconisées
- matériaux de pose et de protection (sable, béton, gaines, ...)

- respect des cotes (profondeur des tranchées, largeur, positionnement des chambres)
- qualité de pose et de protection des fourreaux
- pénétrations dans les bâtiments
- pose de grillage avertisseur (ou couleur du béton pour les tranchées faible profondeur)

Les guides concernant les techniques de remblayage et de contrôle de compactage sont également disponibles sur le site de la Documentation des Techniques Routières Françaises (DTRF) <http://dtrf.setra.fr/> :

- DT628 - Août 1994 : Guide technique de remblayage des tranchées
- DT4253 – Juin 2007 : Remblayage des tranchées et réfection des chaussées - Compléments au guide Setra-Lcpc de mai 1994

#### *6.1.1.2 Contrôle des fourreaux*

Pour les fourreaux, il est recommandé de contrôler les éléments suivants :

- nombre, diamètre, type : PeHD, PVC
- qualité et repérage des manchons
- essai d'étanchéité des fourreaux PeHD sous une pression de 4 bars
- la pose «en nappe» des fourreaux, si celle-ci est demandée, pour éviter leurs croisements et garder une cohérence de leur disposition
- la présence de bouchons au niveau des extrémités des fourreaux (qui dépassent les murs des chambres d'au moins 15 à 20 cm pour les PeHD et qui sont coupés à ras pour les PVC)
- présence d'un fil de pré-aiguillage pour les fourreaux PVC
- pendant les travaux, s'assurer notamment que les tracés n'incluent pas des changements de direction importants avec des rayons de courbure trop faibles.

### **6.1.2 Contrôles et recettes en fin de travaux**

La recette finale validera la réalisation des travaux et permet d'établir le Procès-Verbal de réception.

#### *6.1.2.1 Contrôle des tranchées :*

Pour les tranchées, il est recommandé de contrôler les éléments suivants :

- validation du tracé et des plans
- respect des techniques de pose préconisées
- pénétrations dans les bâtiments
- remblaiement et compactage des tranchées
- réfections des surfaces

#### *6.1.2.2 Contrôle des fourreaux*

##### **6.1.2.2.1 Test de calibrage**

Le calibrage permet de vérifier la non-obturation, l'ovalisation des fourreaux et le respect du rayon de courbure. Il s'agit de contrôler le libre passage, dans la conduite, d'un calibre constitué d'une tige comportant un disque central de diamètre D (contrôle de l'ovalisation) et de deux disques latéraux de diamètre d (contrôle des rayons de courbure).

Le calibrage est réalisé après le remblayage et le compactage et avant la réalisation des réfections des surfaces définitives (pour des réinterventions de réparation).

La fiche contrôle établie pour chaque tronçon de vérification doit comporter notamment :

- le repérage des chambres d'origine et d'extrémité avec les masques ;
- la désignation du gabarit propulsé ;
- la longueur de la section en essai ;
- les dessins des masques avec la désignation des types de fourreaux ;
- les observations éventuelles.

Après calibrage, l'aiguillage du tube peut-être réalisé (à l'aide d'une drisse nylon).

Le test de calibrage des fourreaux est réalisé avec un furet. Le cas échéant, il peut être complété avec un mandrin.

Le simple passage d'une éponge ne garantit pas le passage ultérieur du câble dans le fourreau. Poussée par l'air, l'éponge peut passer dans d'éventuelles déformations dans lesquelles le câble ne passera pas nécessairement.

Pour la propulsion du furet, les caractéristiques de l'air de propulsion de l'ensemble mandrin – furet doivent être 7 bars pour fourreaux de diamètre intérieur > 40 mm et 4 bars pour fourreaux de diamètre intérieur < 40 mm, avec un débit maximum de 3500 litres/minute. La pression et le débit doivent être régulés.

Pour le calibrage, il faut prendre les précautions suivantes :

- L'extrémité de sortie doit être prolongée par un dispositif de récupération et d'amortissement du furet ;
- 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 ;
- En cas de blocage, il est nécessaire de repérer le furet afin de réparer la conduite.

