

**Recueil de spécifications fonctionnelles et techniques sur
les réseaux en fibre optique jusque l'abonné en dehors des
zones très denses.**

-

Comité d'experts fibre optique

V2 (10/07/2014)

Avant-propos

Mission du comité d'experts fibre dans le cadre de la coordination des travaux de standardisation technique par la Mission France Très Haut Débit

Le comité d'experts fibre optique, institué par la décision de l'ARCEP n° 2012-1295 du 16 octobre 2012, s'intéresse notamment à l'étude des dispositions techniques devant être respectées lors du déploiement de réseaux en fibre optique jusqu'à l'abonné ainsi qu'aux modalités d'utilisation de la boucle locale en fibre optique jusqu'à l'abonné, en particulier en ce qui concerne les techniques utilisées.

Le comité d'experts fibre optique travaille en cohérence avec les travaux réalisés actuellement par les autres groupes de travail sur la fibre optique, selon l'articulation souhaitée par la mission THD lors de la réunion du 21 février 2013 à Bercy. Le chantier principal ayant occupé le comité d'experts depuis cette réunion vise à émettre un avis sur les spécifications fonctionnelles et techniques à respecter pour le déploiement des réseaux FttH en-dehors des zones très denses. Les réseaux FttH s'entendent de la prise terminale optique (PTO) au point de mutualisation (PM), et de ce point de mutualisation jusqu'au nœud de raccordement optique (NRO).

Afin de sécuriser et de pérenniser les investissements nécessaires au déploiement de la fibre optique sur l'ensemble du territoire, il paraît souhaitable que l'infrastructure déployée soit :

- exploitable par les opérateurs commerciaux ;
- durable en garantissant à la fois une résistance au temps et à la montée en charge du FttH jusqu'à un taux de pénétration égal à celui observé actuellement sur le réseau en cuivre ;
- construite et maintenue dans des conditions économiques raisonnables.

Dès lors, différents sujets concernant l'ingénierie des réseaux FttH en-dehors des zones très denses ont été et seront débattus par le comité d'experts fibre, en s'appuyant sur l'état de l'art et sur les retours d'expériences des différents acteurs qui le composent (opérateurs, représentants des collectivités territoriales, constructeurs d'équipements passifs ou actifs, syndicats d'installateurs, représentants d'organismes de normalisation).

Le comité d'experts fibre fonctionne par consensus. Sur les différents thèmes répondant aux besoins identifiés, lorsqu'une solution précise respectant les trois propriétés listées précédemment a fait consensus, elle a pu être restituée dans le présent livrable. Dans d'autres cas, les points de vue ou les intérêts des membres du comité étaient parfois divergents, et les projets peuvent avoir des contraintes spécifiques. Le comité n'a pas alors pas été en mesure de définir une solution précise, mais a pu faire part des différentes solutions étudiées ainsi que des bonnes pratiques pouvant être appliquées pour la construction d'un réseau FttH. L'ARCEP n'a pas vocation à jouer le rôle d'arbitre tant que les différents points de vue exprimés ne vont pas à l'encontre du cadre réglementaire.

Enfin, le fait d'aboutir à une solution trop précise sur certains sujets présente le risque de contraindre trop fortement les possibilités d'innovation et donc d'optimisation sur le long terme. Les réseaux FttH sont encore récents et des évolutions successives du livrable sont à prévoir. Basé sur son expertise et son expérience, le comité s'est donc attaché à trouver un compromis entre précision du besoin exprimé et préservation de l'avenir en termes d'évolutivité des réseaux.

Contenu

1. Schéma et terminologie des réseaux mutualisés en fibre optique jusque l'abonné	6
1.1. Lexique	6
1.2. Schéma	10
2. Le nœud de raccordement optique (NRO) de l'opérateur de PM	11
2.1. Préambule	11
2.2. Espace opérateurs	12
2.2.1. Éléments techniques	12
2.3. Espace transport optique	13
2.3.1. Description	13
2.3.2. Préconisations diverses	15
2.4. Espace PM	16
3. Le point de mutualisation (PM)	16
3.1. Dimensionnement du point de mutualisation	16
3.2. Spécifications techniques du PM	17
3.2.1. Le PM en armoire de rue	18
3.2.2. Le PM en armoire intérieure	22
3.2.3. Le PM en local technique	23
4. Qualité de service sur boucle locale optique mutualisée	26
4.1. Pratiques envisageables au PM	27
4.1.1. Repérage des accès titulaires de QoS	27
4.1.2. Chemin de jarretière sécurisé	27
4.1.3. Utilisation de connectique sécurisée	27
4.2. Pratiques envisageables au PBO	28
5. Le segment de desserte optique	29
5.1. Caractéristiques techniques	29
5.2. Dimensionnement	29
5.2.1. Vocabulaire	29
5.2.2. Analyse de la zone arrière	29
5.2.3. Surcapacité en fibres distribuées et arrêtées en PBO	30
5.3. Les points de branchement optiques	31
5.3.1. En souterrain	31

5.3.2.	En aérien.....	32
5.3.3.	En intérieur.....	33
5.4.	Les raccordements finals.....	33
6.	Le segment de transport optique.....	33
6.1.	Rappel réglementaire.....	33
6.2.	Caractéristiques techniques.....	34
6.3.	Dimensionnement.....	34
6.3.1.	Analyse de la zone arrière du PM.....	34
6.3.2.	Besoin en fibres pour les opérateurs PON.....	34
6.3.3.	Besoin en fibres pour les opérateurs Point-à-Point.....	34
6.3.4.	Besoin en fibre pour les services différenciés.....	35
6.3.5.	Phasage du déploiement.....	35
6.3.6.	Catégorisation.....	36
7.	Les contraintes d'affaiblissement optique.....	36
7.1.	Contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FttH en GPON.....	36
7.2.	Mesures de liens optiques.....	37
7.2.1.	Mesure des fibres de transport optique.....	37
7.2.2.	Mesure des fibres de desserte optique.....	38
8.	Documentation technique.....	39
8.1.	Dossiers de mesures optiques.....	39
8.1.1.	Besoins des opérateurs commerciaux.....	39
8.1.2.	Besoins du maitre d'ouvrage qui construit le réseau.....	40
8.1.3.	Besoins des opérateurs de PM qui exploitent le réseau.....	40
8.2.	Autres documents techniques.....	40
9.	L'exploitation du réseau.....	41
Annexe 1.	Spécifications des armoires de rue passives.....	42
Annexe 2.	Spécifications des armoires de rue actives.....	43
Annexe 3.	Hypothèses de perte d'insertion.....	46
Annexe 4.	Caractéristiques des fibres utilisées.....	47
Annexe 5.	Caractéristiques des câbles utilisés.....	48
Annexe 6.	Caractéristiques des cordons utilisés.....	50
Annexe 7.	Code couleur utilisé pour le repérage des fibres.....	51

Annexe 8.	Caractéristiques des PBO	52
Annexe 9.	Protection de réseaux PON.	53
Annexe 10.	Protection des réseaux point-à-point.....	56

1. Schéma et terminologie des réseaux mutualisés en fibre optique jusque l'abonné

1.1. Lexique

Architecture mono-fibre : Sur la partie terminale du réseau en fibre optique, une architecture mono-fibre est caractérisée par une fibre unique qui relie le point de mutualisation à la prise terminale optique dans un logement.

Architecture multi-fibres : Sur la partie terminale du réseau en fibre optique, une architecture multi-fibres est caractérisée par plusieurs fibres (par exemple quatre fibres) qui relient le point de mutualisation à la prise terminale optique dans un logement.

Bilan optique : Mesure en décibels de l'affaiblissement total entre deux points du réseau optique. Un bilan optique peut par exemple être réalisé entre le point de mutualisation et un dispositif de terminaison intérieure optique (DTIo) ou une prise terminale optique (PTO). Un opérateur peut également, pour son propre réseau, mesurer le bilan optique entre ses équipements actifs et le DTIo ou la PTO.

Brasser : Action de modifier, par branchement, l'affectation d'une fibre d'un réseau amont, munie d'un connecteur, sur un panneau de connecteurs relié à un réseau aval.

Câble de branchement optique : Câble individuel qui relie le point de branchement optique (PBO) s'il existe, ou à défaut le point de mutualisation s'il est situé à l'intérieur de l'immeuble (PMI), ou à défaut le point de raccordement (PR¹) au dispositif de terminaison intérieure optique (DTIo).

NOTA : La notion de PMI faisant plutôt référence à des ingénieries des zones très denses, en dehors de ces zones le câble de branchement optique relie le PBO au DTIo. Dans le présent document, nous n'utiliserons pas la notion de PR.

Cassette : Élément constitutif d'un boîtier permettant d'accueillir un nombre défini de raccords de fibres, avec possibilité de love. Une cassette peut abriter des fibres en attente, des fibres soudées, des fibres épissurées.

Chemin de câbles : Support de câbles constitué d'une base continue et de rebords.

Connecteur : Élément servant à établir une liaison par branchement entre deux fibres optiques. Il en existe de plusieurs types et de plusieurs tailles.

Coupleur [ou splitter] : Equipement passif (achromatique sur la fenêtre 1260-1675) utilisé dans la technologie PON. Dans le sens descendant, le coupleur réplique le signal optique en provenance d'une fibre vers un nombre défini de fibres (on parle alors de coupleur 1 vers 8, 1 vers 4, etc.). Dans le sens montant, il combine les signaux optiques en provenance des abonnés.

Desserte optique : Désigne l'infrastructure optique située entre le Point de Mutualisation (PM) et les Dispositif Terminal intérieure optique (DTIo).

¹ Le PR est une notion utilisée notamment dans les guides publiés par Objectif Fibre sur les immeubles neufs et sur le fibrage des maisons individuelles (<http://www.arcep.fr/index.php?id=11916>) ainsi que dans le guide UTE C-90486 Ed.2.

Dispositif de terminaison intérieur optique (DTIo) : Élément passif situé à l'intérieur du logement qui sert de point de test et de limite de responsabilité entre le réseau d'accès en fibre optique et le réseau du client. Il s'agit du premier point de coupure connectorisé (vers l'aval) à l'intérieur du logement.

NOTA : Le lien peut être prolongé par une desserte optique interne terminée par une PTO, dans le salon par exemple.

Dispositif de brassage optique : Equipement passif permettant la mise en correspondance par connecteurs entre les fibres situées en aval (vers l'utilisateur final) et les fibres situées en amont (vers les réseaux d'un ou plusieurs opérateurs).

Epissure : Mise en continuité des cœurs de deux fibres optiques mécaniquement ou par fusion.

Equipement actif : Élément électronique du réseau, générant et traitant des signaux.

Equipement passif : Élément du réseau sans électronique, ne nécessitant donc pas d'alimentation en électricité.

Fibre distribuée : fibre de desserte optique terminée sur connecteur au PM, installée lors de la mise en place du PM. Les fibres distribuées sont soit des fibres disponibles au PBO pour un raccordement client, soit des fibres en attente.

Fibre distribuable : Il s'agit soit d'une fibre distribuée, soit d'une fibre utilisable pour couvrir les estimations d'extensions potentielles de la zone arrière du PM, mais non encore connectorisée sur un répartiteur du PM. La capacité du PM tient compte du nombre de fibres distribuables en particulier.

Fibre en attente : Fibre de desserte optique qui n'aboutit pas à un PBO (cf. schéma §5.2.1) : elle n'est donc pas immédiatement utilisable pour effectuer un raccordement d'abonné. Cette fibre est distribuée, puisqu'elle est accessible au PM. Cette fibre peut par ailleurs se classer en deux catégories :

- attente volontaire : la fibre a été installée en prévision d'une extension de la zone arrière du PM ;
- attente technique : la fibre fait partie d'un module de distribution provenant de la capacité intrinsèque du câble : elle n'a pas de justification liée à la prise en compte de l'évolution de la zone arrière du PM, mais peut néanmoins être utilisée en cas de besoin (réparation, tests, évolution supérieure aux estimations...);

Fibre morte : Fibre située dans le réseau de desserte optique en zone arrière du PM, mais qui n'aboutit pas au PM. Elle ne fait pas partie de la catégorie des « fibres en attente ».

Jarretière : Câble en fibre optique servant pour les raccordements optiques, dont les deux extrémités sont munies de connecteurs.

Love : Surlongueur de fibre optique ou de câble optique enroulé, laissée en surplus afin d'effectuer des opérations ultérieures de gestion ou de maintenance (soudure, manipulation de boîtiers, demande de déplacement de la prise chez l'abonné, etc.).

Module [tube, gaine, micro-module] : Sous-ensemble de fibres engainées, inclus dans un câble en fibre optique. Les fibres optiques contenues dans un câble en fibre optique peuvent être rassemblées

au sein de modules. Par exemple, un câble de 144 fibres peut contenir 12 modules comprenant chacun 12 fibres optiques.

Nœud de Raccordement Optique (NRO) : Point de concentration d'un réseau en fibre optique où sont installés les équipements actifs à partir desquels l'opérateur active les accès de ses abonnés.

NOTA : La notion de NRO est abordée de manière plus approfondie dans le chapitre 2. Il peut être exploité par un opérateur de PM, qui proposera alors le plus souvent des prestations de transport optique vers ce NRO.

Opérateur Commercial (OC) : Opérateur choisi par le client final pour la fourniture d'un service de télécommunications ou par un fournisseur d'accès au service pour la fourniture d'un service de télécommunications à son propre client final.

Opérateur de point de mutualisation (PM) : Opérateur d'immeuble qui exploite un point de mutualisation.

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

Opérateur d'Immeuble : Toute personne chargée de l'établissement ou de la gestion d'une ou plusieurs lignes dans un immeuble bâti, notamment dans le cadre d'une convention d'installation, d'entretien, de remplacement ou de gestion des lignes signée avec le propriétaire ou le syndicat de copropriétaires, en application de l'article L. 33-6 du code des postes et des communications électroniques ; l'opérateur d'immeuble n'est pas nécessairement un opérateur au sens de l'article L. 33-1 du même code.

Point de branchement optique (PBO) : Dans les immeubles de plusieurs logements ou locaux à usage professionnel comprenant une colonne montante, équipement généralement situé dans les boîtiers d'étage de la colonne montante qui permet de raccorder le câblage vertical avec le câble de branchement directement raccordé au DTlo. Le point de branchement optique peut également se trouver en pied d'immeuble ou à l'extérieur de l'habitat à proximité immédiate du logement ou local à usage professionnel ; dans ce cas, il permet de raccorder le câblage installé en amont dans le réseau avec le câble de branchement directement raccordé au DTlo.

Point-à-Multipoint [ou PON, Passive Optical Network] : Technologie de déploiement d'un réseau en fibre optique selon laquelle une fibre unique partant du NRO permet de desservir plusieurs logements (par exemple jusqu'à 64), par réplification du signal au niveau de coupleurs.

Point-à-point : Technologie de déploiement d'un réseau en fibre optique selon laquelle chaque logement est relié au NRO par une fibre de bout en bout.

Point de mutualisation (PM) : Point d'extrémité d'une ou de plusieurs lignes au niveau duquel la personne établissant ou ayant établi dans un immeuble bâti ou exploitant une ligne de communications électroniques à très haut débit en fibre optique donne accès à des opérateurs à ces lignes en vue de fournir des services de communications électroniques aux utilisateurs finals correspondants, conformément à l'article L. 34-8-3 du code des postes et des communications électroniques.

