

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

-

Comité d'experts pour la boucle locale en fibre optique jusqu'à l'abonné

Historique des versions :

Date	Version	Commentaire
10/07/2013	V1	Validation d'une première version du document pour diffusion à la MTHD.
16/10/2013	V1.1	Prise en compte des retours d'une relecture élargie menée par le comité.
10/07/2014	V2	Validation d'une deuxième version du document complété par les travaux menés depuis le 16/10/2013.
08/07/2015	V3	Validation d'une 3 ^e version suite aux travaux sur les PBO et sur le pistonnage. Modification de l'introduction.
26/07/2016	V4	Complément aux travaux sur les PBO en aérien (paragraphe 5.3.2), adaptation du vocabulaire, modification du paragraphe 3 relatif au point de mutualisation (PM).
13/09/2017	V5	Travaux sur la QoS sur BLOM (chapitre 4) et sur les PBO connectés.
04/09/2018	V6	Compléments sur la QoS sur BLOM (chapitre 4), précisions sur les PM (chapitre 3), compléments sur le lexique (section 1.1), ajouts des annexes 14 (normes) et 15 (recommandations environnementales).
02/09/2019	V7	Présentation des évolutions technologiques prévisibles et de ses conséquences sur le bilan de liaison (chapitre 7). Préconisations visant à améliorer l'exploitation des PM (3.3) et configuration PM en « répartiteur communicant » déconseillée (paragraphe 3.2.3). Renforcement des consignes de sécurité pour la protection oculaire des personnels en présence de rayonnements laser (annexe 16). Simplification du document en renvoyant les éléments les plus techniques dans les annexes concernées.

V7 (02/09/2019)

Avant-propos

Mission du comité d'experts pour la boucle locale en fibre optique jusqu'à l'abonné 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, notamment Objectif Fibre (Guides Pratiques), selon l'articulation souhaitée par la Mission Très Haut Débit 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 du dispositif de terminaison intérieur optique (DTIo) 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 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.

Au-delà des préconisations du comité d'experts fibre définies par consensus, la Mission Très Haut Débit, chargée par le Gouvernement de veiller à l'homogénéité et l'interopérabilité des réseaux FttH déployés, avec le soutien technique et financier de l'État, dans le cadre du plan France Très haut Débit, a désormais défini des recommandations pour ce qui relève de la conception et le déploiement des réseaux de boucle locale optique mutualisée. Ces recommandations se fondent notamment sur les travaux du comité d'experts fibre, en apportant les précisions nécessaires en tant

que de besoin. Les documents résultant de ces travaux d'harmonisation sont publiés sur le site web du plan France Très Haut Débit¹.

¹ www.francethd.fr

Contenu

1.	Schéma et terminologie des réseaux mutualisés en fibre optique jusque l'abonné	9
1.1.	Lexique	9
1.2.	Schéma	15
1.3.	Schéma de référence.....	16
2.	Le nœud de raccordement optique (NRO) de l'opérateur d'infrastructure	16
2.1.	Préambule	16
2.2.	Espace opérateurs – éléments techniques	17
2.2.1.	Énergie.....	17
2.2.2.	Organisation de l'espace	17
2.2.3.	Refroidissement	18
2.2.4.	Repérage.....	18
2.2.5.	Autres	19
2.3.	Espace transport optique	19
2.3.1.	Description	19
2.3.2.	Préconisations diverses	21
	Local.....	21
	Zone du RTO contenant les têtes de transport	21
	Zone du RTO contenant les têtes opérateurs	21
	Espace du RTO contenant les têtes collecte.....	22
	Connectique	22
	Gestion des cordons	22
	Câbles de collecte.....	22
	Repérage.....	22
2.4.	Espace PM	22
3.	Le point de mutualisation (PM)	23
3.1.	Dimensionnement du point de mutualisation	23
3.2.	Spécifications techniques du PM.....	24
3.2.1.	Le PM au sein d'un local NRO.....	24
3.2.2.	Le PM en armoire de rue.....	24
3.2.2.1.	Le PM en armoire de rue avec hébergements d'actifs (dans le cas d'usages complémentaires)	27
3.2.3.	Le PM en local technique	29

Configuration standard type « répartiteur symétrique »	30
Configuration alternative type « répartiteur communicant »	31
3.3. Spécifications des tiroirs de distribution et de transport.....	32
4. Qualité de service sur boucle locale optique mutualisée	33
4.1. Pratiques envisageables au PM	34
4.1.1. Repérage des accès titulaires de QoS+ sur BLOM	34
4.1.2. Chemin de cordon sécurisé	34
4.1.3. Utilisation de connectique sécurisée	34
4.1.4. Utilisation de tiroirs spécifiques à la QoS+	35
4.2. Pratiques envisageables au PBO	36
4.2.1. PBO spécifiques aux accès QoS+	36
4.2.2. PBO connectorisés.....	37
5. Le segment de desserte optique	37
5.1. Caractéristiques techniques	37
5.2. Dimensionnement	37
5.2.1. Vocabulaire.....	37
5.2.2. Analyse de la zone arrière	38
5.2.3. Surcapacité en fibres distribuées et arrêtées en PBO	40
5.3. Les points de branchement optiques	40
5.3.1. Catégories de PBO selon le type de connexion	40
PBO épissurés	41
PBO connectorisés.....	41
5.3.2. Domaine d'emploi	42
En souterrain	42
En aérien.....	42
En intérieur	47
5.3.3. Organisation des PBO	47
5.4. Les raccordements finals (à l'étude)	48
6. Le segment de transport optique	49
6.1. Rappel réglementaire	49
6.2. Caractéristiques techniques	49
6.3. Dimensionnement	49