Pour ce faire, il existe deux méthodes :

- Envoi d'une sonde émettrice :
- L'envoi d'un autre furet muni d'une sonde émettrice pour localiser le défaut permet de détecter le furet de façon approximative
- La conduite est obstruée par le furet-calibre, le volume d'air se trouvant entre le calibre et la sonde se comprime jusqu'à l'équilibre de pression entre l'air d'entrée et l'air entre les deux appareils, ce qui implique que la sonde n'atteint le calibre qu'approximativement. De plus, il est nécessaire de conserver la pression d'air pendant la localisation de la sonde, car elle pourrait repartir en arrière.
- Utilisation d'un calibre muni d'une sonde émettrice afin d'éviter les inconvénients de la méthode précédente. Il est possible d'accrocher une sonde émettrice à l'arrière du calibre. Dans ce cas, il faut propulser l'ensemble à une vitesse plus lente pour éviter la détérioration de la sonde.

#### 6.1.2.2.2 Test de pression et d'étanchéité (fourreaux PeHD)

À l'issue des tests de calibrage, lorsqu'ils sont satisfaisants, les fourreaux PeHD doivent être testés en étanchéité. Les tests d'étanchéité sont réalisés sur la totalité des fourreaux PeHD posés.

L'opération doit se faire par section continue entre chambres (la distance est limitée par la capacité maximum admissible des compresseurs d'air) selon la procédure suivante :

#### Conditions d'essai :

- Mise en pression à 4 bars
- Équilibrage thermique de l'air contenu (durée établie selon les conditions climatiques : 1h environ)
- Relevé de la pression par manomètre étalon : valeur à l'heure de début
- Contrôle de la pression après 1 heures : valeur à l'heure de fin

La chute de pression entre la valeur finale et la valeur initiale de test doit être inférieure à 10% de la valeur initiale.

- Si une très faible perte de pression est détectée, l'essai peut être prolongé (par exemple, pour compenser un problème d'équilibrage) ;
- Si la chute de pression est supérieure à 10% de la valeur initiale, la fuite doit être détectée et réparée.

Exemple : un manchon de raccordement des fourreaux défectueux ou mal installé. Il est important d'avoir repéré la position de ces manchons lors de la pose. En général, la fuite se situe au raccordement des fourreaux.

Enfin, il est également important de vérifier la présence de bouchons au niveau des extrémités.

#### *6.1.2.3 Contrôle des chambres :*

L'objectif du contrôle des chambres est de s'assurer de leur conformité, pour éviter de lourds travaux de réfection en cas d'anomalies. Pour les chambres, on contrôlera les éléments suivants :

- Le respect du type de chambre posée
- Le respect de la résistance à la charge de la trappe
- Le scellement du cadre, le type de tampon, l'adéquation du tampon avec le corps de la chambre
- Le nivellement du sol, l'environnement autour de la chambre
- La localisation et l'orientation de la chambre
- Le positionnement, l'orientation et la qualité de conditionnement des fourreaux dans la chambre.

## **6.2 Contrôle des composants optiques**

L'approvisionnement des différents composants optiques (câbles optiques, tiroirs optiques, etc.) doit intégrer différents types de contrôles.

#### *6.2.1 Contrôle usine*

Pour chaque touret de câble optique, les fiches de mesure et de contrôle sont fournies, ainsi que les certificats de conformité.

Il est important de vérifier que les caractéristiques (gamme de température, force de traction maximale, résistance à l'écrasement), données par le fournisseur sont au moins égale aux valeurs spécifiées dans les normes correspondantes. Le diamètre nominal du câble et son poids doivent également être dans les gammes définies dans ces normes.

## 6.2.2 Contrôle visuel avant pose

Lors de la livraison, chaque touret est examiné selon les critères suivants : état du touret et marquage, défauts apparents sur le câble, marquage du câble (nom du fabricant, type de fibre, nombre de fibres et de tubes ou micro tubes, année de fabrication).

Le maître d'ouvrage peut le cas échéant décider de faire réaliser une réflectométrie par échantillonnage, notamment lorsque la fourniture et la pose ne sont pas réalisées par la même entité.

Le même type de contrôle est réalisé sur les différents types de boîtiers (tiroirs optiques, BPE, PBO). On vérifiera en particulier que les documents techniques qui les accompagnent : fiches de mesure et de contrôle, certificats de conformité, etc.

## 6.3 Contrôle de la pose des câbles optiques

Pendant toutes les phases de pose, les câbles seront inspectés visuellement afin de vérifier qu'ils ne présentent aucun endommagement. Ce type de contrôle est fondamental pour s'assurer de la pérennité des installations.