Point de raccordement distant mutualisé (PRDM) : Lorsque le point de mutualisation regroupe moins de 1000 lignes, point de livraison de l'offre de raccordement distant prévue par la décision n° 2010-1312 et regroupant au moins 1000 lignes. En pratique, ce point peut être confondu avec le nœud de raccordement optique de l'opérateur.

Prise Terminale Optique : Socle de communication présentant au moins un connecteur optique.

NOTA : Il s'agit de la prise située à l'intérieur du logement ou local à usage professionnel sur laquelle l'abonné branche généralement l'ONT (« box ») de l'opérateur.

Raccordement final (ou raccordement client) : Opération consistant à installer un câble de branchement comprenant une ou plusieurs fibres optiques entre le point de branchement optique (PBO) et le dispositif de terminaison intérieure optique (DTIo) ou la prise terminale optique (PTO). Par convention, il n'y a pas de raccordement final en l'absence de PBO.

Recette : Contrôle de la bonne exécution d'une opération.

Répartiteur : Equipement utilisé pour les fonctions de regroupement, de brassage et de distribution des câbles de télécommunication. Il est nommé, de campus de bâtiment, d'étage ou de logement selon sa localisation et sa fonction.

Soudure par fusion : Réunion de deux fibres optiques jointes bout à bout, obtenue en ramollissant ou en fondant les extrémités des deux fibres optiques, à l'aide d'une source de chaleur. La qualité de la soudure dépend du bon positionnement des cœurs des deux fibres optiques mises en continuité.

Transport optique : Infrastructure optique située entre un NRO et les Points de Mutualisation (PM).

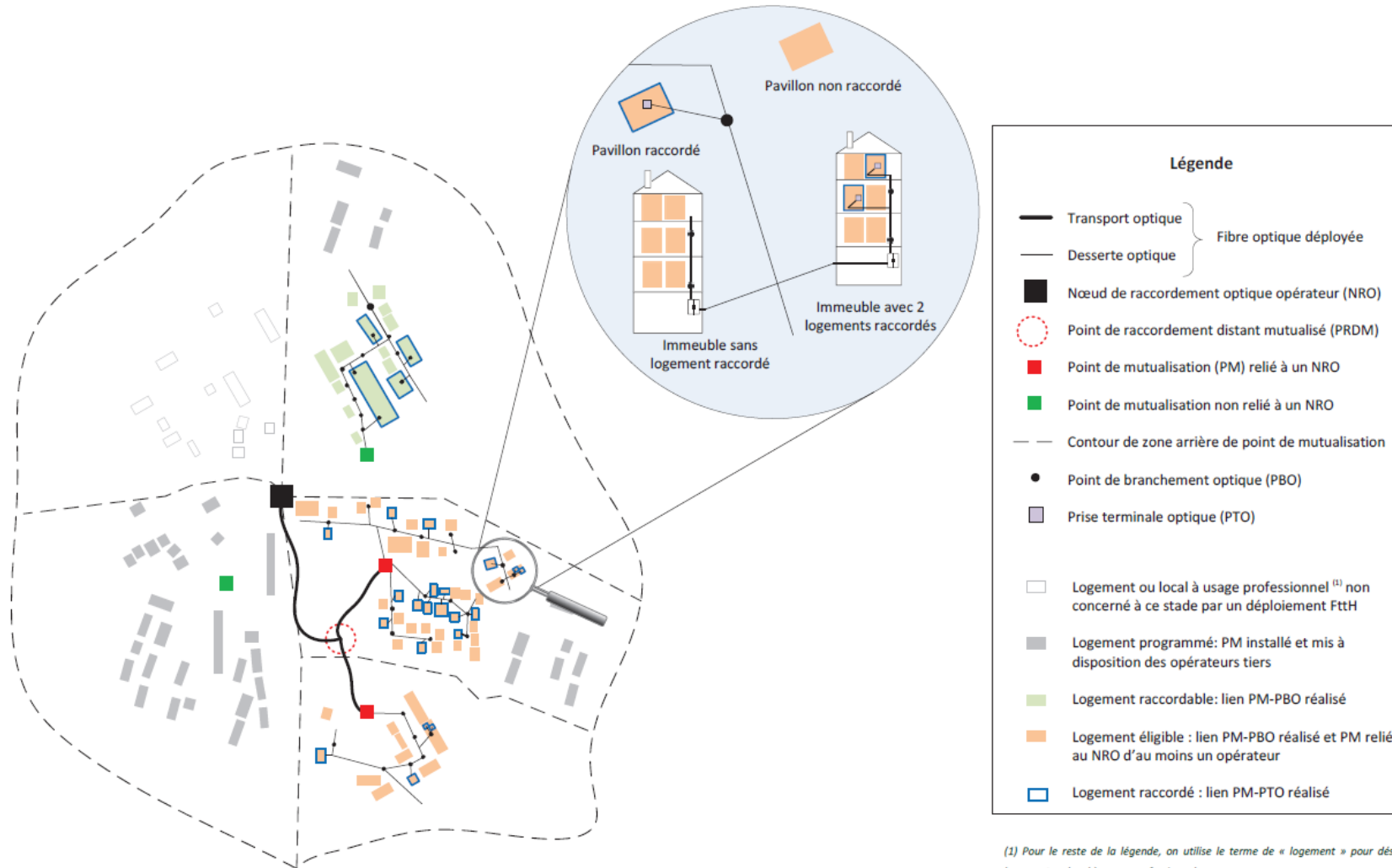
NOTA : Dans la suite du document, il sera important de veiller à ne pas faire l'amalgame entre le transport optique (fibres optiques) et les notions de transport utilisées par les opérateurs d'infrastructures dans le cadre du partage des installations de génie civil et d'appuis aériens.

Tête de câble : Dispositif de terminaison connecté d'un câble de fibres optiques, pouvant être installé dans un répartiteur. On parle par exemple de tête de distribution ou de tête de transport pour désigner respectivement la terminaison des câbles de desserte optique ou des câbles de transport optique.

Tiroir optique : Equipement pouvant contenir un panneau de connecteur, des coupleurs, des épissures et pouvant être installé en baie.

1.2. Schéma

Déploiement de fibre optique jusqu'à l'abonné – Termes utilisés



(1) Pour le reste de la légende, on utilise le terme de « logement » pour désigner un logement ou local à usage professionnel.

2. Le nœud de raccordement optique (NRO) de l'opérateur de PM

2.1. Préambule

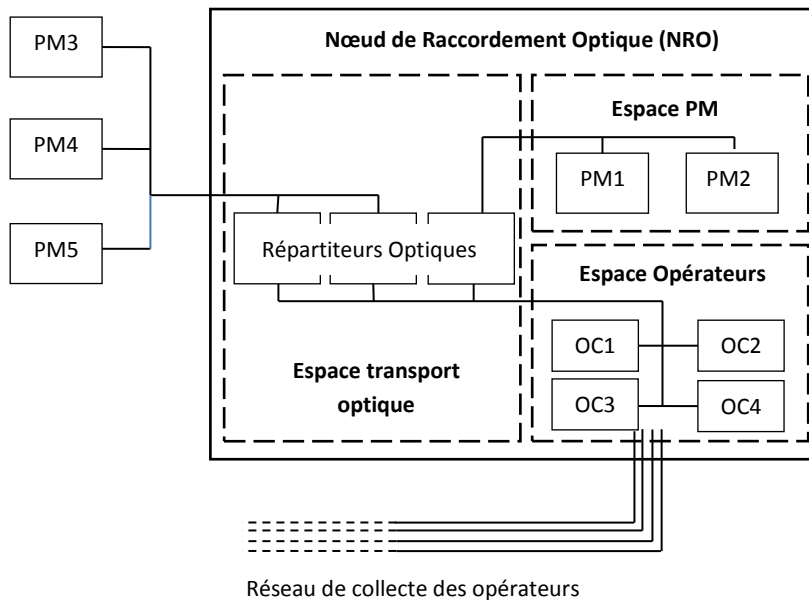
Un NRO peut être établi par l'opérateur de PM. **Les spécifications proposées dans ce chapitre s'adressent à un opérateur de PM qui souhaiterait proposer des prestations d'hébergements d'équipements actifs et de transport optique aux opérateurs commerciaux clients.** Dans certains cas, un NRO peut également héberger des PM.

Les équipements d'accès sont hébergés dans un espace dit « *espace opérateurs* » qui permettra l'alimentation en énergie de ces équipements. Les fibres de transport optique sont raccordées sur des répartiteurs optiques, dans un espace dit « *espace transport optique* ».

Dans le cas où des lignes de desserte optique convergent également au NRO, il est conseillé de regrouper ces lignes sous forme d'un ou plusieurs PM dans un espace que nous appellerons « *espace PM* ». On parlera alors de PM hébergé au NRO. L'ingénierie et l'organisation d'un PM dans un local technique sera abordée dans le chapitre 3.2.3.

Il est conseillé de séparer les différents espaces du NRO par des cloisons ou des grillages, ce qui permet de différencier les habilitations et les autorisations nécessaires pour accéder à chacune de ces salles.

La gestion des flux de jarretières entre les différents espaces fonctionnels est un problème complexe qui peut provoquer des goulots d'étranglement ou des croisements de jarretières. L'étude de ce problème doit être prise en compte dès la conception.



2.2. Espace opérateurs

2.2.1. Éléments techniques

Energie

Le local technique doit permettre de répondre aux besoins en énergie des opérateurs, en particulier il est recommandé de prévoir :

- une alimentation 48V secourue (en général 4h d'autonomie) ;
- la possibilité pour un opérateur de mettre en place sa propre alimentation 220V, avec le fournisseur d'électricité de son choix.

En termes de puissance électrique, les besoins des équipements actuels sont les suivants :

- équipements d'accès point-à-point : 3.9 W par prise raccordable ;
- équipements d'accès GPON (1 : 64) : 0.4 W par prise raccordable ;
- évolutions GPON à moyen terme : prévoir 0,8 W par prise raccordable ;
- équipements de collecte : 2 kW par opérateur.

Organisation de l'espace

Il est recommandé de prévoir une emprise au sol de 600mm x 600mm par baie opérateur, sachant que les opérateurs souhaitent pouvoir installer leurs propres baies.

Voici quelques éléments à considérer lors de l'organisation de l'espace au sein du NRO :

- accès aux baies : les opérateurs ont dans certains cas besoin de pouvoir accéder aux baies par l'avant et par l'arrière.
- cheminement des câbles : il est nécessaire de prévoir un chemin de câble entre l'espace transport optique et les différentes baies opérateurs ;
- refroidissement (sujet traité plus bas) : les problématiques de flux d'air des équipements actifs ont une influence sur l'organisation des baies (travées pour les flux gauche-droite) et sur la hauteur de plafond nécessaire (pour les flux bas-haut) ;
- sécurité : l'article R. 4323-12 du code du travail précise que « les passages et les allées de circulation des travailleurs entre les équipements de travail ont une largeur d'au moins 80 centimètres ».

Pour donner quelques ordres de grandeur, une baie 600mm x 600mm x 42U permet aujourd'hui d'héberger 2 châssis point à point permettant d'adresser en tout jusqu'à 1544 clients. Une baie 300mm x 600mm x 42U permet aujourd'hui d'héberger 2 châssis GPON permettant d'adresser en tout :

- jusqu'à 7 168 clients par baie pour des OLT avec un taux de couplage de 1 : 32 ;
- jusqu'à 14 336 clients par baie pour des OLT avec un taux de couplage de 1 : 64 ;
- jusqu'à 28 672 clients par baie pour des OLT avec un taux de couplage de 1 : 128.

D'autres technologies PON (*Passive Optical Network*) que le GPON peuvent être utilisées par les opérateurs.

Il est par exemple recommandé, pour un NRO de 10 000 lignes avec 4 opérateurs PON présents, de prévoir un minimum de 5 baies 600mm x 600mm x 42U organisées en travées – ce qui permet un accès par l’avant et par l’arrière, l’adossement d’équipements et le passage des flux d’air. Un tel dimensionnement permet à chaque opérateur d’adresser 50% des locaux en aval du NRO et assure une marge de sécurité.

Refroidissement

En fonction de la puissance totale à dissiper et de l’exposition du local, le système de refroidissement du local peut être :

- de la ventilation pour une puissance à dissiper comprise entre 0 et 10kW ;
- de la climatisation pour une puissance à dissiper comprise entre 10 et 20 kW ;
- de la climatisation avec des dispositions de type *datacenter* (plancher technique, allées chaudes et allées froides) pour une puissance à dissiper supérieure à 20kW.

Nota : Des solutions innovantes en matière de refroidissement laissent présager d’importantes optimisations. Les seuils ci-dessus seraient alors amenés à bouger.

Repérage

Dans un environnement partagé, il est indispensable de disposer d’un repérage pérenne permettant d’exploiter efficacement l’ensemble des équipements et des connexions optiques.

Autres

Pour superviser leurs équipements actifs, les opérateurs demandent généralement d’avoir un accès à un réseau indépendant du réseau FTTH (besoin de supervision dit « *out-of-band* »). A date, les opérateurs utilisent généralement des lignes téléphoniques sur cuivre.

2.3. Espace transport optique

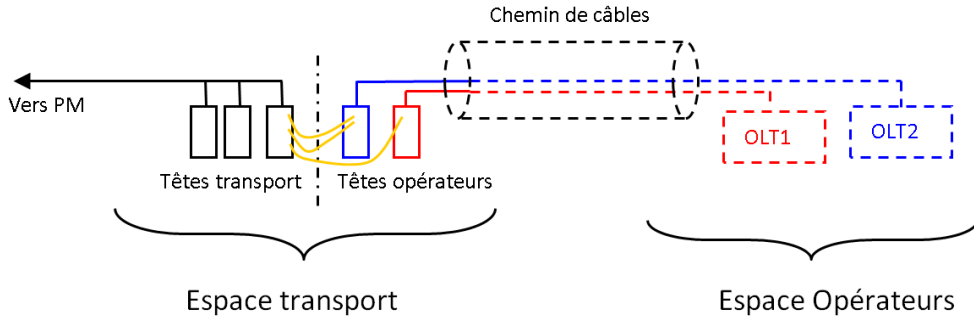
2.3.1. Description

L’espace transport optique rassemble les fibres de transport collectées depuis les PM sur des têtes de câbles installées sur un répartiteur, de manière à pouvoir les livrer aux opérateurs qui en font la demande. Le dimensionnement est précisé au paragraphe 6.3.

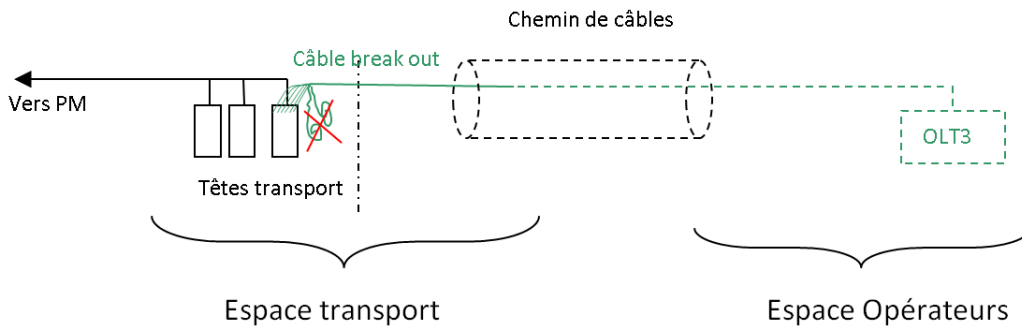
La partie de l’espace transport optique dédiée aux opérateurs peut permettre d’installer, suivant les choix techniques proposés par l’opérateur de PM :

- des têtes de câbles opérateurs² reliées aux équipements situés dans l’espace opérateur par l’intermédiaire de câbles empruntant des chemins de câbles prévus à cet effet. La connexion entre les fibres de transport et les fibres des opérateurs est alors réalisée par des jarretières optiques posées entre les têtes de transport et les têtes des équipements des opérateurs. Cette solution permet de consommer des fibres de transport de manière graduelle.