6.3.1.	Analyse de la zone arrière du PM.....	49
6.3.2.	Besoin en fibres pour les opérateurs PON.	49
6.3.3.	Besoin en fibres pour les opérateurs Point-à-Point	50
6.3.4.	Besoin en fibre pour les services différenciés	50
6.3.5.	Phasage du déploiement.....	51
6.3.6.	Catégorisation	51
7.	Les contraintes d'affaiblissement optique GPON et nouvelles technologies	52
7.1.	Contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FttH en GPON	52
7.2.	Impact de l'introduction des nouvelles technologies sur les contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FttH.....	53
7.2.1.	Caractéristiques des nouvelles technologies PON	53
7.2.2.	Budget optique des technologies PON.....	54
7.2.3.	Introduction des nouvelles technologies PON	55
7.2.4.	Impact de l'introduction des nouvelles technologies sur les contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FTTH	58
8.	Contrôle et recette des réseaux BLOM déployés.....	60
8.1.	Contrôle des ouvrages mis en œuvre.....	60
7.2	Recette de liens optiques	60
7.2.1	Mesure des fibres de transport optique	60
7.2.2	Mesure des fibres de desserte optique.....	61
9.	SIG et documentation technique	62
9.1.	Dossiers de mesures optiques.....	62
9.1.1.	Besoins des opérateurs commerciaux.....	62
9.1.2.	Besoins du maitre d'ouvrage qui construit le réseau.....	63
9.1.3.	Besoins des opérateurs de PM qui exploitent le réseau	63
9.2.	Autres documents techniques.....	63
10.	L'exploitation du réseau	64
	Préambule :	64
	Accès aux sites :.....	64
	Hébergement d'opérateurs au PM :	64
11.	Evaluation d'impact environnemental	65
	Annexe 1. Spécifications des armoires de rue passives	66
	Annexe 2. Spécifications des armoires de rue actives	69

Annexe 3. Recommandations liées à l'implantation des PM en armoire de rue	74
Accessibilité :	74
Pérennité du site :	74
Limiter les risques matériels :	74
Conclusion :	75
Annexe 4. Caractéristiques des cordons utilisés	76
Annexe 5. Classe des connecteurs utilisés pour les réseaux FttH	79
Annexe 6. Hypothèses de perte d'insertion	83
Annexe 7. Caractéristiques des fibres utilisées	85
Annexe 8. Caractéristiques des câbles utilisés	86
Annexe 9. Code couleur utilisé pour le repérage des fibres.	89
Annexe 10. Caractéristiques des PBO	90
Annexe 11. Protection de réseaux PON.	91
Annexe 12. Protection des réseaux point-à-point.	94
Annexe 13. Recommandations techniques : Interopérabilité dans les PBO connectorisés	95
1. Objet de l'annexe	95
2. Objectifs principaux	95
3. Les drops connectorisés	95
3.1. Cas du DROP avec un câble double gaine	96
3.2. Cas du DROP avec câble simple gaine	96
3.2.1. La connectivisation sur la gaine extérieure	96
3.2.2. La connectivisation sur le 900µm	96
3.3. La connectivisation	97
3.3.1. Type montage usine	97
3.3.2. Type montage Terrain (Field Mountable Connector - FMC)	97
Annexe 14. Normes applicables aux raccordements en colonne montante et aux réseaux résidentiels	98
1. Normes de câblage et de contrôle	98
1.1. Normes concernant les installations électriques basse tensions	98
1.2. Normes des systèmes de communication	98
2. Normes relatives aux produits	98
3. Normes relatives aux recettes et repérages	99
Annexe 15. Recommandations Environnementales : Profil Environnemental Produit	101

1.	Objet de l'annexe	101
2.	Objectifs principaux.....	101
3.	Les Déclarations Environnementales PEP (Profil Environnemental Produit).....	101
4.	Glossaire	102
Annexe 16. SECURITE LIEE AUX RISQUES DE PRESENCE DE RAYONNEMENTS LASER		103
1.	Rappel sur les normes	103
2.	Rappel sur les classes des lasers et leur dangeroisté	103
3.	Consignes & Préconisations.....	103
4.	Proposition de fiche signalitique à apposer à l'intérieur de PM	104
Annexe 17. Budgets optiques des équipements GPON		106
Annexe 18. Evolution de la norme IEC 61753-1 (Ed2): évolution de la classification des environnements d'utilisation des contenants.....		107
Annexe 19. Mise en œuvre de la technique AMDEC sur la BLOM.....		108
1.	Tableau des défaillances sur BLOM.....	108
2.	Exemples de combinaisons de solutions.....	115

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 local.

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 local.

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 (PM) 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.

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

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

Branchement optique : Segment de réseau situé entre le point de branchement optique (PBO) et le dispositif de terminaison intérieure optique (DTIo).

Câblage résidentiel : Câblage d'un logement en aval du point de livraison (DTI ou DTIo) jusqu'aux socles de prise de communication, destiné à la distribution des services de communication. Il exclut les cordons de raccordement.

Câble de branchement optique : Câble individuel qui dessert le dispositif de terminaison intérieure optique (DTIo).