Les câbles peuvent subir deux sortes de dommages:

- des dommages subis avant la pose: ils sont détectables immédiatement en utilisant des appareils de test qui peuvent relever des anomalies de propagation de longueurs d'ondes sur des fibres. Cela peut conduire au remplacement du tronçon de câble affecté.
- des dommages subis en raison d'une mauvaise mise en œuvre lors de la pose : des contrôles visuels peuvent les détecter, les faire remplacer, et imposer des modifications des conditions de pose des câbles.

### 6.3.1 Contrôle des enregistrements de tirage au treuil

Il est recommandé de contrôler les enregistrements pour s'assurer que le câble n'a pas subi de traction supérieure aux règles fournies par le fabricant. La compilation de ces enregistrements est intégrée dans le DOE.

### 6.3.2 Contrôle des loves des câbles dans les chambres

Les loves doivent être de longueur suffisante (de l'ordre de 10 à 15 m) au pied des armoires et dans quelques chambres sur le parcours du réseau pour permettre d'intervenir en cas d'incident sans qu'il soit nécessaire de remplacer la totalité du câble.

Dans les chambres communes avec le réseau cuivre, les câbles optiques ne doivent pas être attachés aux câbles cuivre mais seulement sur des supports dédiés.

Par ailleurs, il est important de s'assurer que les câbles ne trempent pas dans l'eau de manière permanente au fond des chambres de tirage ou de raccordement car un trempage prolongé pendant des années peut endommager les câbles.

Enfin, il est recommandé de contrôler :

- l'étiquetage des câbles
- le conditionnement des modules et des fibres dans les boîtiers

## 6.4 Contrôle de la pose des boîtiers dans les chambres

### 6.4.1 Test d'étanchéité

Lors de la fermeture du boîtier, il faut veiller à ce que le joint torique ne soit pas tordu dans son logement. Il faut également s'assurer que les boîtiers ne trempent pas dans l'eau au fond des chambres de tirage ou de raccordement. Des tests d'étanchéités peuvent être effectués par échantillonnage.

## 6.5 Contrôles et recettes optiques

### 6.5.1 Tests de continuité et de concordance optique

La concordance fibre à fibre sur les différents segments de la BLOM, transport optique (NRO -> SRO) et distribution optique (SRO -> PBO), est indispensable pour l'exploitation et la commercialisation du réseau. Le risque d'erreur est plus important sur le segment de distribution optique où plusieurs fibres partent du SRO vers plusieurs PBO en passant par les boîtiers de dérivation et d'épissures. Afin d'éviter les croisements de fibres et s'assurer que chaque fibre aboutit bien sur le bon connecteur dans le tiroir de distribution optique, il convient de procéder systématiquement à des tests de continuité optique.

Différentes techniques sont alors possibles pour s'assurer de la concordance de chaque fibre :

- Test de concordance par laser à lumière visible (« crayon optique impérativement de classe 1M, sans risque pour l'œil») : un contrôle à deux personnes (l'une injectant le signal du laser au SRO, l'autre contrôlant la lumière visible à l'extrémité de fibre dans le PBO) permet de tester la concordance de chaque fibre. Il existe sur le marché, différentes puissances de laser, adaptées à différentes longueurs de fibre.
- Test de concordance par réflectométrie : il est possible d'utiliser un réflectomètre en mode « temps réel » au SRO et d'effectuer sur l'extrémité de fibre une manipulation détectable au réflectomètre pour s'assurer de la concordance de chaque fibre (contrainte mécanique ou bain dans du liquide adaptateur d'indice 11).

Cette seconde technique peut s'avérer une alternative intéressante, en particulier si le test de concordance est réalisé simultanément à la production des courbes de mesure par réflectométrie.

Dans le cas où la partie terminale est envisagée mais que le PBO n'est pas encore réalisé, le test de concordance est réalisé entre le SRO et le dernier BPE de ce tronçon.