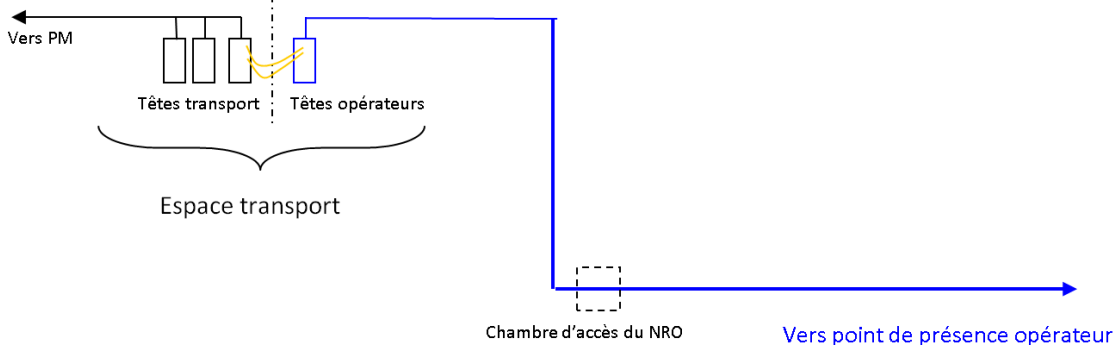
² Ou des tiroirs optiques, suivant la structure du répartiteur



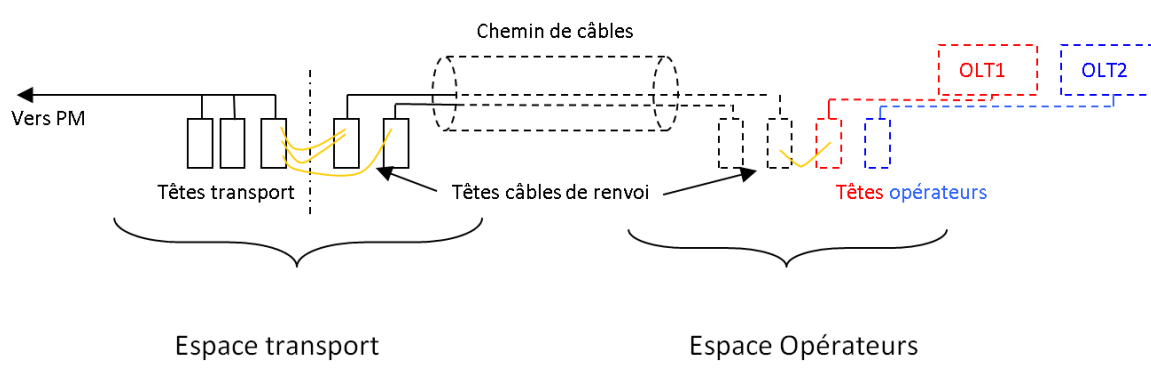
- et/ou des câbles *breakout* raccordés directement sur les positions transport, et qui empruntent le chemin de câble reliant l'espace transport optique à l'espace opérateurs. Cette solution, moins flexible que la précédente, présente l'avantage de limiter la taille du répartiteur et est plus adaptée à des besoins en fibres de transport en nombre important. Par contre, si les raccordements des câbles sur les têtes de transport sont réalisés au fil de l'eau, les branches en attente des câbles *breakout* constituent un risque important de désordre pour le répartiteur, et cette solution doit être évitée.



Nota 1 : certains opérateurs peuvent être intéressés à prolonger les fibres de transport qui leur sont allouées jusqu'à un point de présence extérieur au NRO où sont installés leurs OLT, plutôt qu'utiliser l'espace opérateurs du NRO. Il convient donc de prévoir la possibilité d'accueillir sur le répartiteur transport (partie opérateurs) des têtes de câbles « opérateurs » de départ sortant du NRO.



Nota 2 : Dans certaines configurations de NRO de taille importante, la liaison entre l'espace transport optique et l'espace opérateurs peut être réalisée à l'aide de câbles de renvoi connectés aux deux extrémités, et non pas par des câbles directs reliant les OLT au répartiteur de l'espace transport optique. Cette configuration alourdissant le bilan de liaison global du fait de l'ajout de deux connecteurs, elle doit être évitée, notamment dans les cas où la zone de couverture du NRO est importante.



2.3.2. Préconisations diverses

Local

Le local doit permettre la mise en place d'un répartiteur adapté à la taille du NRO – voir ci-dessous.

De manière à pouvoir installer le répartiteur et les chemins de câbles, une hauteur sous plafond d'au moins 2,3 m est requise (2,5 m préférable).

Dans la mesure où l'espace transport optique n'accueille pas d'équipements actifs, il n'y a pas de contraintes particulières d'environnement thermique.

Il est nécessaire de prévoir de la surface permettant l'installation des loaves des câbles de transport si aucun autre endroit n'est prévu pour l'installation de ces loaves.

Partie contenant les têtes de transport

La partie contenant les têtes de transport doit être dimensionnée en cohérence avec les capacités de transport (cf. chapitre 6.3), sur la base de la connectique SC/APC.

Lorsqu'un ou plusieurs PM sont hébergés au NRO, il est préconisé de réaliser un renvoi entre la partie PM et la partie transport (du côté des têtes de transport) de manière à uniformiser le raccordement vers les OLT, que les PM soient colocalisés ou distants.

Partie contenant les têtes opérateurs

La structure du répartiteur doit être préférentiellement de type ferme HPUL ou baie 19", de manière à permettre aux opérateurs qui utiliseront des têtes pour le raccordement de leurs OLT d'utiliser une ingénierie de raccordement standard.

Le dimensionnement du répartiteur doit être cohérent avec les capacités d'hébergement de l'espace opérateurs (cf. paragraphe 2.2) et tenir compte des raccordements par câble *breakout* et des prolongements vers les points de présence distants des opérateurs (PoP). En l'absence d'informations

préalables concernant les besoins des opérateurs, un dimensionnement de l'ordre de 1,5 fois le nombre de points optiques en transport paraît raisonnable (connectique SC/APC).

Connectique

Il est préconisé une connectique unique en SC/APC pour faciliter l'exploitation et l'utilisation de matériel standard sans introduire de source de non-conformité de l'infrastructure.

Gestion des jarretières

L'espace transport doit être équipé d'une zone de gestion des jarretières et de résorption des sur-longueurs adaptée au nombre de connexions.

Câbles de collecte

Les câbles de collecte permettant de remonter depuis le NRO vers les réseaux des opérateurs ont plutôt vocation à aboutir dans l'espace opérateur, au plus près des équipements d'accès et de service. Toutefois, pour des raisons d'organisation du NRO, il peut être intéressant de faire aboutir ces câbles sur le répartiteur optique de l'espace de transport optique. Dans ce cas de figure, la connexion aux équipements de l'espace opérateur peut être réalisée, compte tenu du faible nombre de fibres de collecte, à l'aide de cordons unitaires empruntant les chemins de câbles qu'il y aura lieu de protéger de manière adaptée (gaine fendue, etc.).

Repérage

Dans un environnement partagé, il est souhaitable de disposer d'un repérage pérenne permettant d'exploiter efficacement l'ensemble des équipements et des connexions optiques.

2.4. Espace PM

Une séparation physique des différents espaces fonctionnels du NRO étant recommandée, il convient de mettre en place un système de renvoi vers l'espace transport optique, afin d'assurer la fonction de transport optique et d'uniformiser le raccordement vers les OLT, que les PM soient hébergés au NRO ou distants.

La configuration des PM en local technique est décrite au chapitre 3.2.3.

3. Le point de mutualisation (PM)

3.1. Dimensionnement du point de mutualisation

La capacité d'un PM est obtenue en procédant de la manière suivante, basée sur l'analyse de sa zone d'influence (appelée « zone arrière » d'un PM). Voir chapitre 5.2.2.:

- décompte des besoins liés au réseau de desserte optique ;
- évaluation des besoins complémentaires à court et moyen terme (5 à 10 ans), en analysant les données disponibles dans les PLU, les évolutions des statistiques INSEE et toutes les autres sources d'information sur les projets urbains ou d'infrastructures de transport ;

- Le dimensionnement de la desserte optique est étudié au chapitre 5.2 et prévoit une surcapacité d'au moins 15% présente (fibres distribuées) dans les câbles de desserte optique ;
- rajout d'une réserve d'espace qui permettra d'installer les têtes de câbles pour absorber des variations locales imprévisibles à l'échelle de chaque PM (au moins 25%) ;
- équilibre entre les contraintes techniques, économiques et réglementaires, en phase de déploiement, mais aussi en phase d'exploitation et maintenance.

Par exemple, pour une zone arrière de 1 000 clients mono-fibres potentiels, le réseau de desserte optique comprendra au minimum $1\ 000 \times 1.15 = 1\ 150$ fibres distribuées. Pour absorber les variations locales imprévisibles à l'échelle du PM, il est recommandé que le PM soit en mesure de distribuer si besoin $1\ 150 \times 1.25 = 1\ 440$ fibres de desserte optique au minimum.

3.2. Spécifications techniques du PM

Plusieurs enveloppes physiques peuvent être envisagées selon la capacité du PM et les particularités de l'environnement (urbanisme, densité de population, etc.).

Le PM doit permettre un accès passif aux fibres de desserte. Ces fibres doivent donc être montées sur connecteurs dans des tiroirs optiques appelés têtes de distribution ou tiroirs de distribution dans ce document. Parmi les différents connecteurs existants, le comité d'experts préconise le connecteur SC/APC 8° qui est le connecteur le plus utilisé par les opérateurs aujourd'hui sur les PM. Il est recommandé d'utiliser des capuchons de connecteur translucides pour protéger les connecteurs et permettre l'optimisation des opérations de repérage par laser.

Le PM doit également offrir un espace suffisant aux opérateurs commerciaux pour l'installation de leurs équipements de réseau (coupleurs pour les opérateurs PON, équipements actifs pour les opérateurs point-à-point). On parlera dans ce document d'équipements opérateurs. Il est recommandé d'utiliser une ingénierie qui permette l'installation d'équipements opérateurs au format 19 pouces avec un pas de fixation de « 1 U », format qui correspond aux équipements utilisés par les opérateurs commerciaux nationaux.

Enfin, le PM doit permettre le brassage entre les équipements opérateurs et les tiroirs de distribution. Pour faciliter les raccordements des clients, il est recommandé de permettre aux opérateurs commerciaux de pouvoir assurer eux-mêmes les opérations de brassage au PM. Dans la mesure du possible, les règles de jarretière ne doivent utiliser qu'un nombre réduit de longueurs de jarretières et doivent permettre la bonne exploitation du PM, même en cas de remplissage maximal.

La capacité d'un PM peut être décrite de deux manières :

- **en nombre de locaux desservis** : il s'agit du nombre de locaux existants identifiés dans la zone arrière du PM (cf. 3.1) ;
- **en nombre de fibres distribuées** (cf. 5.2.1) : il s'agit du nombre de fibres terminées sur un connecteur au niveau du PM. Cette donnée dépend du nombre de locaux existants dans la zone arrière, mais également de la surcapacité présente dans le réseau de desserte optique.

Pour les contenants de petite taille, on parlera également de taille maximale de PM, c'est-à-dire de nombre maximal de fibres distribuables au PM.

3.2.1. Le PM en armoire de rue



PM de capacité 576 fibres distribuées (360 locaux desservis)

Pour les PM de faible capacité, l'armoire de rue est très utilisée par les opérateurs. Les différents acteurs ayant déployé des armoires de rue convergent vers un même modèle d'organisation de l'espace intérieur :

- 1 rack de 19 pouces³ pour la fixation des têtes de distribution ;
- 1 rack de 19 pouces pour la fixation des équipements opérateur ;
- 1 espace de gestion des jarretières.

La hauteur des armoires de rue est généralement de l'ordre de 1,60m ce qui permet d'installer deux racks de 19 pouces et de 28U⁴. En se basant sur les encombrements des tiroirs de distribution actuels (144 connecteurs SC/APC sur 4U), un rack 19 pouces de 28U permet de distribuer au maximum 6 têtes, soit 864 fibres. Un espace de 4 U reste alors disponible pour les tiroirs optiques qui accueilleront les fibres de transport optique mutualisé, reliant le PM au(x) point de raccordement distant mutualisé (NRO par exemple).

³ Le rack 19 pouces est un système standard pour monter divers modules électroniques les uns au-dessus des autres. Le rack est constitué de deux façades verticales en métal espacées de 17,75 pouces. Des trous sont forés à intervalles réguliers sur la partie frontale du rack de manière à ce qu'ils soient espacés de 18,375 pouces, ce qui donne une largeur totale de rack de 19 pouces.

⁴ La hauteur d'un élément est habituellement un multiple d'une longueur nommée U (pour unité). Un U vaut 1,75 pouces (44,45 millimètres).

A titre d'exemple, concernant l'espace opérateur, les 28 U peuvent être organisés pour laisser 7 U par opérateur (4 opérateurs maximum). Les opérateurs en technologie point-à-point disposent ainsi d'un espace permettant d'installer soit un équipement actif, soit des têtes de câbles constituant une capacité d'accueil de l'ordre de 240 fibres de transport (3 tiroirs d'un U, aujourd'hui capables de gérer chacun 36 connecteurs SC/APC et un tiroir de 144 connecteurs sur 4 U). Les opérateurs en technologie PON pourront quant à eux installer des coupleurs permettant de raccorder 256 locaux desservis (les tiroirs actuels peuvent contenir 2 coupleurs 1:64 sur une hauteur de 3 U). En pratique, les opérateurs commerciaux utilisant du PON auront besoin d'un espace initial allant de 1 à 3 U et demanderont, au fur et à mesure de la saturation de leurs équipements, de l'espace supplémentaire à l'opérateur de PM (voir chapitre 7). Il est ainsi possible d'envisager plus de 4 opérateurs commerciaux présents au PM.

D'autres critères liés aux spécificités du projet doivent également être pris en compte pour le dimensionnement de la partie opérateurs (présence d'opérateurs point-à-point, hébergement d'équipements actifs, services différenciés pour certains sites, etc.).

Pour assurer une compatibilité avec le sens d'ouverture mécanique des tiroirs utilisés par les opérateurs commerciaux nationaux, il est recommandé de positionner le rack opérateur à gauche du rack de distribution. De plus, l'armoire doit avoir une profondeur suffisante pour héberger des tiroirs opérateurs de 280mm de profondeur, en particulier :

- une profondeur minimale de 240mm entre la face avant du rack et le fond de l'armoire ;
- une profondeur minimale de 40mm entre la face avant du rack et la porte.

Les fibres de transport doivent être disponibles sur connecteur SC/APC 8°. Les spécifications du lien de transport optique mutualisé sont détaillées au chapitre 6.

Equipement Opérateur	Gestion des jarretières	Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
		Transport Optique
		Transport Optique

Représentation des différents espaces de l'armoire de rue

Cette configuration permet de n'utiliser qu'une longueur unique de jarretière, généralement de 3,5 mètres (de contact optique à contact optique). Il est recommandé d'utiliser des jarretières dont le diamètre est inférieur ou égal à 2,0 mm, ce qui permet le remplissage maximal du PM.