NOTA : Voir aussi la définition de la norme expérimentale XP C 90486 : « *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 (PR) au dispositif de terminaison intérieure optique (DTIo)* ». 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.

Câble en fibre optique : Ensemble de fibres optiques distinctes contenues dans une même gaine.

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.

Colonne de communication : Liaison qui relie le point de mutualisation (PM) lorsque celui-ci est situé en pied d'immeuble, ou à défaut le point de raccordement (PR) s'il existe, au dispositif terminal intérieure optique (DTIo). En l'absence de PM en pied d'immeuble ou de point de raccordement, il n'y

a pas de colonne de communication. Lorsqu'elle existe, la colonne de communication inclut la colonne montante si elle existe et le branchement client optique.

Colonne montante : La colonne montante comprend le point de mutualisation (PM) lorsque celui-ci est situé en pied d'immeuble ou à défaut le point de raccordement (PR) s'il existe et la liaison entre ce point et le point de branchement optique (PBO) inclus s'il existe à l'intérieur de l'immeuble en étage. Dans le cas contraire, il n'y a pas de colonne montante.

Connecteur : Un connecteur optique permet la connexion et la déconnexion non destructives d'une ou plusieurs fibres optiques (connecteur multifibres) entre deux câbles optiques ou entre un câble optique et un appareil. Il est généralement constitué de deux fiches et d'un raccord (également appelé corps de traversée ou adaptateur).

NOTA : Le terme SC/APC s'entend comme SC/APC 8° dans tout le document.

Cordon optique (ou jarretière) : Câble à fibre optique servant pour les raccordements optiques, dont les deux extrémités sont munies de fiches de connecteurs.

Coupleur [ou *splitter*] : Equipement passif (achromatique sur la fenêtre 1 260-1 675 nm) utilisé dans la technologie PON (v. ci-dessous). 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 clients.

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

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).

Dispositif de terminaison intérieure optique (DTIo) : élément passif situé à l'intérieur du logement ou local à usage professionnel qui sert de point de test et de limite de responsabilité entre le réseau d'accès en fibre optique et le réseau du client final. Il s'agit du premier point de coupure connecté en aval du point de pénétration du réseau dans le logement ou local à usage professionnel. Les décisions de l'ARCEP relatives à la mutualisation des réseaux de communications électroniques à très haut débit en fibre optique portent sur la partie des lignes de ces réseaux comprise entre le point de mutualisation et la première PTO en aval du point de pénétration du réseau dans le logement ou local à usage professionnel, c'est-à-dire le DTIo.

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

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

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

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

Fibre distribuée : fibre de desserte optique terminée sur une fiche de 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 connectée 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 de client. 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 ».

Fibre optique jusqu'à l'abonné ou FttH [*Fibre to the Home*] : Ligne de communications électroniques à très haut débit en fibre optique déployée jusqu'à un logement ou local à usage professionnel et permettant de desservir un utilisateur final.

Gaine technique logement (GTL) : Emplacement du logement prévu pour regrouper en un seul endroit toutes les arrivées des réseaux d'énergie et de communication. La GTL contient le panneau de contrôle s'il est placé à l'intérieur du logement, le tableau de répartition principal et le tableau de communication, ainsi que des équipements d'autres applications de communication (TV, satellite, interactivité, LAN, etc.) lorsque ces applications sont prévues.

Garantie de Temps de Rétablissement (GTR) : Engagement de délai maximum de rétablissement d'un service après la signalisation d'une interruption.

Love : Surlongueur de câble optique, de module ou de fibre optique enroulé.

Love de blocage : Longueur de câble formée en plusieurs boucles afin d'utiliser les forces de friction des différents éléments pour en réduire les mouvements relatifs dus au pistonage. Les boucles sont solidaires les unes des autres et solidaires du support du love de blocage empêchant le resserrement du diamètre des boucles.

Love de stockage : Longueur de câble(s) formée en boucle(s) pour constituer une réserve pour interventions ultérieures (en phase de construction ou en phase d'exploitation).

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 et passifs à partir desquels l'opérateur commercial active les accès de ses abonnés.

NOTA : La notion de NRO est abordée de manière plus approfondie dans le chapitre 1.3. Il peut être exploité par un opérateur d'infrastructure, qui proposera alors le plus souvent des prestations d'hébergement, voire de transport optique vers ce NRO.

Offre de raccordement distant : Dans les zones moins denses, offre passive de fibre optique entre le point de mutualisation et le point de raccordement distant mutualisé afin de permettre aux opérateurs tiers de se raccorder au point de mutualisation dans des conditions économiques raisonnables lorsque le point de mutualisation regroupe un nombre de lignes inférieur à 1 000.

Opérateur Commercial (OC) : opérateur de communications électroniques au sens de l'article L. 33-1 du CPCE ayant conclu ou ayant vocation à conclure une convention d'accès aux lignes à très haut débit en fibre optique dans le cadre prévu par l'article L. 34-8-3 du CPCE.

Opérateur d'infrastructure² (OI) : personne chargée de l'établissement ou de la gestion d'une ou plusieurs lignes de communications électroniques à très haut débit en fibre optique, telle que définie dans les décisions n° 2009-1106, n° 2010-1312 et n° 2015-0776 de l'Arcep.

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

Partie terminale : Partie du réseau comprise entre le point de mutualisation et les prises situées dans les logements. La partie terminale est constituée par un ensemble de lignes.