### 6.5.2 Mesures optiques

#### 6.5.2.1 Description des mesures

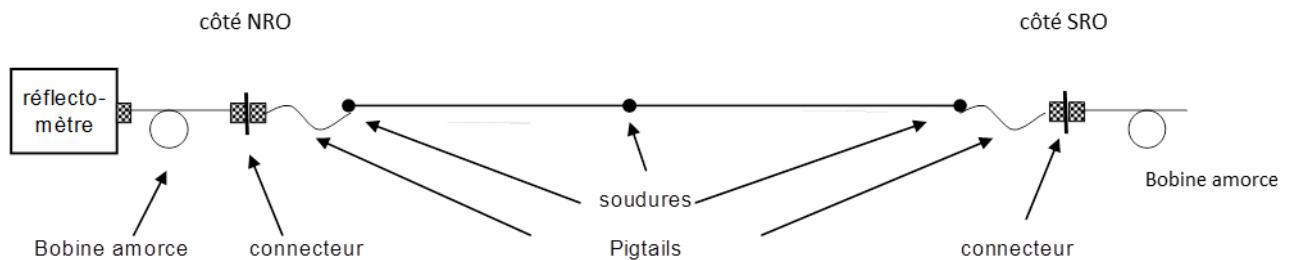
Toutes les mesures sont effectuées avec des appareils de rétrodiffusion (OTDR) possédant un certificat de calibration de moins de deux ans. Afin d'éviter de détériorer le réseau à mesurer, il est important de vérifier la conformité du matériel utilisé et veiller à inspecter la propreté des connecteurs (y compris les connecteurs des bobines amorces) avant de procéder aux contrôles par mesure. En effet, une grande majorité des problématiques sur une liaison optique sont dus à la propreté connecteurs.

Compte tenu de la structure de la BLOM, les tests de réflectométrie sont à réaliser en deux parties distinctes, sur le segment transport optique (NRO->SRO) et sur le segment de distribution optique (SRO->PBO).

Les mesures sont réalisées avec une largeur d'impulsion adaptée à la longueur de la liaison : typiquement entre 20 et 100 ns pour une longueur de fibre comprise entre 2 et 10 km. Dans le cas d'un bouclage (à l'aide d'une bobine amorce), la largeur d'impulsion est inférieure à 300 ns.

#### 6.5.2.1.1 Transport optique

Les mesures sur le segment de transport optique, sont réalisées à partir des têtes de câbles du NRO et du SRO. Toutes les fibres sont mesurées aux deux longueurs d'onde 1310nm et 1550 nm dans les deux sens de transmission. Une bobine amorce G657.B6/A2 de longueur suffisante (typiquement 500 mètres) est insérée avant la mesure à chaque extrémité. D'un point de vue opérationnel, il est recommandé de boucler la bobine amorce entre deux connecteurs du SRO, afin d'éviter le déplacement du réflectomètre.



#### Dossier des mesures optiques NRO-SRO

Le dossier des mesures optiques sur le segment transport optique entre le NRO et le SRO est constitué de :

- un tableau de synthèse permettant de regrouper sur un seul document mentionnant au minimum les informations suivantes :
  - le code du NRO
  - le code du SRO
  - le numéro de fibre
  - la position sur la tête de câble au niveau du RTO
  - la longueur de fibre
  - l'affaiblissement total du lien dans les 2 sens ainsi que la moyenne des deux valeurs
  - les valeurs d'affaiblissement et de réflectance des connecteurs dans les 2 sens ainsi que la moyenne entre les deux valeurs pour l'affaiblissement de chaque connecteur. L'écart entre les valeurs mesurées à 1310 et 1550 doit également être mentionné
  - la position et la valeur d'affaiblissement des épissures dans les 2 sens ainsi que la moyenne des deux valeurs pour chaque événement. L'écart entre les valeurs mesurées à 1310 et 1550 doit également être mentionné.
- la moyenne des valeurs moyennes de perte de tous les connecteurs et de toutes les épissures mesurées par tête de câble.
- une synoptique précisant les différents événements de la liaison et les distances entre ces événements
- pour chaque mesure, sauvegarder la trace et les paramètres d'acquisition.

Les courbes doivent être fournies en fichier de type .SOR.

#### 6.5.2.1.2 Distribution optique

Sur ce dernier segment, plusieurs cas peuvent se présenter :

- PBO déjà posé : mesure entre SRO et PBO
- PBO non encore posé :
- mesure entre le SRO et les fibres en attente dans le BPE (boîtier de protection et d'épissures précédent le PBO).
- dans le cas d'immeubles déjà équipés en fibre optique (câblage vertical effectué), la mesure du segment « distribution » est réalisée entre le SRO et le boîtier de pied d'immeuble.

Ces mesures sont réalisées dans un seul sens en partant de la tête de câble du SRO à une seule longueur d'onde 1550 nm au niveau du SRO (à condition que les fibres optiques soient toutes du même type G657.B6/A2). Une bobine d'insertion (typiquement 500 m) est placée à l'extrémité des fibres à mesurer.