A titre d'exemple, dans une armoire de rue 28 U, il est possible en utilisant des jarretières de 1,6 mm d'exploiter correctement jusqu'à 600 clients raccordés (600 jarretières entre l'entre les têtes de distribution et les équipements opérateurs).

Les spécifications techniques des jarretières sont décrites dans Annexe 4.

La longueur hors tout généralement constatée pour ce type d'armoire est de l'ordre de 1500 à 1600 mm (hors caisson d'extension éventuelle pour hébergement ultérieur d'équipements actifs).

Les spécifications techniques d'une armoire passive sont résumées dans l'Annexe 1.

Hébergement d'actifs en armoire de rue

Selon les termes du dispositif de la décision n° 2010-1312 de l'Autorité, « *l'opérateur d'immeuble fait droit à toute demande d'hébergement des équipements passifs et actifs au point de mutualisation, dès lors qu'elle est raisonnable et justifiée [...].* » Or, concernant le caractère raisonnable de cette demande, les motifs de la décision (p. 38) prévoient que « *[...] l'opérateur d'immeuble consulte, préalablement à l'installation du point de mutualisation, les opérateurs tiers sur leur souhait de vouloir héberger des équipements passifs et actifs.* » L'ARCEP invite donc les opérateurs de PM à formaliser ces consultations auprès des opérateurs commerciaux, y compris bien avant les consultations préalables correspondant à l'appel au co-investissement ; la demande ultérieure d'un opérateur commercial n'ayant pas répondu initialement pourrait ne pas être retenue comme raisonnable, et en tout état de cause l'opérateur demandeur devrait assumer l'ensemble des coûts spécifiques.

Pour satisfaire la demande d'un opérateur qui souhaiterait installer du matériel actif en armoire de rue et qui aurait formalisé sa demande lors de la consultation préalable, le Comité d'experts a analysé deux cas de figures :

- PM conçu pour accueillir des équipements actifs dans la même enveloppe que les composants passifs ;
- PM conçu pour optimiser la mise en œuvre de composants passifs, tout en conservant la possibilité d'ajouter ultérieurement une armoire accueillant les équipements actifs. Dans un tel cas la longueur de jarretière pourrait être modifiée.

Cette seconde solution doit intégrer les contraintes d'environnement suivantes au moment du déploiement de l'armoire passive :

- bruit : Respect de la norme NF EN 300753 et de l'article Article R1334-33 du code de la Santé (3 dB au-dessus du 'bruit ambiant' la nuit, 5 dB de jour, en zone résidentielle) ;
- autorisation : obtenir l'autorisation (permission de voirie) d'installer l'armoire passive en ayant mentionné la possibilité d'extension future avec des éléments « actifs » (cf. convention d'application avec collectivité locale).

Les contraintes sur le contenant sont les suivantes :

- emplacement : prévoir le socle permettant l'ajout du contenant actif (*ab initio* ou ultérieurement), juxtaposé ou à proximité immédiate ;
- dimensions : taille du contenant passif à harmoniser au contenant actif si possible dès le départ pour garder l'homogénéité d'ensemble ;
- conception : prévoir la possibilité de raccordement entre les zones opérateurs du PM passif et une éventuelle armoire d'extension active.

Les contraintes d'installation et de mise en service sont les suivantes :

- échauffement : limitation des effets des radiations solaires:
 - o armoire de couleur claire si possible (sauf demande contraire des services techniques) ;
 - o en zone de préférence non exposée en permanence (pour la zone d'accueil de l'armoire d'extension active) ;
 - o il existe des armoires avec panneaux d'ombrage amovibles permettant une meilleure protection contre l'échauffement lié aux radiations solaires. Un accès à chaque face de l'armoire peut être nécessaire pour la pose *a posteriori* de panneaux d'ombrage.
- raccordement électrique futur : installation du PM à une distance inférieure à 100m d'un point de connexion au réseau de distribution d'énergie ERDF, et au plus près en cas exceptionnel (voir chapitre 5.3 du document « ERDF-PRO-RAC_03E V. 3 » du 28/09/2011), même si l'armoire est passive *ab initio* ;
- infrastructures de génie-civil : envisager le génie civil supplémentaire vers 2^{ème} armoire dès la mise en place de l'armoire passive.

Enfin, l'enveloppe qui doit héberger les équipements actifs (l'armoire du PM lui-même ou bien l'extension qui lui est adjointe) doit prendre en compte les aspects suivants :

- alimentation électrique avec équipements de protection appropriés selon les normes en vigueur, prises de terre et de branchement électrique, parafoudres, ainsi que des batteries de secours (à installer selon la demande de l'opérateur utilisant les équipements actifs et selon l'ingénierie et susceptibles d'être changées régulièrement) pour pallier une éventuelle panne d'alimentation. La possibilité d'installation d'un compteur électrique est à voir par les opérateurs commerciaux ;
- compatibilité électromagnétique selon normes en vigueur et avec impact sur la conception de l'armoire ;
- régulation thermique :
 - o ventilation forcée, échangeur d'énergie ou climatisation : une ventilation est requise *a minima* mais, selon les régions et environnements, un échangeur d'énergie, voire une climatisation est obligatoire pour pallier les variations climatiques et garantir le bon fonctionnement des équipements actifs. Des solutions de ventilation forcée à débit optimisé montrent dans certaines conditions de meilleures performances et un fonctionnement plus silencieux qu'une climatisation pour une consommation électrique moindre ;

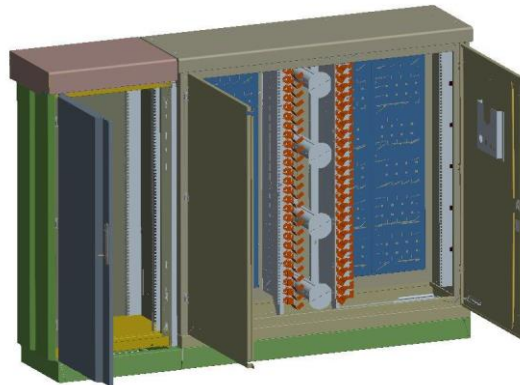
- le choix du type de refroidissement doit aussi tenir compte de l'étanchéité souhaitée de l'armoire contre la poussière (un échangeur d'énergie assure une étanchéité, ce qui n'est pas le cas d'une ventilation qui impose de changer fréquemment les filtres) ;
 - un système de chauffage peut être nécessaire pour élever la température dans la plage de fonctionnement optimale des équipements ;
 - éventuellement : sonde de température / hygrométrie, système de GTC (remontée d'alarmes), parafoudres, contacteurs de porte, néons, tablette PC, etc. ;
- bruit généré par les systèmes de ventilation ;
 - habilitation des personnes à intervenir sur équipements électriques.

Les spécifications techniques d'une armoire active sont résumées dans l'Annexe 2.

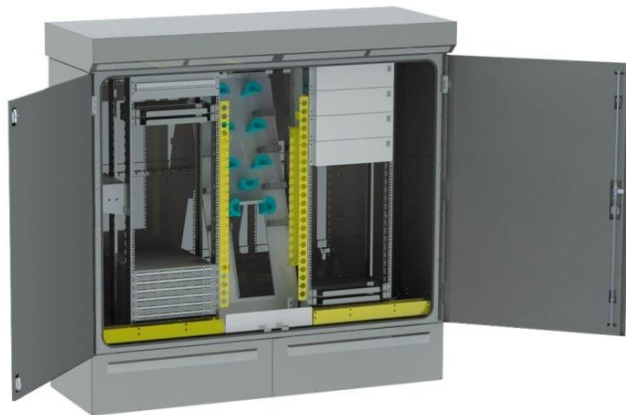
A titre d'exemple, ci-après 3 types d'armoires conçues selon les approches précitées :



Armoire passive avec caisson interne actif



Armoire passive avec élément d'extension actif



Armoire passive et active avec compartiment batteries

3.2.2. Le PM en armoire intérieure

Les armoires peuvent parfois être installées en environnement intérieur (par exemple dans des parkings souterrains) offrant des conditions d'accessibilité permanente.

L'organisation générale de l'armoire est la même qu'en extérieur, cependant les contraintes liées à l'urbanisme étant alors écartées, il est généralement possible d'envisager un mobilier de plus gros volume, et donc un PM de plus grande capacité.



Armoire « Indoor » 2 x 40U

Sur une armoire intérieure offrant deux racks 19 pouces de 40U, il est en théorie possible de distribuer 1440 fibres sur un rack. Cependant, au-delà de 800 jarretières, la saturation de l'espace de gestion des jarretières risque de rendre l'armoire inexploitable.

Une telle configuration permet de n'utiliser qu'une longueur unique de jarretière, généralement de 4,0 mètres (de contact optique à contact optique). Il est recommandé d'utiliser des jarretières dont le diamètre est inférieur ou égal à 2,0 mm, ce qui permet le remplissage maximal du PM.

A titre d'exemple, dans une armoire de rue 40 U, il est possible en utilisant des jarretières de 1,6 mm d'exploiter correctement jusqu'à 800 locaux raccordés.

Les spécifications techniques des jarretières sont décrites dans Annexe 4.

Les caractéristiques mécaniques des tiroirs opérateurs restent inchangées par rapport aux caractéristiques spécifiées au chapitre 3.2.1 du présent document.

3.2.3. Le PM en local technique

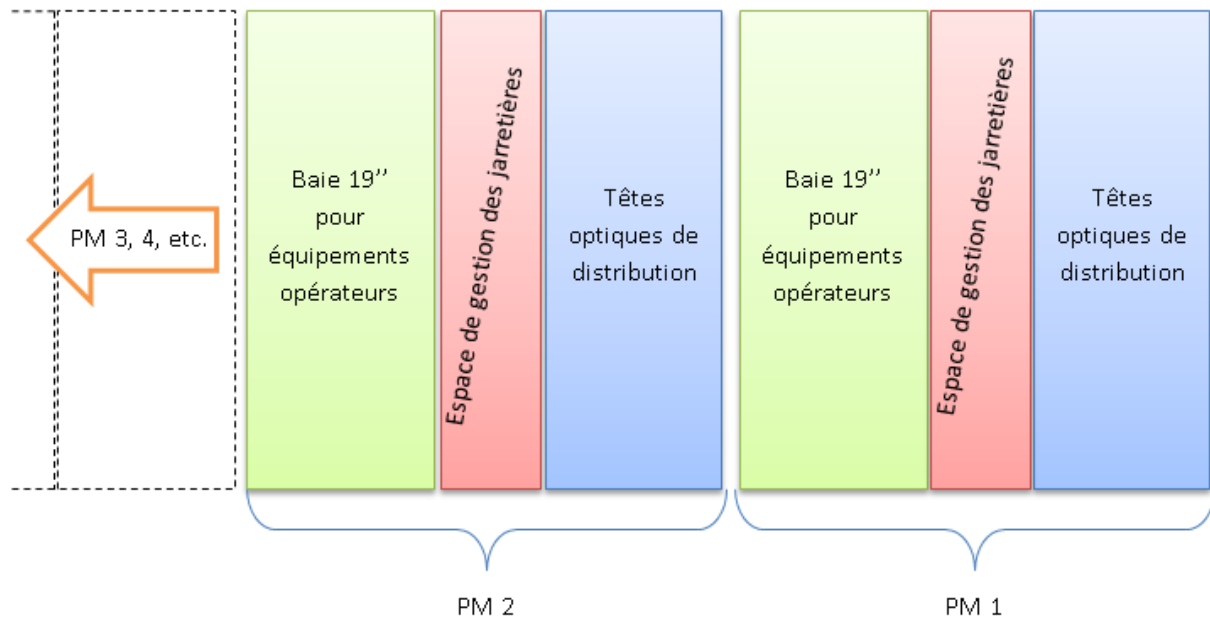
Différents types d'environnement sont possibles pour un PM en local technique ; un tel PM peut être situé dans les environnements suivants :

- **shelter préfabriqué** : l'utilisation de shelters préfabriqués permet une industrialisation des travaux de déploiement sur les projets de grande ampleur. Le plan d'aménagement est standardisable et le shelter peut être livré sur site, clef en main. La pose et la mise en service requièrent peu de travaux de second œuvre.
- **immeuble bâti** : l'aménagement d'un local technique au sein d'un immeuble bâti est une solution plus discrète et moins intrusive. Le plan d'aménagement doit alors être fait sur mesures et ne nombreux travaux de second œuvre peuvent être nécessaires (isolation, électricité, peinture, cloisons, aération, etc.).
- **espace PM dédié en NRO** : le NRO peut disposer d'un « espace PM » dédié à l'hébergement du PM (voir chapitre 2).

Configuration type « armoire à double-châssis »

La configuration de PM en armoire intérieure précédemment décrite (chapitre 3.2.2) peut être mise en œuvre dans un local technique, en utilisant des baies 19 pouces *indoor* classiques. L'intérêt de cette organisation est la simplicité (une baie opérateur et une baie distribution séparées par un espace de brassage) qui permet de mettre en place des règles de jarretière n'utilisant qu'une longueur unique de jarretière.

Cependant le nombre de lignes distribuables est limité du fait de la hauteur de baie et de la saturation de l'espace de gestion des jarretières. Il est toutefois possible d'héberger plusieurs PM de la sorte au sein d'un même local technique :



Dans cette configuration, il n'est pas possible de réaliser un brassage depuis les têtes de distribution d'un PM donné vers la baie opérateur d'un autre PM. Un opérateur commercial devra installer des équipements dans chaque PM pour avoir accès à l'ensemble des lignes FttH. On parle donc bien de PM distincts. Chaque PM devra avoir une zone arrière continue et conforme à la réglementation.

Configuration type répartiteur

Au lieu de multiplier les PM de capacité limitée, il est également possible de concevoir des PM de plus grande capacité, composés de plusieurs baies de distribution et de plusieurs baies d'équipements opérateurs, et permettant le brassage depuis n'importe quel point de connexion côté distribution vers n'importe quel point de connexion côté opérateurs.

Les opérations peuvent alors demander plusieurs longueurs de jarretières en fonction de la position des points à connecter. Il sera alors plus compliqué de permettre aux opérateurs commerciaux de pouvoir assurer eux-mêmes les opérations de brassage au PM lors de ses acquisitions de clients.

De plus la gestion des flux de jarretière peut devenir complexe en raison de la possible saturation des passages et du poids des jarretières pouvant entraîner des déconnexions lors des manipulations. Les solutions pouvant être mises en œuvre sont par exemple :

- l'utilisation de câbles *breakout*⁵ (Annexe 4), permettant d'optimiser le poids et la quantité de câbles présents dans les chemins de câble. Le cheminement et le stockage des « jambes de breakout » devront cependant être étudiés avec soin;
- l'utilisation de répartiteurs offrant plus d'espace, telles que les baies ETSI à arrimage par l'arrière ou bien les répartiteurs muraux. Plusieurs solutions propriétaires existent et peuvent être modulées en fonction des besoins.

Quelle que soit la solution mise en œuvre, il est fortement recommandé de connecter les fibres sur connecteur SC/APC 8° et de permettre l'installation d'équipements opérateurs standards, au format 19 pouces (voir chapitre 3.2).

La profondeur maximum admissible recommandée est de 400 mm. Cette profondeur rend de tels systèmes adaptés aux locaux type shelter.

La hauteur du répartiteur ne dépassera pas 2,20 m. Dans le cas d'un shelter avec arrivée des câbles par le dessus une hauteur totale du shelter de 2,40 m sera utile afin de garantir suffisamment de place pour la courbure des câbles.