Pistonnage : Mouvements longitudinaux relatifs entre gaine, modules, fibres et autres constituants d'un câble aérien, liés aux contraintes mécaniques (traction) d'origine climatique (vent, neige, givre...) exercées sur le câble installé. Ces contraintes peuvent engendrer un allongement temporaire de la gaine provoquant un recul irréversible des modules, fibres et autres constituants dans la gaine. Ce recul peut générer des tensions sur les fibres optiques, plus particulièrement au niveau des boîtes de raccordement.

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

Point de démarcation (PD) ou point de démarcation optique (PDO) : Il délimite le domaine privé du domaine collectif ou du domaine public. Il peut accueillir des fonctions de protections d'épissures ou n'être qu'un point de passage. Pour les locaux individuels neufs, il est hautement recommandé qu'il soit matérialisé, procurant ainsi un point de flexibilité pour le phasage éventuel des déploiements »

Point de pénétration : Point d'entrée des câbles dans le bâtiment.

² Anciennement « opérateur d'immeuble ».

Point de raccordement (PR) : point de la colonne de communication optique qui regroupe le raccordement de plusieurs logements neufs. Il raccorde le câble d'accès mutualisé aux câbles de colonnes montantes et/ou aux câbles de branchements dans le cas où il n'y a pas de PBO entre les logements concernés et le PR.

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 réplication du signal via des 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) : point de livraison de l'offre de raccordement distant prévue par l'article 3 de la décision n° 2010-1312.

Prise Terminale Optique (PTO) : Socle de prise 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 est branché le boîtier de conversion opto-électronique. Les fonctions PTO et DTIo sont confondues en cas de prise unique.

Raccordement palier : Cas particulier du raccordement final, lorsque le point de branchement optique est situé dans les étages d'un immeuble.

Réseau de communication : réseau transmettant des services de communication, les signaux véhiculés pouvant être numériques ou analogiques.

Qualité de service améliorée (ou QoS+) : qualité de service spécifique proposée par un opérateur d'infrastructures que les caractéristiques de la Boucle locale optique mutualisée permettent d'offrir, au moins égale au seuil minimal retenu par l'Arcep pour sa définition des « Accès de haute qualité du segment terminal » dans le cadre de ses analyses de marché³, correspondant à une « Garantie de temps de rétablissement inférieur ou égal à 10 heures ouvrées ».

Raccordement distant mutualisé (ou lien PM-PRDM) : ensemble des chemins optiques entre le point de mutualisation et le point de raccordement distant mutualisé, qui peuvent être utilisés en vue de la fourniture de l'offre de raccordement distant prévue par la décision n° 2010-1312.

Raccordement final (ou branchement optique) : opération consistant à installer et raccorder le câble de branchement optique jusqu'au logement ou local à usage professionnel, autrement dit entre le point de branchement optique (PBO) et le dispositif de terminaison intérieur optique (DTIo).

³ <https://www.arcep.fr/la-regulation/le-5eme-cycle-danalyses-de-marches-2017-2020.html>

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.

Répartiteur Transport Optique (RTO) : Equipement utilisé pour les fonctions de regroupement, de brassage et de distribution des câbles optiques au sein des NRO. Il se présente sous la forme de ferme ou de baie, et accueille les têtes de câble de la boucle locale (têtes de transport) et les têtes miroir des équipements actifs (têtes opérateurs).

Socle de prise de communication : Accessoire équipé d'au moins un connecteur destiné à la connexion des terminaux de communication.

Tableau de communication : Ensemble d'éléments de connexion, pouvant intégrer des systèmes de protection et de coupure, situé dans le logement, qui permet de configurer les liens entre les réseaux d'accès et les socles de prise de communication.

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.