#### Dossier des mesures optiques SRO-PBO

Compte tenu du volume des fibres à mesurer sur le segment de distribution, le dossier des mesures optiques est simplifié, les principaux paramètres à fournir sont :

- Un tableau de synthèse regroupant toutes les fibres par SRO, de préférence sur un seul document, qui mentionne au minimum les informations suivantes :
  - le code du SRO
  - le code du PBO
  - le numéro de fibre
  - la position sur le SRO
  - la longueur d'onde de test
  - le sens de la mesure
  - les valeurs d'affaiblissement et de réflectance du connecteur SRO
  - l'affaiblissement total du lien
  - la longueur de chaque fibre
  - la position et la valeur d'affaiblissement des épissures
- la moyenne des valeurs moyennes de perte de tous les connecteurs et de toutes les épissures mesurées par tête de câble.
- Pour chaque mesure, sauvegarder la trace et les paramètres d'acquisition.

Les courbes doivent être fournies en fichier .SOR

#### 6.5.2.2 Comparaison des mesures réelles et bilan théorique

Afin de d'assurer que les mesures réflectométriques effectuées sur les segments de transport optique et de distribution optique sont cohérentes avec les routes optiques prévues lors de la conception de l'ingénierie du réseau (APD), l'affaiblissement linéaire mesuré sera comparé avec l'affaiblissement linéaire théorique de chaque liaison optique.

$$\text{Affaiblissement théorique de la liaison (dB)} = \alpha \cdot L + \alpha_e \cdot X_e + \alpha_c \cdot X_c$$

Avec :

- L : Longueur optique du tronçon à mesurer
- Xe : Nombre d'épissures total sur le tronçon à mesurer

- $X_c$  : Nombre de connecteurs sur le tronçon à mesurer

		Mesure à 1310 nm		Mesure à 1550 nm	
		Valeur max	Valeur moyenne	Valeur max	Valeur moyenne
$\alpha$	Affaiblissement linéique	0,4 dB/km	0,36 dB/km	0,25 dB/km	0,19 dB/km
$\alpha_e$	Atténuation d'une épissure	0,2 dB	0,1 dB	0,2 dB	0,1 dB
$\alpha_c$	Atténuation d'un connecteur SC/APC 8° grade C1	0,5 dB	0,35 dB	0,5 dB	0,35 dB
	Atténuation d'un connecteur SC/APC 8° grade B1	0,25 dB	0,12 dB	0,25 dB	0,12 dB

Les valeurs maximales sont conformes aux normes NF EN 60793-2-50 et NF EN 61753-131-3. Les valeurs moyennes correspondent à 95% des cas dans la norme.

### 6.5.3 Guides et normes applicables

L'ensemble des procédures de test est décrit par la norme NF EN 61280-4-2, ainsi que le guide associé UTE C15-960.

### 6.5.4 Recommandations dans le cadre du Plan France THD

Dans le cadre du Plan France Très Haut Débit, les mesures optiques réalisées par les entreprises suivront les règles suivantes :

Recommandation France THD		constructeur du réseau et/ou Maître d'œuvre (dans le cadre du respect de ces engagements)	Maître d'ouvrage ou entreprise externe
Contrôle visuel			
Tests de concordances (continuité optiques)	100% des fibres utilisables (connectorisées)		
	Par échantillonage		
Mesures optiques	100% des fibres utilisables (connectorisées)		

	Par échantillonage		
Contrôle documentations			

Il est fortement recommandé que le maître d'ouvrage procède ou fasse exécuter par une entreprise externe des contrôles et des mesures par échantillonnage.

## 6.6 Contrôles des livrables

Ce paragraphe se réfère aux termes définis dans la loi MOP (Maîtrise d'Ouvrage Public) qui régit les procédures de passation des marchés publics. Des contrôles interviennent à l'issue des principales phases considérées, notamment :

- Les avant-projets (AVP) qui se décomposent en deux sous-phases (APS et APD);
- Les opérations de réception (AOR).

### 6.6.1 Contrôles des avant-projets (AVP)

L'avant-projet sommaire (APS) a pour but de vérifier la faisabilité de l'opération en fonction des contraintes techniques du projet, des contraintes économiques, de l'environnement (sol, concessionnaires, VRD, etc.) et des règlements et normes en vigueur. Les dossiers d'APS comprennent généralement les éléments suivants :

- l'architecture du réseau de transport optique et de distribution à mettre en place
- les plans globaux d'implantation des ouvrages
- les plans globaux de l'infrastructure de génie civil :
  - implantation des contenants, y compris des points de branchements
  - types de conduites, d'appuis et de chambre de tirage
- les synoptiques des réseaux de transport optique et de distribution optique
- les schémas d'implantation des matériels dans les locaux techniques
- le calendrier prévisionnel de réalisation.