La largeur du répartiteur dépendra principalement du nombre de têtes de câbles « distribution » et « opérateurs »

Le répartiteur optique pourra se présenter sous forme d'ensemble de baies ou de modules de faible profondeur juxtaposables côtes à côtes ou encore sous forme de plaques murales.

Les solutions de répartiteur côté distribution pour les PM en shelter pourront être de différentes natures : 19'', ETSI ou Tête de câbles. Cependant les solutions en ETSI ou en tête de câble nécessiteront soit des adaptations pour recevoir les tiroirs 19'' face avant soit l'installation d'un châssis 19'' indépendant pour les opérateurs.

⁵ Il s'agit d'une micro-structure contenant plusieurs fibres optiques préconnectées. Aux extrémités, ces fibres sont séparées en demi-jarretières unitaires dites « jambes ».

Le répartiteur pourra être préinstallé avant sa livraison sur site. On peut par exemple prendre en considération les contraintes supplémentaires suivantes pour définir le répartiteur du PM en shelter :

- Colisage restreint : l'assemblage du répartiteur devra pouvoir être réalisé dans un espace réduit : de ce fait des sous-ensembles en kit seront à privilégier plutôt que des baies livrées entières.
- A titre d'illustration une baie vide (L/P/H) de 1200 mm x 300 mm x 2200 mm se compose d'un colisage de 400 mm x 400 mm x 2200 mm et un répartiteur mural vide se compose de plaques murales de dimensions (500 mm x 500 mm x 1500 mm)
- Fixation murale obligatoire en complément d'une éventuelle fixation au sol
- Tenue en vibration sur le répartiteur et ses éléments (tiroirs) selon la norme IEC 60068-2-6

La densité (nombre de fibres connectées / m³) en connectique SC/APC devra être optimisée (dimension et volume du shelter) pour garantir les meilleures conditions économiques d'installation, et d'exploitation technique du PM. Des répartiteurs très haute densité (de l'ordre de 2 000 fibres/m³) pourront notamment être utilisés pour minimiser la taille du shelter.

Le répartiteur devra être modulaire et évolutif : possibilité de rajouter des modules têtes de câble et/ou opérateur sans risque de perturbation des fibres connectées. Idéalement l'architecture du répartiteur devrait comporter des cheminements dédiés spécifiques suivant les fonctionnalités :

- zone têtes de câbles « distribution » ;
- zone d'arrimage des câbles de distribution ;
- zone tiroirs Opérateurs ;
- zone d'arrimage des câbles opérateurs ;
- zones de jarretièrage : le brassage se fera avec un nombre limité de longueurs de jarretières selon un cheminement spécifié par le constructeur qui permet la pérennité du système.

4. Qualité de service sur boucle locale optique mutualisée

Les projets d'analyse des marchés 4, 5 et 6 de l'ARCEP⁶ proposent de segmenter le marché sur la base du critère de qualité de service et non pas de la nature du site desservi (entreprise ou résidentiel). L'appellation « marché entreprise » peut induire une mauvaise interprétation dans la mesure où la distinction est en réalité effectuée sur la présence ou non d'une qualité de service spécifique (à ce jour, le critère retenu par l'analyse de marché est la présence d'une GTR inférieure ou égale à 10 heures). Dans les analyses de marché, le « marché entreprise » est en réalité le « marché de la QoS spécifique ». Par conséquent, il apparait difficile en raison du caractère évolutif et imprévisible des besoins en QoS des futurs clients du réseau, de différencier lors de la conception du réseau l'ingénierie passive en fonction de la nature des sites desservis.

La plupart des opérateurs commerciaux souhaiteront, à l'instar de ce qui a pu se pratiquer sur la boucle locale historique en cuivre, pouvoir proposer de la qualité de service sur n'importe quelle ligne du réseau

⁶ <http://www.arcep.fr/index.php?id=2101>

mutualisé en fibre optique, quelle que soit la nature du site desservi. Une étude portant sur la nature des sites inclus dans la zone arrière d'un PM peut toutefois être utile pour réaliser les bons choix de dimensionnement des différents segments de réseau (le dimensionnement du réseau est traité aux chapitres 5.2 pour la desserte optique et 6.3 pour le transport optique).

Pour proposer une offre avec QoS spécifique à un utilisateur final, un opérateur commercial pourra être amené à demander à l'opérateur de PM une offre d'accès passif incluant certaines garanties sur le taux de disponibilité de l'accès et sur le temps de rétablissement en cas d'incident. Au-delà de moyens humains et de processus spécifiques pouvant être mis en œuvre pour assumer ces garanties sur le réseau passif, certaines pratiques dans l'ingénierie du réseau peuvent être envisagées afin de :

- réduire le taux de panne :
 - o dans le cas de défaillances matérielles ;
 - o dans le cas d'erreurs de manipulations ;
- réduire le temps de réparation (à ce jour, les offres comportant une GTR de 4h sont une pratique courante sur le marché de la QoS).

Certaines de ces pratiques peuvent permettre de réduire à la fois le taux de panne et le temps de réparation.

4.1. Pratiques envisageables au PM

4.1.1. Repérage des accès titulaires de QoS

Le PM étant un point de brassage mutualisé, il sera un lieu d'intervention fréquent tout au long de la vie du réseau et ces interventions répétées pourront être une des principales causes d'incidents en cas d'erreur ou de mauvaise manipulation des techniciens. Pour prévenir ces risques il peut être intéressant d'appliquer une distinction particulière (liseré, motif, etc.) aux jarretières des accès titulaires d'une QoS spécifique. Une telle distinction permettra par la suite d'alerter les intervenants sur le caractère critique des jarretières manipulées et éventuellement de mettre en place des processus complémentaires (prévention des déconnexions de ligne non sollicitées) pour protéger ces accès titulaires de QoS.

4.1.2. Chemin de jarretière sécurisé

Le poids combiné des flux de jarretières peut également être cause d'incidents involontaires (arrachements ou contraintes appliquées aux jarretières) lors de la manipulation des jarretières et des tiroirs pivotants, notamment pour les répartiteurs de moyennes et grandes capacités. L'aménagement d'un chemin de jarretière différencié et moins chargé pour les lignes titulaires de QoS spécifique peut permettre de réduire ces incidents. En revanche, cette mesure ne protège pas le panneau de connecteurs des tiroirs optiques et ne réduit donc pas les erreurs de brassage. Cette pratique ne devra toutefois pas remettre en question la standardisation des contenants et des longueurs de jarretières notamment évoquée au chapitre 3.

4.1.3. Utilisation de connectique sécurisée

Une solution qui permettrait de sécuriser par un moyen mécanique et au cas par cas les connexions de certaines jarretières pourrait être un moyen de réduire le taux de panne lié à des déconnexions accidentelles. .

4.2. Pratiques envisageables au PBO

Le PBO constitue un nœud de réseau qui est sujet à de multiples interventions par différents acteurs et à différents moments de la vie du réseau (construction des raccordements finaux). Certaines pratiques (utilisation de PBO préconnectorisés, utilisation de cassettes d'épissurage dédiées aux lignes titulaires de QoS, etc.) pourraient permettre de réduire les risques de contraintes accidentelles sur les fibres contenues dans le PBO.

Le comité d'experts pourra se prononcer de manière plus précise sur les différentes solutions proposées au paragraphe 4 lorsque ces solutions auront été testées et qu'un retour d'expérience opérationnel aura été partagé.

5. Le segment de desserte optique

5.1. Caractéristiques techniques

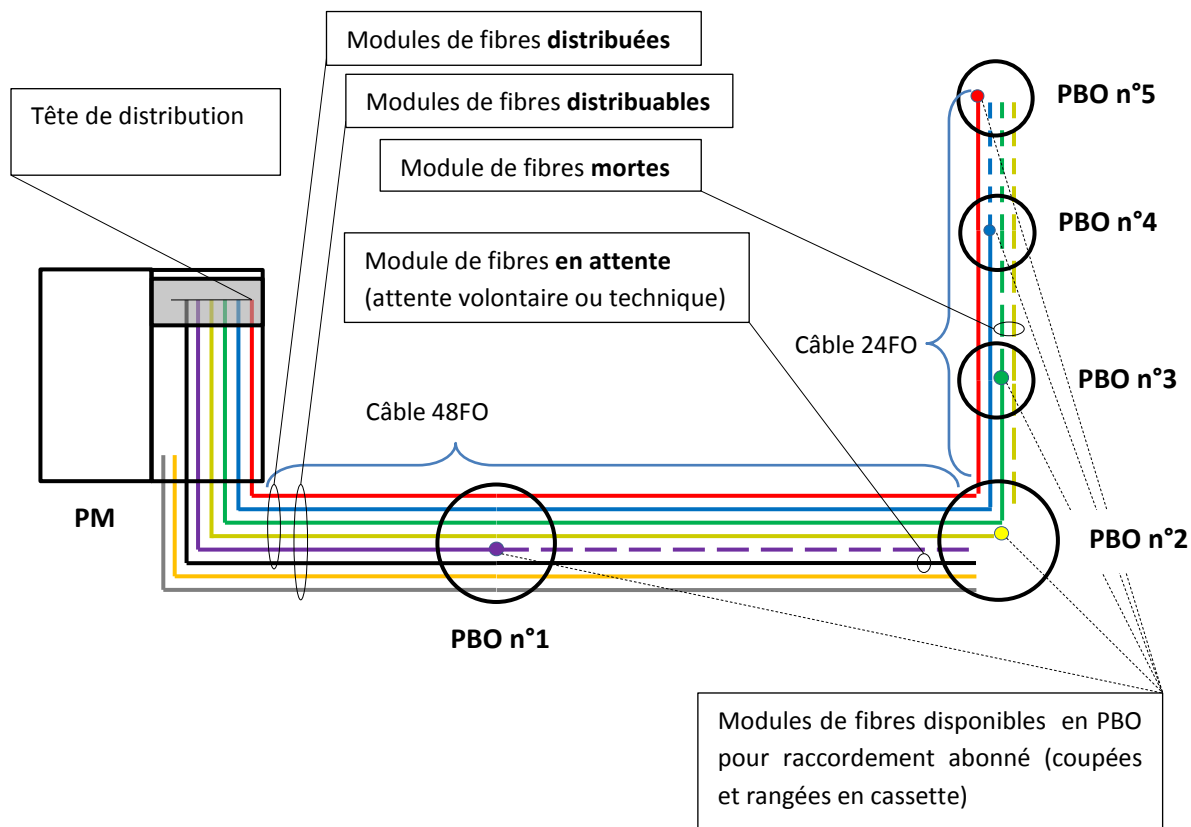
Les spécifications techniques des fibres et câbles à utiliser sont décrites dans l'Annexe 4.

Le code couleur à utiliser pour le repérage des fibres au sein du câble est décrit dans l'Annexe 7.

5.2. Dimensionnement

5.2.1. Vocabulaire

Le vocabulaire illustré dans le schéma suivant est également défini au chapitre 1.1.



5.2.2. Analyse de la zone arrière

L'article 3 de la décision n° 2010-1312 de l'ARCEP précisant les modalités de l'accès aux lignes de communications électroniques à très haut débit en fibre optique sur l'ensemble du territoire à l'exception des zones très denses précise : « [...] Depuis ce point de mutualisation, il déploie [...] un réseau horizontal permettant de raccorder l'ensemble des logements et locaux à usage professionnel de la zone arrière à proximité immédiate de ces logements. » La notion de « ligne de communications électroniques en fibre optique » est définie dans les décisions n° 2009-1106 et n° 2010-1312 comme « une liaison passive d'un réseau de boucle locale à très haut débit constituée d'un ou de plusieurs chemins continus en fibres optiques et permettant de desservir un utilisateur final ». Ainsi, le décompte des logements et locaux à usage professionnel permet de déduire le nombre minimal de fibres nécessaire pour desservir la

zone arrière conformément à la réglementation (un chemin optique continu PM – PTO pour chaque logement ou local professionnel *a minima*). Les obligations de taille minimale de zone arrière établies dans la décision n° 2010-1312 portent bien sur le nombre de logements ou locaux à usage professionnel (et non sur le nombre de fibres distribuées).

Cependant, il peut être pertinent de dimensionner la desserte optique au-delà de ces obligations réglementaires afin de répondre à certains besoins spécifiques.

En synthèse, la desserte optique des différents types de sites desservis par le PM pourrait être dimensionnée de la manière suivante :

- Logements ;, une fibre par logement est nécessaire au minimum ;
- Locaux à usage professionnel : une fibre par local à usage professionnel est nécessaire au minimum. Toutefois ces locaux sont susceptibles de faire l'objet de demandes de plusieurs liaisons particulières pour disposer d'une qualité de service plus performante ou bien pour répondre à des besoins spécifiques. Plusieurs fibres par local à usage professionnel peuvent donc être prévues lors du dimensionnement pour répondre à ces besoins ;
- Sites techniques et objets communicants : certains sites techniques seront très probablement amenés à évoluer vers des raccordements en fibre optique à court terme : points hauts accueillant des cellules radio, etc. D'autres sites techniques pourraient nécessiter un accès fibre optique dans un futur suffisamment proche pour être pris en compte dans l'analyse de la zone arrière du PM : postes de transformation énergie, ascenseurs, etc. Une ou plusieurs fibres par site peuvent être prévues par l'opérateur de PM pour répondre à ces besoins.

Par ailleurs, différentes possibilités de protection des réseaux font l'objet d'une première analyse et de recommandations en Annexe 9 et en Annexe 10.

5.2.3. Surcapacité en fibres distribuées et arrêtées en PBO

Il est important de disposer d'une surcapacité de fibres distribuées répartie dans le réseau de desserte optique. Cette surcapacité est distribuée au PM et disponible directement aux PBO. Ce réseau ainsi surdimensionné correspond bien aux besoins du réseau de desserte optique à prendre en compte dans le dimensionnement du PM (voir chapitre 3.1).

Pour obtenir un tel surdimensionnement il est conseillé d'établir une modularité de la capacité des PBO en fonction de la modularité des câbles de fibres optiques utilisés. En effet il est compliqué de réaliser des dérivations de fractions de modules, en raison des risques d'erreurs et de mauvaises manipulations lors des opérations de soudures. Il est recommandé de favoriser l'utilisation complète d'un module au niveau d'un PBO.

En fonction de la modularité des câbles et des PBO, on peut alors obtenir les capacités suivantes à chaque PBO :

Nombre de locaux desservis par le PBO Nombre de fibres disponibles au PBO	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4 (utilisation de câbles composés de modules de 4 fibres)	33%	0%								
6 (utilisation de câbles composés de modules de 6 fibres)		50%	20%	0%						
8 (utilisation de câbles composés de modules de 4 ou 8 fibres)			60%	33%	14%	0%				
12 (utilisation de câbles composés de modules de 6 ou 12 fibres)						50%	33%	20%	9%	0%

Une surcapacité moyenne d'**au moins 15%** sur le réseau de desserte optique est recommandée. Comme vu au chapitre 3.1, il est recommandé également de prévoir au PM une réserve d'espace d'au moins 25% permettant d'absorber les variations locales imprévisibles à l'échelle de chaque PM, et de réaliser si besoins les extensions de réseau nécessaires et permettre le renouvellement des technologies.

5.3. Les points de branchement optiques

Les points de branchement optiques (PBO) sont matérialisés par des boîtiers de protection d'épissures comportant suffisamment d'entrées de câbles pour pouvoir raccorder à terme tous les locaux desservis par ce PBO. Afin d'éviter les risques d'erreurs et de mauvaises manipulations lors des raccordements finals, les fibres du micromodule affecté au PBO peuvent être arrêtées et rangées une à une dans les cassettes d'épissurage (en vue d'une soudure sur un câble de branchement optique ou sur un pigtail). Les fibres peuvent être éventuellement bouclées deux-à-deux dans ces cassettes (pour effectuer des tests de recette par exemple).