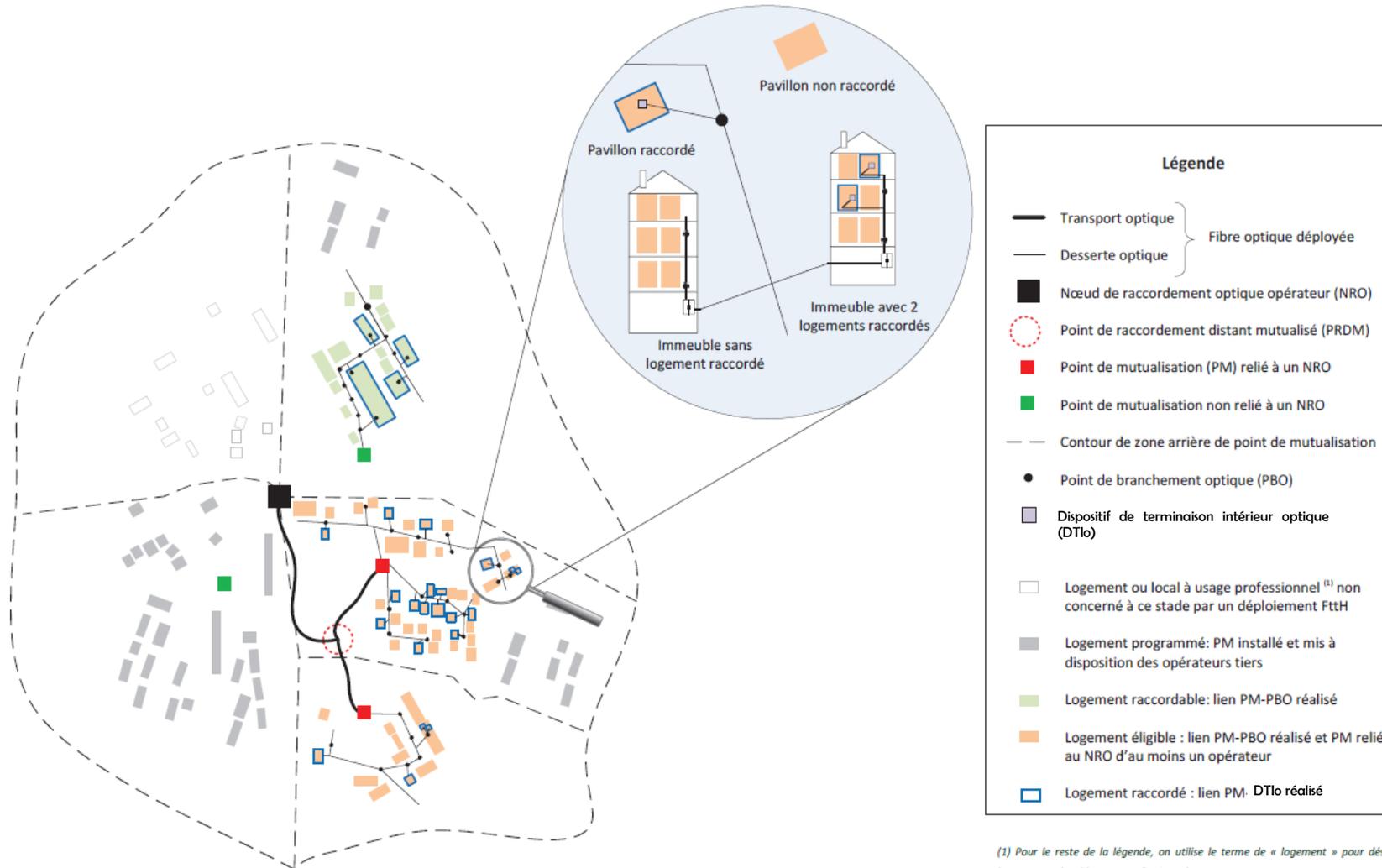
Tête de câble : Dispositif de terminaison connecteurisé d'un câble de fibres optiques, pouvant être installé dans un répartiteur. On parle par exemple de tête de distribution ou de tête de transport pour désigner respectivement la terminaison des câbles de desserte optique ou des câbles de transport optique. Une tête de câble peut être sous forme de tête sur ferme ou de tiroir optique.

Tête sur ferme : Equipement pouvant contenir un panneau de connecteurs, des coupleurs, des épissures et pouvant être installé sur une ferme.

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

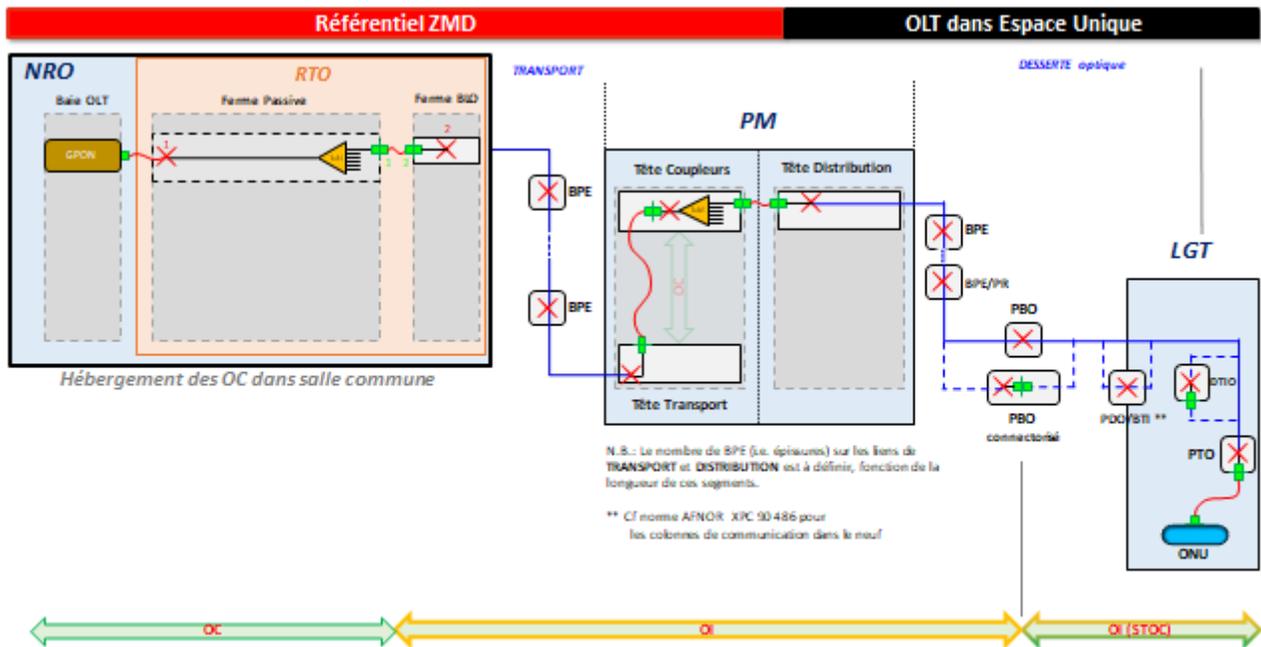
1.2. Schéma

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.