L'avant-projet définitif (APD) a pour but de définir précisément le réseau à construire (implantation, technique, modes opératoires, montant des travaux), de prendre en compte les modifications ou compléments apportés au projet, de vérifier la conformité aux différents règlements. Les dossiers d'APD comprennent généralement les éléments suivants :

- le plan itinéraire du génie civil indiquant :
  - les points d'interface avec les principaux nœuds du réseau de desserte optique ;
  - le parcours des conduites jusqu'aux chambres d'adduction
- les plans détaillés des infrastructures mettant en évidence :
  - la technologie retenue pour la pose des fourreaux et des câbles
  - la capacité des câbles sur chacun des tronçons
  - le type de chambre et les tampons correspondants
  - le type d'armoire et le schéma d'implantation des matériels
- le synoptique détaillé de l'ensemble du système
- le principe général de codification des différents constituants permettant de faciliter le repérage des liens mis en place

- les calculs des bilans des liaisons optiques théoriques
- la fiche récapitulative des PBO
- les principes de recettes des installations
- les coûts prévisionnels détaillés
- le calendrier détaillé de réalisation

### **6.6.2 Contrôle du Dossier des Ouvrages Exécutés**

Dans le cadre des opérations de réception (AOR), le Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) devrait généralement comprendre les sous-ensembles suivants :

- Le Dossier d'Exécution, mis à jour, intégrant notamment toutes les autorisations obtenues lors des études d'exécution et les travaux.
- Les plans de récolement : les plans de récolement entre les différentes infrastructures, ainsi que la documentation finale constituée à partir des plans d'exécution mis à jour en fonction de l'infrastructure telle qu'elle a été réalisée et des procès-verbaux de recette et des levées de réserves ;
- Le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO), pour certaines installations techniques (armoires, shelters par exemple), pour faciliter la prévention des risques et améliorer les conditions de travail lors des interventions ultérieures (indispensable pour les prestataires qui devront intervenir sur l'ouvrage pour en assurer l'entretien, la maintenance, ou la réparation, les données correspondantes). Le DIUO peut comprendre également les spécifications de pose, les notices de fonctionnements, les prescriptions de maintenance des éléments d'équipements mis en œuvre ;
- Les fiches de contrôle constructeur des composants optiques (fibres et câbles)
- Le Dossier de Contrôle Optique (DCO) ;
- Le référencement informatique complet des ouvrages au format SIG ;
- Le descriptif complet des infrastructures d'accueil réalisées ou utilisées ;
- Les conditions de garantie des fabricants pour chacun des équipements mis en œuvre ;
- Le descriptif complet de l'infrastructure optique et des équipements optiques installés ou utilisés.

\*\*\* \*\*\* \*\*\*

\*\*\* \*\*\*

## Glossaire

ADSS : All Dielectric Self Supporting

AFNOR : Association Française de Normalisation

AOR : Assistance aux opérations de réception

APC : Angled Physical Contact

AVP : Avant-projets

APD : Avant-projet définitif

APS : Avant-projet sommaire

BLOM : Boucle locale optique mutualisée

BPE : Boîtier de protection et d'épissure

BT : Basse tension

CREDO : Cercle de réflexion et d'étude pour le développement de l'optique

DCO : Dossier de Contrôle Optique

DIUO : Dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage

DOE : Dossier des Ouvrages Exécutés

DT-DICT : Déclaration de travaux / Déclaration d'intention de commencement de travaux

DTIo : Dispositif de terminaison intérieure optique

DTRF : Documentation des Techniques Routières Françaises

EN : European Norm

FttH : Fiber To The Home

FRP : Fiber Reinforced Plastic

HTA : Haute tension type A

IEC : International Electrotechnical Commission

LC : Little Connector

MAC : Matériaux Auto-Compactant

MeD : Montée en débit

MOP : Maîtrise d'ouvrage public

NF : norme française

NRA : Nœud de raccordement abonné

NRO : Nœud de raccordement optique

OTDR : Optical time-domain reflectometer

PBO : Point de branchement optique

PeHD : polyéthylène haute densité

PFTHD : Plan France très haut débit

PVC : Polychlorure de vinyle

SC : Standard Connector / Square Connector

SIG : Système d'information géographique

SRO : Sous-répartiteur optique

THD : très haut débit

TPC : Tube Protection cable

RTO : Répartiteur de transport optique

VRD : Voiries et réseaux divers