Les spécifications techniques des contenants matérialisant les PBO sont données en Annexe 8.

5.3.1. En souterrain

Il est recommandé de prévoir une sur-longueur de câble adaptée à la technique de câblage, aux règles d'utilisation du génie civil et à la dimension de la chambre de génie civil, afin de permettre la réalisation d'opérations de raccordement ou de maintenance sur les PBO dans de bonnes conditions.

Afin de faciliter les opérations de raccordement d'abonnés, il est nécessaire de réduire au maximum la longueur du raccordement client (longueur de câble de branchement entre le PBO et la PTO à l'intérieur du logement) tout en conservant un bon compromis avec le remplissage des PBO. Le PBO est positionné de façon à optimiser les longueurs de raccordement et à réduire au mieux l'occupation des fourreaux de génie civil.

Cette recommandation peut donc amener, si besoin, à réduire le nombre de clients par PBO pour limiter la longueur des raccordements d'abonnés.

A titre d'exemple, dans le document « *Evaluation des projets pilotes FttH - Recueil de bonnes pratiques*⁷ » publié en 2011 sur le site du gouvernement, il est écrit au chapitre 5.1.1:

« *La distance moyenne constatée entre PBO et PTO est la suivante :*

- *Environ 80 m en moyenne pour le raccordement souterrain ou sur poteau, 150 m au maximum (sauf quelques exceptions)*
- *Environ 15 m pour le raccordement en façade, 30 m au maximum (un seul pilote)*
- *Environ 15 à 25 m pour le raccordement palier. »*

5.3.2. En aérien

Les PBO en aérien peuvent être fixés sur poteau ou sur façade.

L'opération de soudure lors des raccordements finals est souvent réalisée depuis une nacelle pour les PBO installés en aérien. Il n'est pas toujours possible⁸ de laisser une longueur de love suffisante qui permettrait de réaliser cette opération au sol. De mauvaises conditions climatiques (pluie, grand froid) sont donc susceptibles d'impacter la qualité et la réussite des opérations de raccordement dans ce cas. Il est possible d'utiliser des boîtiers connectés (connectique étanche externe ou connectique non-étanche interne) afin de permettre un raccordement plus simple et un temps d'intervention en hauteur plus court.

Lorsque les conditions le permettent, les PBO doivent être installés au plus haut à 2,5m du sol pour faciliter les interventions sur le PBO.

Afin de faciliter les opérations de raccordement d'abonnés, il est nécessaire de réduire au maximum la longueur du raccordement client (longueur de câble de branchement entre le PBO et la PTO à l'intérieur du logement) tout en conservant un bon compromis avec le remplissage des PBO. Le PBO est positionné de façon à optimiser les longueurs de raccordement et à respecter les règles d'utilisation des supports et les parcours existants des autres réseaux en aérien.

Cette recommandation peut donc amener, si besoin, à réduire le nombre de clients par PBO pour limiter la longueur des raccordements d'abonnés.

A titre d'exemple l'extrait du document « *évaluation des projets pilotes FttH - Recueil de bonnes pratiques* » cité au chapitre précédent (5.3.1) peut donner un ordre de grandeur des longueurs de raccordement client.

⁷http://investissement-avenir.gouvernement.fr/sites/default/files/user/Recueil_des_bonnes_pratiques_dec2011.pdf

⁸ En effet, les dispositifs de lovage sont souvent peu esthétiques et refusés par les communes ou les particuliers. De plus ils peuvent constituer dans certains cas une surcharge pour les supports aériens.

Le mode de pose de PBO en aérien, avec ou sans dispositif de lovage est un sujet qui doit faire l'objet d'une étude approfondie du comité d'experts fibre. Le présent chapitre sera alors mis à jour.

5.3.3. En intérieur

Afin de simplifier les opérations de raccordement client et d'optimiser l'utilisation des fourreaux, il est recommandé d'installer systématiquement les PBO à l'intérieur des immeubles de 4 logements et plus qui possèdent une adduction unique et des parties communes.

NOTA : dans les autres cas, les PBO peuvent être installés à l'extérieur (en chambre ou en aérien).

5.4. Les raccordements finals

Les câbles de branchement optiques utilisés pour les raccordements d'abonnés peuvent être composés de plusieurs fibres. Pour les clients nécessitant une seule fibre optique à la date du raccordement, les questions se posent entre autre de :

- connecter ou non les autres fibres au niveau de la PTO ;
- établir ou non la continuité optique des autres fibres au PBO (jusqu'en pied d'immeuble par exemple).

L'étude technique de ces questions n'a pas encore été finalisée par le comité d'experts fibre et ne fait pas consensus à date. Ce point fera l'objet d'une mise à jour du présent document.

Dans tous les cas le raccordement final doit respecter les recommandations de l'ARCEP en ce qui concerne l'identification des lignes en fibre optique jusque l'abonné :

http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/recommand-identification-lignes-FttH-avril2013.pdf

6. Le segment de transport optique

6.1. Rappel réglementaire

Pour les PM de petite taille (300 à 1 000 logements ou locaux à usage professionnel), une offre de raccordement distant doit obligatoirement être proposée entre le PM et *un point plus en amont dans le réseau, dont les caractéristiques sont les mêmes que celles d'un point de mutualisation établi en l'absence d'offre de raccordement distant* (notamment les conditions d'accessibilité, telles que le génie civil disponible pour raccorder ce point), conformément aux motifs de la décision n° 2010-1312 de l'ARCEP.

L'offre de raccordement distant étant un correctif nécessaire à l'établissement dérogatoire d'un PM de petite taille (entre 300 et 1000 logements ou locaux à usage professionnel), la pertinence de ses caractéristiques juridiques, techniques et tarifaires s'appréciera au regard des exigences posées pour le point de mutualisation par la décision n° 2010-1312 de l'ARCEP.

Le point de livraison de l'offre de raccordement distant peut être le NRO, par exemple, si ce dernier respecte les caractéristiques d'un point de mutualisation établi en l'absence d'offre de raccordement distant.

Enfin, pour les PM desservant plus de 1 000 logements ou locaux à usage professionnel, l'offre de raccordement distant, bien que non imposée par la décision n° 2010-1312 de l'ARCEP, peut tout de

même être proposée aux OC à titre commercial, dans une démarche de mutualisation des investissements. Les OC pourraient, selon les conditions, préférer bénéficier de cette offre plutôt que d'amener un câble en propre.

6.2. Caractéristiques techniques

Les spécifications techniques des fibres et câbles à utiliser sont décrits dans [l'Annexe 4](#).

Le code couleur à utiliser pour le repérage des fibres au sein du câble est décrit dans [l'Annexe 7](#).

6.3. Dimensionnement

6.3.1. Analyse de la zone arrière du PM

Le dimensionnement du lien de transport optique d'un PM dépendra du nombre de sites pris en compte dans la zone arrière ainsi que de l'analyse de la zone arrière tel que décrit au chapitre 5.2.2. Si l'on envisage de fournir des services de type « fibre dédiée » il sera nécessaire de dimensionner le transport optique en conséquence.

6.3.2. Besoin en fibres pour les opérateurs PON.

Les opérateurs utilisant des technologies PON ont tendance à installer des architectures avec des taux de couplage de 1/64 ou 1/32 pour les PM ayant à couvrir de grandes zones peu denses. Les coupleurs sont généralement installés dans les PM.

Le nombre de fibres prévues pour les besoins PON peut être calculé en divisant le nombre de locaux de la zone arrière du PM par le taux de couplage moyen. Le comité d'expert considère aujourd'hui qu'un **taux de couplage moyen de 1 : 30 (en considérant des cas de couplage 1 : 16, 1 : 32 et 1 : 64) est suffisamment réaliste et prudent** pour être utilisé dans les calculs de dimensionnement du lien de transport optique.

Enfin, chaque opérateur peut ne pas remplir de manière parfaite ses coupleurs, et donc ses fibres de transport. Il est donc nécessaire de prévoir un certain nombre de fibres de transport supplémentaires (une fibre supplémentaire par opérateur à *minima*).

6.3.3. Besoin en fibres pour les opérateurs Point-à-Point

Les opérateurs qui font le choix de technologie *Point-à-Point* disposent de 3 stratégies :

- mettre un équipement actif au PM ;
- mettre un équipement actif au NRO de l'Opérateur de PM (en louant des fibres à cet « OI » sur le câble de transport NRO-PM si ce NRO existe et si l'OI propose une telle offre) ;
- mettre un équipement actif à son propre NRO (en amenant un câble dédié entre ce NRO et le PM).

La stratégie retenue peut dépendre de la taille du PM et évoluer dans le temps (en fonction du nombre d'abonnés envisagés à une date cible).

Le coût d'activation d'un PM est relativement élevé (et sera supporté par les seuls OC souhaitant installer des équipements actifs au PM). Il est néanmoins fort probable que lorsque le nombre d'abonnés aura atteint un certain seuil sur un même PM, la location de fibres sur le câble de transport NRO-PM

deviendra moins intéressante pour un opérateur commercial point-à-point que l'activation du PM ou la mise en place d'un câble dédié.

Un opérateur point-à-point ayant installé un équipement actif dans le PM aura généralement besoin de 2 fibres de transport NRO-PM.

En fonction des OC qui sont amenés à être client du réseau et qui souhaitent mettre en place une architecture point-à-point, il peut être utile de prévoir un certain nombre de fibres supplémentaires, correspondant aux besoins que pourraient avoir ces opérateurs avant l'activation du PM ou la mise en place d'un câble dédié.

6.3.4. Besoin en fibre pour les services différenciés

Les clients finals sont à même de demander une connectivité à haute disponibilité ainsi que des garanties de débit et de temps de rétablissement. Pour répondre à ces demandes ou à d'autres demandes particulières, il peut être nécessaire dans certains cas de fournir un accès sur une ou plusieurs fibres dédiées à ces clients (voir aussi chapitre 5.2.2.).

Si l'opérateur de PM souhaite s'adresser à ce type d'usages, il convient d'évaluer ces besoins et d'adapter le nombre de fibres du segment de transport optique. Il peut donc être pris en compte dans le dimensionnement du segment NRO-PM un certain nombre de fibres supplémentaires, afin de permettre l'établissement de liaisons par fibres optiques dédiées entre le NRO et le site client.

6.3.5. Phasage du déploiement

En fonction du modèle économique choisi (taux d'actualisation, évolution du taux de pénétration, incertitude sur les usages et technologies futures...) il peut être économiquement intéressant de considérer deux phases de déploiement pour le lien de transport NRO – PM.

Quoi qu'il en soit, il est recommandé de se donner la possibilité de poser ultérieurement un second câble de transport pour renforcer un lien saturé, via un fourreau, un sous-tube ou une nappe aérienne réservé à cet effet, ainsi que des chambres correctement dimensionnées pour accueillir de futurs boîtiers de protection d'épissures. Le PM et le NRO devront également être à même d'accueillir ce second câble et les tiroirs optiques associés.

6.3.6. Catégorisation

Sauf cas particulier (ZAE importante par exemple), il est souhaitable d'appliquer une règle commune à tous les liens de transport, en fonction des catégories de taille PM, au risque de créer une complexité qui nuise à l'exploitation des services.

Exemple :

Nombre de locaux desservis par le PM	[360]	[600]	[600-1000]	[1000-2000]
Besoin en FO pour le PON <i>a minima</i> ⁹	12	20	34	67
Besoin en FO lié au remplissage incomplet des coupleurs opérateurs	4	4	4	4
Dimensionnement <i>fibre dédiée</i> pour 10% des lignes	36	60	100	200
Câble de transport sans prise en compte des <i>fibres dédiées</i>	24FO	36FO	48FO	72FO
Câble de transport permettant 10% de lignes <i>fibres dédiées</i>	72FO	96FO	144FO	288FO

Exemple de catégorisation pour le dimensionnement du lien de transport NRO – PM

Les valeurs sont à ajuster en fonction du modèle choisi.

7. Les contraintes d'affaiblissement optique

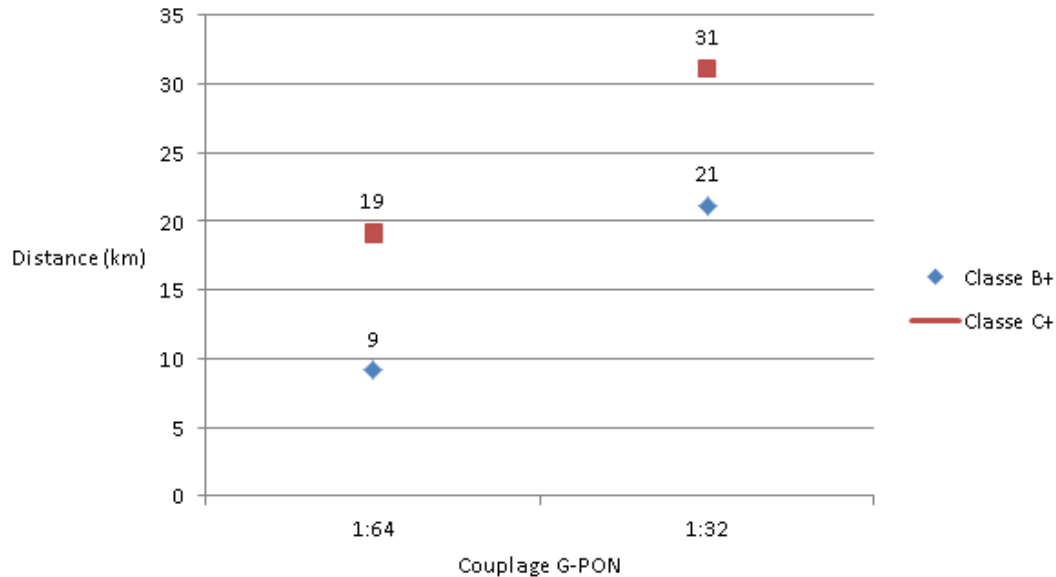
7.1. Contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FttH en GPON

L'ARCEP a publié en septembre 2012 une synthèse des travaux menés sur l'affaiblissement optique en-dehors des zones très denses :

http://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/dossiers/fibre/synth_contraintes_ingenierie_reseau-sept2012.pdf.

En particulier, le graphique suivant, extrait de cette synthèse illustre les distances NRO-PTO disponibles en fonction des technologies (distances atteignables) pour un système GPON en fonction du taux de couplage et de la classe de systèmes optiques utilisés :

⁹ Des besoins complémentaires en fibres peuvent également être nécessaires pour assurer l'évolutivité des systèmes optiques des OC.



Distances disponibles en GPON en fonction de la classe utilisée

Ces longueurs correspondent à la somme des longueurs NRO-PM et PM-PTO. Il est cependant nécessaire de prévoir une certaine marge de sécurité par rapport aux limites théoriques afin de pouvoir faire face au vieillissement du réseau, à d'éventuelles modifications sur le réseau et à l'augmentation du besoin en débit.

La recommandation d'une longueur maximum dans la fourchette représentée sur le graphique ci-dessus ne fait à ce jour pas consensus au sein du comité d'experts fibre. Une mise à jour du présent document est donc à prévoir.