1.3. Schéma de référence



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

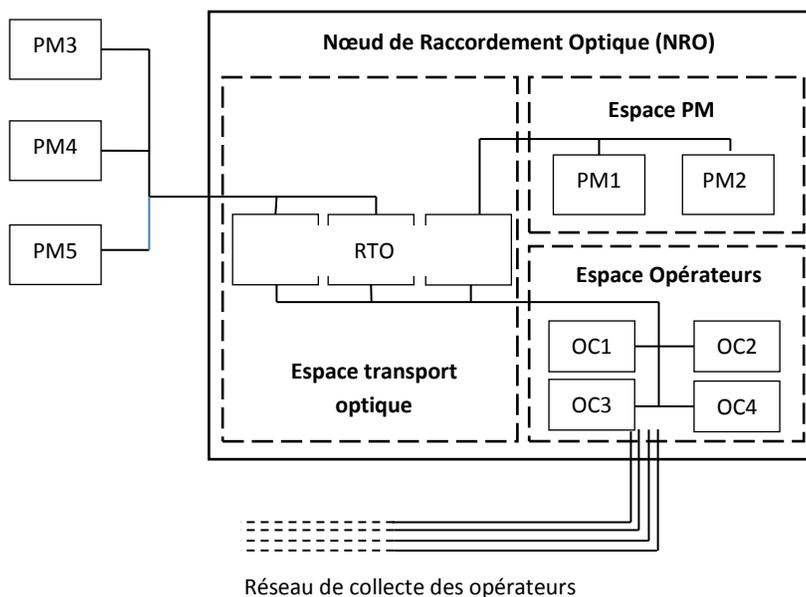
2.1. Préambule

Un local aménagé en NRO peut être établi par l'opérateur d'infrastructure. **Les spécifications proposées dans ce chapitre s'adressent à un opérateur d'infrastructure qui souhaiterait proposer des prestations d'hébergements d'équipements actifs et de transport optique aux opérateurs commerciaux clients.** Dans certains cas, ce local NRO peut également héberger des PM (cf. chapitre 3)

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 alors raccordées sur des répartiteurs optiques, dans un espace dit « *espace transport optique* ». Ce répartiteur est nommé Répartiteur Transport Optique (RTO).

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



Nota : En pratique les fibres de collecte peuvent aussi arriver sur la même structure de répartition que les RTO.

2.2. Espace opérateurs – éléments techniques

2.2.1. Énergie

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.

2.2.2. Organisation de l'espace

Il est demandé de prévoir un emplacement de 600 mm x 300 mm par baie opérateur et si possible un emplacement supplémentaire par local de 600 mm x 600 mm, sachant que les opérateurs souhaitent pouvoir installer eux-mêmes leurs baies.

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

- accès aux baies actives : 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 600 mm x 600 mm x 42U permet aujourd'hui d'héberger 2 châssis point à point permettant d'adresser en tout jusqu'à 1544 clients. Une baie 600 mm x 300 mm 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 3 emplacements 600 mm x 600 mm x 42U organisés 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.

2.2.3. 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 10 kW ;
- de la climatisation pour une puissance à dissiper comprise entre 10 et 20 kW ;
- de la climatisation avec des dispositions de type *centre de données (datacenter)* (plancher technique, allées chaudes et allées froides) pour une puissance à dissiper supérieure à 20 kW.

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

2.2.4. 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.

2.2.5. 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.

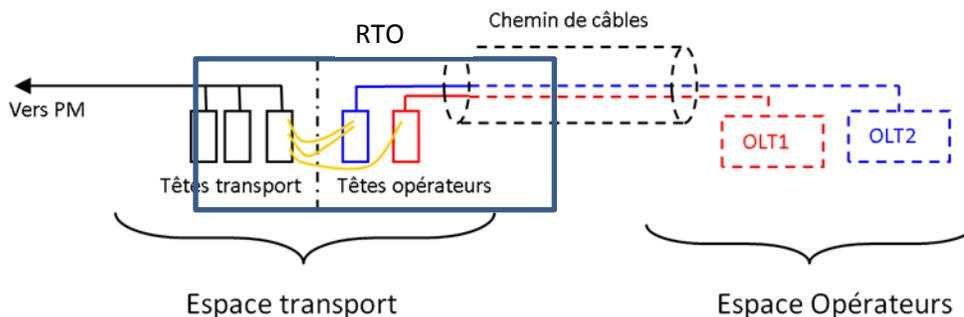
2.3. Espace transport optique

2.3.1. Description

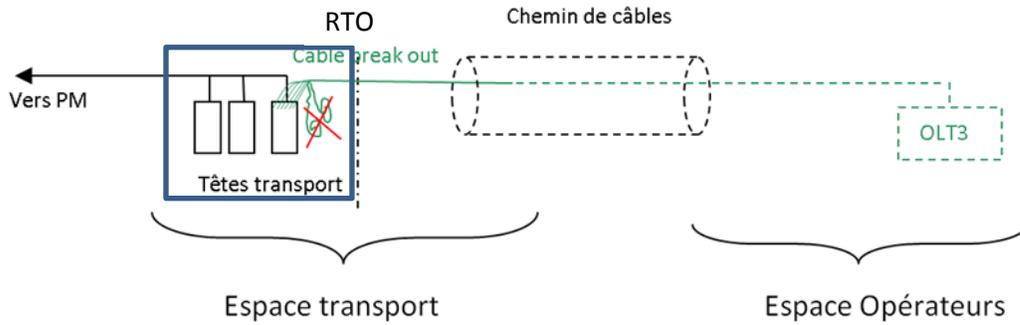
L'espace transport optique rassemble les fibres de transport collectées depuis les PM sur des têtes de câbles installées sur un RTO, de manière à pouvoir les livrer aux opérateurs qui en font la demande. Le dimensionnement est précisé au paragraphe 6.3.

La partie du RTO dédiée aux opérateurs peut permettre d'installer, suivant les choix techniques proposés par l'opérateur d'infrastructure :

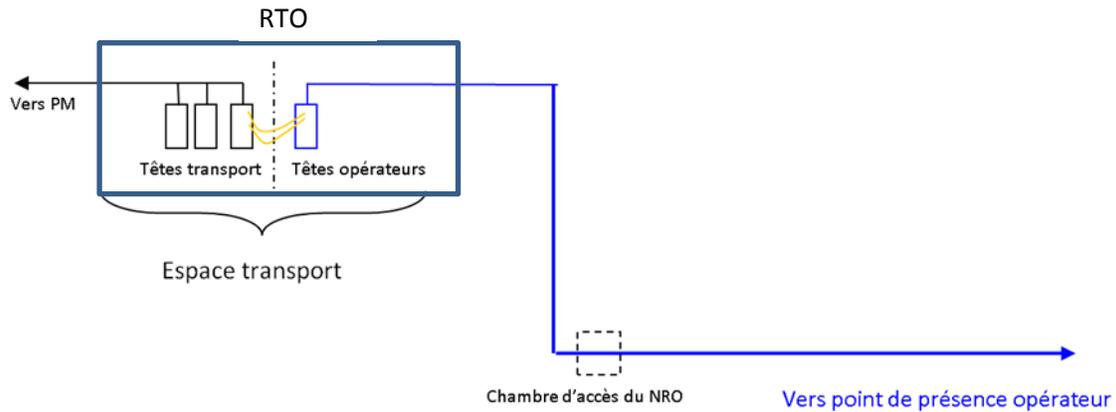
- des têtes de câbles opérateurs reliées aux équipements situés dans l'espace opérateur par l'intermédiaire de câbles empruntant des chemins de câbles prévus à cet effet. La connexion entre les fibres de transport et les fibres des opérateurs est alors réalisée par des cordons optiques posés entre les têtes de transport et les têtes des équipements des opérateurs au sein du RTO. Cette solution permet de consommer des fibres de transport de manière graduelle.



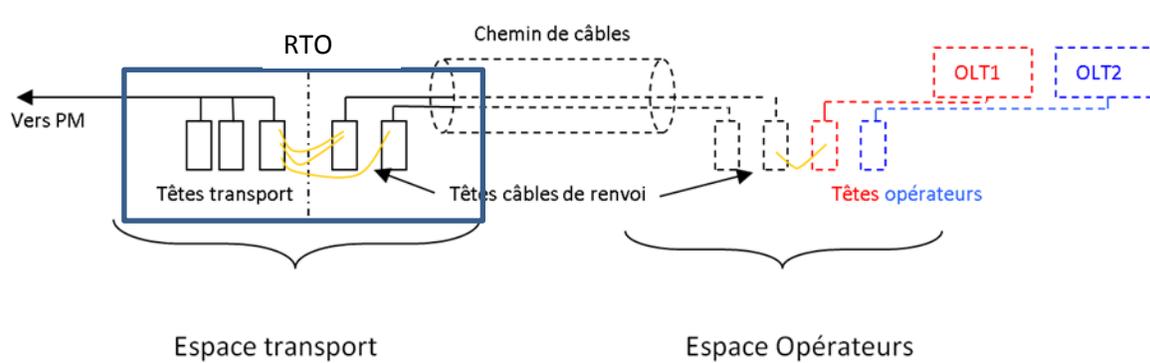
- et/ou des câbles *breakout* raccordés directement sur les positions transport, et qui empruntent le chemin de câble reliant l'espace transport optique à l'espace opérateurs. Cette solution, moins flexible que la précédente, présente l'avantage de limiter la taille du répartiteur et est plus adaptée 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 commerciaux 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 RTO (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 doit être évitée, notamment dans les cas où la zone de couverture du NRO est importante. Le raccordement direct du câble de renvoi sur les cartes des OLT des opérateurs (break out côté opérateurs) limite les possibilités de brassage, mais permet de supprimer un connecteur.



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.

La structure du RTO doit être préférentiellement de type ferme (rail métallique vertical) 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 RTO sera composé de deux zones distinctes, une première contenant les têtes de transport et une seconde contenant les têtes opérateurs.

Zone du RTO contenant les têtes de transport

La zone du RTO 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.

Zone du RTO contenant les têtes opérateurs

La zone du RTO contenant les têtes opérateurs doit être dimensionnée en cohérence 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 NRO distants. 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).

Espace du RTO contenant les têtes collecte

Un espace dédié à l'installation des têtes de collecte pourra être aménagé à l'intérieur de la zone du RTO contenant les têtes de transport ou à l'intérieur de la zone contenant les têtes opérateurs (voir le paragraphe sur les câbles de collecte ci-dessous).