Le respect des distances maximales NRO - PTO, se heurte néanmoins à une incertitude concernant la connaissance préalable de l'emplacement des NRO d'opérateurs tiers susceptibles de desservir un territoire, avant que les opérations de pavage de celui-ci en zones arrière de PM ne soient entreprises. Il est souhaitable que soit établie une relation suffisamment en amont entre concepteurs de réseaux et opérateurs commerciaux afin de réduire cette incertitude, en s'appuyant sur d'éventuelles recommandations complémentaires produites par les autorités compétentes.

7.2. Mesures de liens optiques

7.2.1. Mesure des fibres de transport optique

Les méthodes de mesure par réflectométrie sont décrites dans le guide UTE C 15-960. Les fibres de transport étant installées sur connecteurs de part et d'autre de la liaison, il est recommandé d'effectuer les tests suivants à l'intégrité des fibres de transport optique :

- Mesures de réflectométrie dans les 2 sens ;
- 2 longueurs d'onde mesurées (1310nm et 1550nm);
- Bouclage par jarretière.

Ces mesures permettront de produire pour chaque groupe de fibres un dossier de mesure complet avec identification et qualification par un technicien de chaque évènement (épissure, connecteur, etc.). Ce dossier de mesure pourra contenir entre autre :

- La longueur et l'affaiblissement global ;
- Le nombre d'évènements (épissure, connecteur...) avec pour chaque évènement sa position sur la ligne, son affaiblissement et sa réflectance.

Les pertes d'insertion théoriques sont données dans l'annexe 3. De même, le taux de réflexion à respecter est décrit dans la recommandation UIT-T GPON. Les éventuels défauts détectés sur les fibres devront obligatoirement être corrigés et les corrections validées par de nouvelles mesures par réflectométrie.

7.2.2. Mesure des fibres de desserte optique

Le déploiement de la desserte optique peut être réalisé en plusieurs phases de travaux ; le déploiement vertical n'est pas toujours effectué en même temps et par le même acteur. La desserte optique pourra donc être arrêtée provisoirement en un point, généralement situé à proximité de l'adduction de l'immeuble à desservir. Il sera alors nécessaire de mettre en place des processus de test permettant de recetter chaque phase de travaux sans porter atteinte à la connectivité globale de l'infrastructure déjà en service.

Concernant les fibres de desserte optique, il peut être coûteux (en raison du nombre de mesures et de bouclages nécessaires) de procéder à des mesures par réflectométrie sur toutes les fibres, à 2 longueurs d'onde et dans les 2 sens par bouclage. Pour réduire le coût des mesures il est possible d'agir sur 2 axes :

- réduire le nombre de fibres mesurées (mesures aux 2 longueurs d'onde et dans les 2 sens par bouclage) à un échantillon significatif (1 ou 2 fibres par tube) ;
ou
- simplifier l'opération de mesure au maximum (sur la totalité des fibres), afin de réduire le coût de la mesure à l'unité :
 - o si le même type de fibre est utilisé sur toute la longueur du lien mesuré, les artéfacts de mesure¹⁰ dans un seul sens sont limités et une mesure dans un seul sens peut être considérée comme suffisante ;
 - o l'utilisation de rapports de mesures simplifiés (longueur et atténuation de chaque fibre uniquement) plutôt que de rapports de mesures complets peut également être envisagée. Ces rapports simplifiés peuvent être produits par l'appareil de mesure.

La concordance fibre à fibre entre le PM et les PBO est indispensable pour l'exploitation et la commercialisation du réseau. Une comparaison des longueurs optiques mesurées avec les longueurs

¹⁰ Une mesure par réflectométrie dans un seul sens peut faire apparaître pour chaque évènement un gain ou une perte apparente différente de la perte réelle. Une moyenne des mesures dans les 2 sens permet de s'affranchir de ces « artéfacts ».

optiques théoriques permet un premier niveau de test de concordance (on s'assure que chaque fibre aboutisse bien dans le bon PBO) bien que des croisements de fibre restent possibles à l'échelle d'un PBO. Ces erreurs peuvent se produire par exemple au niveau des tiroirs optiques lorsqu'ils sont montés et connectés sur le terrain.

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

- Test de concordance par laser à lumière visible (« crayon optique ») : un contrôle à deux personnes (l'une injectant le signal du laser au PM, 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 PM 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'indice¹¹).

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.

8. Documentation technique

8.1. Dossiers de mesures optiques

Les mesures d'un réseau optique représentent une quantité importante de données qu'il sera difficile d'exploiter si le format de retour n'a pas été rigoureusement établi. Le format permettant de répondre au besoin des opérateurs commerciaux, de l'opérateur d'infrastructure qui exploite un réseau pour une collectivité ou bien même de la collectivité doit donc être défini le plus tôt possible.

8.1.1. Besoins des opérateurs commerciaux

Un opérateur commercial n'a pas besoin des rapports de mesures des lignes.

Pour se raccorder à un réseau tiers, un opérateur commercial aura besoin de connaître les informations de longueurs de lignes des différents tronçons du réseau pour établir son ingénierie (choix des coupleurs par exemple) et éventuellement définir les lieux d'implantation de ses propres NRO.

Un opérateur commercial aura également besoin de connaître au moment de la commande d'accès l'affaiblissement de la ligne (calculé ou mesuré), cette information étant nécessaire pour l'affectation des ressources qui permettront d'activer la ligne. Toutefois il n'existe à ce jour pas de protocole inter-opérateur définissant le mode de transmission de cette information.

¹¹ Un bain dans du liquide adaptateur d'indice doit faire disparaître le pic de Fresnel visible au réflectomètre.

8.1.2. Besoins du maitre d'ouvrage qui construit le réseau

Le maitre d'ouvrage aura besoin des rapports de mesure dans le cadre de la recette des travaux mais également pour répondre aux besoins de l'opérateur de PM qui serait amené à exploiter le réseau.

8.1.3. Besoins des opérateurs de PM qui exploitent le réseau

Les opérateurs de PM (fermier par exemple) n'ont pas d'exigence particulière concernant le résultat des mesures optiques, l'exigence *a minima* étant d'avoir des mesures réalisées conformément au chapitre 7.2. Afin de permettre l'exploitation du réseau, il est nécessaire que le constructeur ou le précédent exploitant transmette les résultats de mesures optiques dans un format interopérable identifiant les extrémités de la fibre, objet de la mesure. De plus, le nommage du fichier devrait faciliter l'identification des fibres concernées.

Les données des mesures par réflectométries pourront être également utilisées pour effectuer de la maintenance préventive (par comparaison avec des mesures *a posteriori*) et de la localisation de défauts.

8.2. Autres documents techniques

L'opérateur de PM a besoin notamment :

- du dossier de conception du réseau ;
- des plans de câblage complets (comprenant les plans de boîtes) ;
- de la documentation technique des éléments du réseau (chambres, armoires, shelters, fourreaux, câbles, boîtiers de protection d'épissures, baies, tiroirs optiques, etc.) afin de former les techniciens sur ces équipements et d'en connaître les spécifications techniques afin de vérifier leur conformité par rapport aux spécifications techniques de l'opérateur de PM ;
- des dossiers des ouvrages exécutés (DOE-GC, DOE-Site, DOE-Optiques et SIG) et les plans de recollements afin de s'assurer de la bonne recette du réseau et de la conformité des données SIG avec les DOE. S'assurer de cette conformité est nécessaire lors de l'exploitation notamment en ce qui concerne les obligations de déclaration au titre des DT/DICT ;
- de la description des éléments tertiaires (GTC, climatiseurs, capteurs, les points d'alimentation, énergie, contrat EDF ...), afin de vérifier leur conformité pour les usages envisagés par l'opérateur de PM et anticiper les éventuelles mises à niveau ;
- des règles de dimensionnement des sites utilisées (énergie, climatisation, surface), afin de vérifier leur conformité pour les usages envisagés par l'opérateur de PM et anticiper les éventuelles mises à niveau.

9. L'exploitation du réseau

Le chapitre suivant décrit certains principes essentiels à l'exploitation d'un environnement mutualisé. Il n'est pas exhaustif et pourra faire l'objet de mises à jour.

Préambule :

Les autorisations administratives (conventions immeuble, titre d'occupation du domaine public, permis de construire, etc.) peuvent contenir des informations d'ordre technique telles que des procédures d'accès ou des obligations de maintenance. Celles-ci doivent être mises à disposition de l'opérateur de PM.

Accès aux sites :

- Les opérateurs clients du réseau doivent pouvoir accéder aux sites techniques relevant de leur périmètre d'intervention 24h/24 et 7j/7. Ces sites peuvent être :
 - o Les PM si l'opérateur commercial est autorisé à brasser au PM ;
 - o Les différents espaces du NRO selon le degré d'autorisation.
- Il est possible d'utiliser un système de clés électroniques ou électroniques et mécaniques pour permettre une gestion des droits beaucoup plus souple que des clés simplement mécaniques. Ces systèmes fournissent également l'historique et la traçabilité des accès pour un meilleur contrôle de l'environnement mutualisé.
- Dans le cas où une solution à base de clés mécaniques serait retenue, l'opérateur de PM devra étudier l'organigramme des clés afin de minimiser le nombre de modèles de clés à gérer par les OI.
- Certains locaux peuvent avoir leur propre système de fermeture qu'il ne sera pas possible de modifier. Dans ces cas d'exception, des clés doivent être fournies aux opérateurs commerciaux.

Hébergement d'opérateurs au PM :

- Les opérateurs commerciaux doivent avoir la possibilité d'obtenir un espace allant jusqu'à 3U dès leur arrivée au PM
- Les demandes d'espace supplémentaire peuvent être justifiées par la saturation des équipements et le respect d'une « densité¹² » minimale permettant le bon remplissage du PM.
- Il est recommandé d'utiliser une couleur de jarretière différente pour chaque opérateur commercial client de l'accès passif afin d'identifier l'opérateur qui a effectué le jarretierage et de faciliter les opérations de dépose. A titre d'informations, les couleurs utilisées par les opérateurs FttH nationaux à ce jour sont les suivantes :
 - o Free : rouge ;
 - o SFR : bleu ;
 - o Bouygues Telecom : vert ;
 - o Orange : orange.

¹² On parle ici de densité en nombre de point de connexion par U par exemple.

Annexe 1. Spécifications des armoires de rue passives

Les armoires de rues passives doivent fonctionner selon la norme ETSI 300 019-1-4 correspondant à un « *environnement extérieur non protégé des intempéries* ».

En prenant en compte les caractéristiques classiques des matériels de réseau, les spécifications à respecter sont :

- stockage : ETSI 300 019-2-1 ;
- transport : ETSI 300 019-2-2 ;
- environnemental : ETSI 300 019-2-4.

Voici un tableau récapitulatif des tests à réaliser et des normes à respecter :

Essais	Méthode	Sévérité
Examen visuel	CEI 61300-3-1	
Etanchéité	CEI 60529	IP55 (jet d'eau)
Impact	CEI 62262	IK09 (10J)
Choc (Chute transport)	CEI 60028-2-27	Ea
Vibration (Vibration transport)	CEI 60068-2-6	Fc (Aléatoire)
Cycles en température (Vieillessement)	CEI 60088-2-14	Nb (-40°C/+65°C)
Brouillard salin (Corrosion)	CEI 60028-2-11	Ka (7j)
Résistance aux UV	ASTM G 154	
Tests optionnels		
Protection vandalisme	EN 61929-3	
	EN 50102	

Annexe 2. Spécifications des armoires de rue actives

Thème	Spécifications	
	Armoire active	Armoire passive
Energie	Les équipements à installer peuvent être: - de classe I (avec mise à la terre). Ex: redresseur, DSLAM... - de classe II (sans mise à la terre). Ex: gestion alarmes, etc. Néanmoins la baie devra être considérée de classe I pour sa mise en œuvre	N/A
Bandeau d'énergie	Raccordement électrique 230 V avec points de coupure tels que définis par la NF C 15-100 (disjoncteur général et disjoncteur différentiel sur le raccordement des équipements actifs). Bandeau de raccordement 230 V et de protection conforme aux normes en vigueur (sectionneur, disjoncteurs, parasurtension, raccordement à la terre...) avec une protection IP2X du bandeau Pas de ré-enclencheur automatique, sauf si celui-ci peut être désactivé localement	N/A
Consommation	A étudier ultérieurement	N/A
Comptage électrique	Pas de comptage électrique tant que la puissance est inférieure à 3kVA (voir notice "ERDF-NOI-CF_07 E" du 14 mai 2008)	N/A
Secours d'alimentation	Si présence de batteries, respect des normes NF C 15-100 § 554, NF C 58-311 (séparation des volumes, renouvellement d'air), NF EN 50272-2, ainsi que de la réglementation ATEX.	N/A
Protection contre micro-coupures	Respect de la norme NF EN 300132-3, § 5.4.2 (durée maxi de la micro-coupure = 20ms)	N/A

Protection Foudre	Selon NF EN 61643-11, guide UTE C 15-443 et NF EN 62305-2 "Protection contre la foudre - Evaluation des risques" Utiliser de préférence des parafoudres type 1, pour industrialiser la solution et s'affranchir des contextes géographiques et environnementaux (arbitrage entre uniformité des armoires et coût du parafoudre)	N/A
Conditions d'environnement		
Régulation thermique	- Le choix des systèmes de régulation thermique dépend de la classe des équipements actifs qui y seront installés à terme (norme NF EN 300019-1-3 V2.3.7 draft 2013-12, classe 3.3)	N/A
CEM	Respect des règles de bonnes pratiques pour l'installation. Toutes les parties de l'armoire doivent être mises à la terre. Pour les équipements qui y seront installés : respect du document ETS 300 386-1 (impact des dispositifs de micro-coupure) + normes génériques (série EN 61000-6-X)	N/A
Bruit	Respect de la norme NF EN 300753 et de l'article Article R1334-33 du code de la Santé (3 dB au dessus du 'bruit ambiant' la nuit, 5 dB de jour, en zone résidentielle)	N/A
Contraintes sur contenant	La tenue mécanique de l'ensemble socle et armoire devra correspondre aux caractéristiques de ce type d'ouvrage (se référer aux essais préconisés dans les chapitres 5.1. et 5.2 de la norme NF EN 61587-1).	La tenue mécanique de l'ensemble socle et armoire devra correspondre aux caractéristiques de ce type d'ouvrage (se référer aux essais préconisés dans les chapitres 5.1. et 5.2 de la norme NF EN 61587-1).
Poussières, humidité	A minima, IP 55 de la norme NF EN 60529: Mise en place de solutions permettant de maintenir l'indice IP, (filtres et protections sur ouvertures, design 'double peau' , etc.) pour armoires sur socle	A minima, IP 55 de la norme NF EN 60529

Chocs	A minima, IK 09 de la norme NF EN 62262	A minima, IK 09 de la norme NF EN 62262
Dimensions du contenant	A étudier ultérieurement	A étudier ultérieurement
Installation & mise en service	Limitation des effets des radiations solaires: - armoire de couleur claire, - en zone de préférence non exposée en permanence	Limitation des effets des radiations solaires: - armoire de couleur claire, - en zone de préférence non exposée en permanence
Habilitation des personnes	Habilitation électrique selon guide UTE C 18-510	N/A
Raccordement électrique	Installation du PM à une distance inférieure à 100m d'un point de connexion au réseau de distribution d'énergie ERDF et au plus près en cas exceptionnel (Voir chapitre 5.2 du document 'ERDF-PRO-RAC_03E' du 7 Avril 2001)	N/A
Exploitation-Maintenance		
Habilitation des personnes	Habilitation électrique selon guide UTE C 18-510	N/A
Evolutivité dans le temps		
Autre		

Annexe 3. Hypothèses de perte d'insertion.

Les valeurs ci-dessous sont proposées par le comité d'experts fibre optique de l'ARCEP pour servir de référentiel commun d'ingénierie de réseau.

	Référentiel commun d'ingénierie	Pire cas (normes correspondantes)	Commentaires
Budget optique toléré (dB)			
GPON C+	32	32	Valeurs fournies pour une longueur d'onde de 1310 nm. Le vieillissement est déjà pris en compte dans les valeurs fournies.
GPON B+	28	28	
Affaiblissement linéique (dB/km)			
à 1310 nm	0,35	0,4	Pour le pire cas, la valeur de 0,4 est la valeur maximale pour la fibre G 652 D à 1310 nm incluse dans la norme UIT de juin 2005.
Perte par couplage			
Coupleur 1:2	3,5	3,7	Les pertes d'insertion considérées prennent en compte le coupleur nu hors connectique (valeurs typiques à 1310 nm) et l'uniformité des sorties. Les valeurs maximales sont issues de la norme CEI 61753-031-3. A noter que le coupleur 1:16 étant très peu utilisé, la valeur du référentiel d'ingénierie correspondante est directement donnée par des équipementiers et est donc plus conservatrice que les autres valeurs proposées dans cette colonne.
Coupleur 2:2	4		
Coupleur 1:4	6,7	7,3	
Coupleur 1:8	9,9	10,9	
Coupleur 1:16	13,5	14,5	
Coupleur 1:32	16,2	18,1	
Coupleur 1:64	21		
WDM1R (séparation GPON du XG-PON1)	0,5	1,0	
Perte par soudures / connecteurs			
Épissure par soudure	0,1	0,25	La norme correspondante est l'EN 61753-131-3. Rajouter 0,03 dB à la valeur maximale en cas d'épissure entre des fibres différentes (en revanche le référentiel commun d'ingénierie prend en compte cet aspect).
Épissure mécanique	0,25	0,5	
Connecteur	0,35	0,5	La perte d'insertion considérée prend en compte la connection complète sans soudure.
Vieillessement / Marge			
Prise en compte du vieillissement	1 dB voire 2 dB si la chaîne de liaison contient un grand nombre de connecteurs (prise en compte des salissures).	2 dB (cette valeur ne correspond pas à une norme)	Inclut le vieillissement irréversible sur les différents éléments passifs du réseau : fibre, connecteurs, coupleurs, épissures.
Prise en compte de marge			Inclut les éléments réversibles. Prend en compte l'altération de câbles après la mise en œuvre du réseau, la salissure des connecteurs, les contraintes mécaniques sur les câbles, les réparations. Dans le cas d'un nombre de connecteurs important (typiquement >= 6), une marge plus grande peut être prise en compte.

Annexe 4. Caractéristiques des fibres utilisées.

Les fibres optiques utilisées respecteront la norme EN 60793-2-50. De plus, pour la partie terminale du réseau, il est recommandé d'utiliser des fibres optiques permettant un faible rayon de courbure selon les préconisations suivantes :

Type de fibre intérieur / extérieur :

Au minimum fibre B6_x (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.

Ces performances en courbure sont en effet particulièrement intéressantes lors d'opérations d'installation et de maintenance de la fibre en intérieur (NRO, immeubles, appartement, maisons) mais aussi en extérieur (boîtiers d'épissure recouvrables, armoires de rue, ...).

Annexe 5. Caractéristiques des câbles utilisés

Les câbles de fibres optiques déployés respecteront les spécifications suivantes :

Type de câble de distribution ou de branchement en intérieur	<ul style="list-style-type: none"> - Selon réglementation en vigueur quant à son comportement au feu - Il est recommandé qu'il soit au moins retardant à la flamme et sans halogène. - Il est d'autre part conforme à la série NF EN 60794-2. - XP C 93-850-2-22*, <i>Câbles à fibres optiques – Partie 2-22 : Spécification particulière – Câble optique de branchement à usage intérieur</i>
Type de câble de distribution ou de branchement en extérieur	<ul style="list-style-type: none"> – NF EN 60794-3-11, Câbles à fibre optique : Partie 3-11: Câbles extérieurs – Spécification de produit pour les câbles de télécommunication à fibres optiques unimodales, destinés à être installés dans des conduites, directement enterrés et en aériens ligaturés – XP C 93-850-3-22*, Câbles à fibres optiques – Partie 3-22 : Spécification particulière – Câble optique de branchement à usage extérieur, aérien, façade ou conduite – XP C 93-950-3-25*, Câbles à fibres optiques - Partie 3-25: Spécification particulière - Câbles de distribution à usage extérieur, en aérien ou en souterrain – XP C 93-850-6-22*, Câbles à fibres optiques – Partie 6-22 : Spécification particulière – Câble de branchement à usage mixte (intérieur et extérieur) – XP C 93-950-6-25*, Câbles à fibres optiques – Partie 6-25 : Spécification particulière – Câble de distribution à usage mixte (intérieur et extérieur)
Type de câble de transport	A venir dans une version ultérieure.

*NOTA : Ces normes sont amenées à être publiées prochainement. Certaines normes sont dites expérimentales et portent l'inscription XP ; elles sont utilisées pour une première application et destinées à être homologuées après un premier retour d'expérience, ce statut ne peut excéder 5 ans.

Caractéristiques des câbles pour le déploiement en aérien :

Les câbles utilisés en France pour le déploiement en aérien sont généralement de structure ADSS¹³ avec fibres en micro-modules pour une meilleure accessibilité aux fibres.

Les principales caractéristiques mécaniques des câbles sont

¹³ All Dielectric Self Supporting (câbles auto-porteurs entièrement diélectriques).

- **la charge permanente de traction admissible** : charge qui peut être appliquée durablement au câble sans dégrader la tenue mécanique et les performances dans le temps des fibres optiques;
- **la charge momentanée de traction admissible** : charge qui peut être appliquée momentanément au câble sans dégrader la tenue mécanique et les performances dans le temps des fibres optiques, elle doit être considérée comme la charge limite, auquel le câble peut être soumis dans des situations peu fréquentes mais probables ne provoquant pas de dégradations de performances optiques irréversibles;
- **le rayon de courbure minimum** : rayon minimum auquel le câble peut être courbé sans compromettre ses propriétés optiques et mécaniques.

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

NOTA : En cas de pose de câbles de fibres optiques à proximité de lignes électriques de plus de 30 kV, le champ électrique à proximité du câble optique doit être calculé avec soin pour anticiper et prévenir, par un choix adéquat du matériau de gaine, les risques d'endommagement du câble par le phénomène de formation d'arcs électriques sur bande sèche (dry band arcing).

Annexe 6. Caractéristiques des cordons utilisés

Les cordons fibres optiques installés en environnement contrôlé (dans des armoires, coffrets ou boîtiers) respecteront les spécifications suivantes.

Cordons	NF EN 61753-12-2 XP 93-909-123-10
---------	--------------------------------------

Certaines normes sont dites expérimentales et portent l'inscription XP ; elles sont utilisées pour une première application et destinées à être homologuées après un premier retour d'expérience, ce statut ne peut excéder 5 ans.

Note :

- Il est recommandé d'utiliser des longueurs standards de cordons (jarretières) de 3, 5m ou de 4 m 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.

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 inférieurs ou égaux à 7,5 mm.

Annexe 7. Code couleur utilisé pour le repérage des fibres.

Les modules ou tubes seront repérés individuellement. Il est recommandé le code couleur suivant pour l'ensemble des câbles du réseau :

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

Lorsque le nombre de modules dépasse 12, des tirets sont rajoutés. Ils peuvent être ajoutés dès le premier set de 12 modules.

* Le module n°10 sera noir ou vert clair pour le câble composés de 12 modules ou moins. Il sera vert clair pour les câbles composés de plus de 12 modules (ainsi que les modules n°22, n°34,...).

Au sein des modules, il est recommandé 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

Annexe 8. Caractéristiques des PBO

Une annexe proposant un référentiel commun de normes à respecter est en cours d'élaboration par le comité d'experts. Cette annexe sera donc complétée.

En souterrain :

NOTA : Les boîtiers PBO peuvent disposer de connectique externe étanche, celle-ci doit répondre aux exigences de la catégorie E de la norme IEC 61753-1

Précisions à venir.

En aérien :

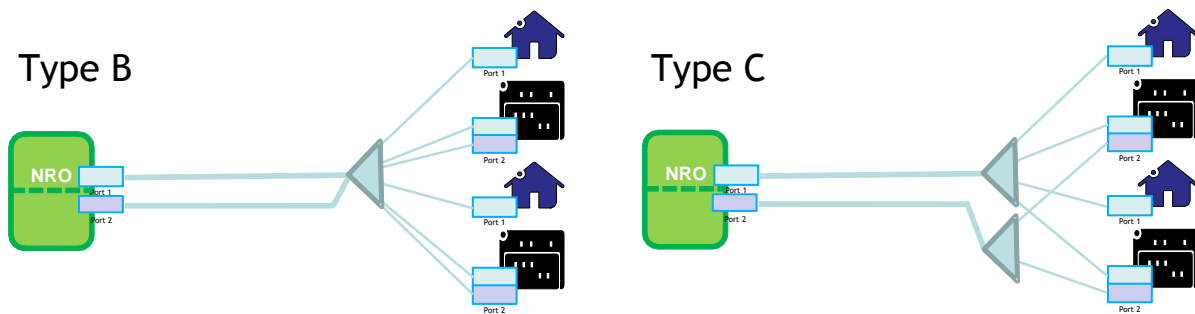
Précisions à venir.

Annexe 9. Protection de réseaux PON.

Les besoins potentiels de protection d'un réseau d'accès sont liés au taux de disponibilité attendus par les usagers, pour un service 'Très Haut Débit' donné :

- Certaines entreprises peuvent être intéressées par une haute disponibilité du réseau (99,999%);
- Les opérateurs de réseaux mobiles souhaitent parfois disposer de mécanismes de sécurisation par redondance complémentaires à ceux induits par la couverture partiellement superposée des cellules radio ;
- Les évolutions de l'architecture GPON pourraient à l'avenir considérablement augmenter les rayons d'action des NRO et ainsi augmenter la probabilité de coupure des segments de transport NRO-PM ;
- Les usagers de services critiques (Sécurité, Santé) souhaitent disposer d'une disponibilité maximale de leurs réseaux de communication ;
- Les opérateurs de réseaux souhaitent réduire les perturbations liées à la mise à niveau régulière de leurs équipements actifs ;
- De fortes concentrations d'usagers peuvent être considérées très sensibles pour certains fournisseurs de services souhaitant apporter une très haute qualité de service.

Des mécanismes de protections des réseaux GPON permettant d'atteindre des niveaux de disponibilité de service variables ont ainsi été prévus dans les normes internationales. Ainsi, la norme 'ITU-T G.984.1 (2008)' présente 2 types de protection des réseaux GPON :

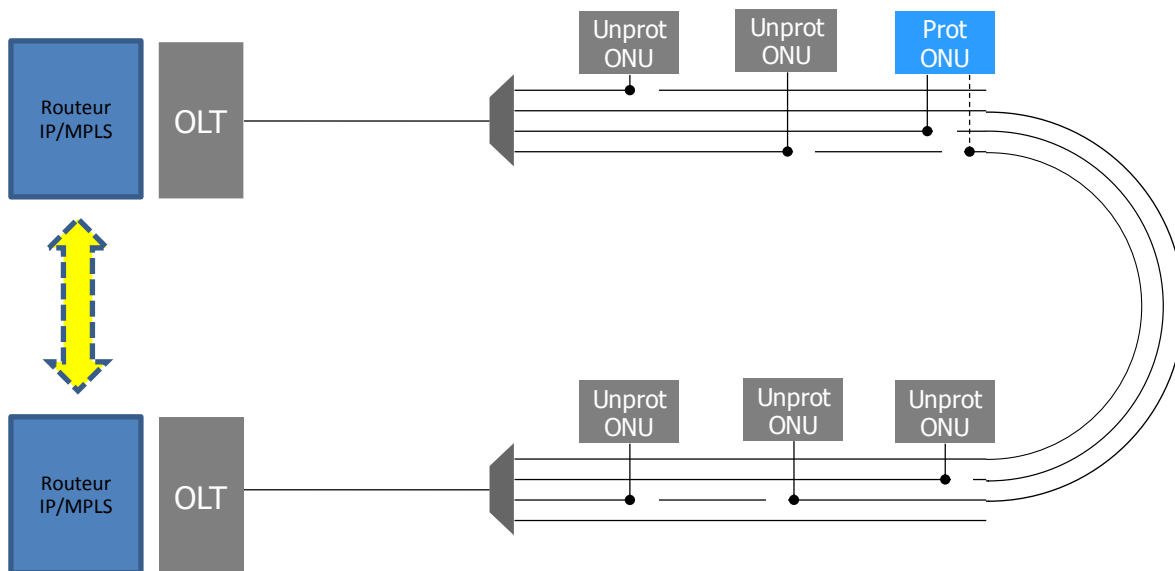


Les types A et D qui apparaissaient dans la version 2003 de la norme ont été abandonnés.

Les 2 types principaux présentent des caractéristiques diverses :

Mode de Protection	Avantages	Contraintes	Usage
Type B 'Duplex OLT'	<ul style="list-style-type: none"> Couvre les pannes d'équipements actifs les plus impactantes (OLT) Peut être déployé ultérieurement Protège de la majorité des coupures à fort impact Ne nécessite pas d'intervention humaine Permet des interventions de maintenance programmées 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite un complément de place dans l'espace opérateurs (équipements actifs) Prévoir 2 fibres par usager potentiellement intéressé par un abonnement 'à haute disponibilité' dans la zone arrière du PM Nécessite 2 ONT (ou un équipement d'abonné avec 2 SFP) 	<ul style="list-style-type: none"> Couverture des entreprises souhaitant un haut niveau de disponibilité, à un prix abordable (PM couvrant des ZAE)
Type C 'Full Duplex'	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilité maximale de bout en bout Intègre la protection de type B Sécurisation des équipements actifs (OLT, ONT) et passifs (fibres, coupleurs) Basculement du trafic insensible à l'utilisateur La partie redondée peut être uniquement dédiée aux usagers qui requièrent un haut niveau de disponibilité (et payée par ceux-ci) 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite un complément d'espace 'coupleur' au PM Cout élevé si implémenté pour tous les usagers 	<ul style="list-style-type: none"> Couverture des entreprises souhaitant un niveau de disponibilité maximal Raccordement des sites techniques (point haut de réseau mobile, etc.) Raccordement des sites à 'service critique' (Sécurité, Santé)

Au-delà de ces schémas de protection des architectures GPON, rappelons que le protocole IP/MPLS peut permettre aussi d'obtenir une protection lorsqu'il est associé à une infrastructure de type boucle associée à 2 systèmes GPON indépendants :



Cette solution, bien que d'exploitation extrêmement complexe, a de multiples avantages : les ONT d'un même arbre PON peuvent être protégés ou non (à condition de prévoir un parcours de câble en boucle entre les deux PM contenant les coupleurs), la protection est réalisée de bout en bout dès lors que les deux liens OLT-ONU sont actifs en permanence, elle élimine les temps de coupure lors d'une mise à niveau d'équipements, le basculement en cas de défaillance est quasiment immédiat et la protection est réalisée sans dépendance matérielle (de nombreux équipements d'entreprises permettent d'installer 2 SFP par ONT).

Annexe 10. Protection des réseaux point-à-point.

Annexe à venir.