Connectique

Il est préconisé une connectique unique en SC/APC 8° pour faciliter l'exploitation et l'utilisation de matériel standard sans introduire de source de non-conformité de l'infrastructure.

Gestion des cordons

Le RTO doit être équipé d'une zone de gestion des cordons 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 RTO. 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 ou de câbles micro-breakout (5 mm) 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 **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

3. Le point de mutualisation (PM)

Le point de mutualisation devra intégrer l'environnement dans lequel ce dernier sera installé et de capacité suffisante pour desservir sa zone arrière.

À titre d'exemple, le point de mutualisation pourra être installé

- En indoor au sein d'un local NRO (PM colocalisé)
- En indoor au sein d'un local technique
- En outdoor sous forme d'armoire de rue

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

3.1. Dimensionnement du point de mutualisation

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. 5.2.2) ;
- **en nombre de fibres distribuées** (cf. 5.2.1) : il s'agit du nombre de fibres terminées sur une fiche de 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.

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 0.:

- 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 300 clients mono-fibres potentiels, le réseau de desserte optique comprendra au minimum $300 \times 1,15 = 345$ 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 $345 \times 1,25 = 432$ fibres de desserte optique au minimum.

3.2. Spécifications techniques du PM

Le PM doit permettre un accès passif aux fibres de desserte. Ces fibres doivent donc être montées sur connecteurs dans des modules optiques appelés têtes de distribution ou tiroirs de distribution au format 19 pouces. Parmi les différents connecteurs existants, le comité d'experts préconise le connecteur SC/APC qui est le connecteur le plus utilisé par les opérateurs aujourd'hui sur les PM (cf. **Annexe 5**).

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. Les règles de jarretière ne doivent utiliser qu'une longueur unique de cordons par type de PM (permettant ainsi la bonne exploitation du PM, même en cas de remplissage maximal).

3.2.1. Le PM au sein d'un local NRO

Dans le cas où des lignes de desserte optique convergent également au local 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 ou PM colocalisé.

L'ingénierie et l'organisation d'un PM dans un local technique NRO seront abordées dans le chapitre 3.2.3.

3.2.2. Le PM en armoire de rue

Pour les PM de faible capacité, l'armoire de rue est très utilisée par les opérateurs, majoritairement en version passive.

Les différents acteurs ayant déployé des armoires de rue convergent vers un modèle d'organisation de l'espace intérieur composé de 2 colonnes de 19 pouces et de 28U :

- 1 colonne de distribution à droite : colonne de 19 pouces pour la fixation des têtes de distribution ;
- 1 colonne opérateur à gauche : colonne de 19 pouces pour la fixation des équipements opérateur ;
- Le tiroir optique de transport peut se situer, soit dans la colonne de distribution, soit dans la colonne opérateur ;
- 1 espace central de gestion des cordons
- 1 zone dédiée au cheminement des pigtaills ou cordons de transport.

Equipement Opérateur	Gestion des cordons	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		
		Transport Optique
	Transport Optique	

Equipement Opérateur	Gestion des cordons	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 (36 fo)
Equipement Opérateur		Tête de distribution (36 fo)
Transport Optique		
Transport Optique		Stockage fibres en attente

Représentations des différents espaces de l'armoire de rue, l'une avec transport optique à droite, l'autre avec transport optique à gauche.

En théorie, en se basant sur les encombrements des tiroirs de distribution (densités maximales de 48 raccords SC/APC simplex par U, voir chapitre 3.3), une colonne de 19 pouces de 28U permettrait d'accueillir au maximum 8 têtes de distribution 144 FO, soit 1152 fibres distribuables, en prenant en compte que les 4U restants sont affectés aux têtes de transport optique. Cependant, en fonction de l'organisation des armoires, et notamment de l'espace central, le nombre maximum de clients

raccordables est limité par des contraintes de cheminement des cordons, limitant de fait le nombre de fibres distribuables au PM.

A titre d'exemple, dans une armoire de rue 2x28 U organisée comme dans les schémas ci-dessus, il est possible, en utilisant des cordons de 1,6 mm et de 3,5 m de longueur, d'exploiter correctement jusqu'à 600 clients raccordés (600 cordons entre les têtes de distribution et les équipements opérateurs). Cette capacité d'exploiter 600 clients est atteignable sous condition que tous les cordons non utilisés soient déposés.

Compte tenu de cette contrainte, il est recommandé de limiter à 5 têtes de distribution 144 FO soit 720 fibres distribuables pour une armoire 2x28 U et 8 têtes de distribution 144 FO soit 1152 fibres distribuables pour une armoire 2x40 U.

Les tiroirs de transport optiques installés dans la colonne de droite ou de gauche accueilleront les fibres de transport optique mutualisé, reliant le PM au(x) PRDM (NRO par exemple). Les fibres de transport doivent être disponibles sur connecteur SC/APC. Les spécifications du lien de transport optique mutualisé sont détaillées au chapitre 0.



Exemple d'un PM, 360 locaux desservis, 576 fibres distribuées

De plus pour améliorer la gestion et l'encombrement des cordons dans le PM, l'armoire devra comporter :

- un anneau plastique par U installé sur toute la hauteur des montants dès la pose de l'armoire (pas au fil de l'eau)
- des plots numérotés pour faciliter la description du brassage
- des flancs de séparation verticaux de part et d'autre du résorbeur, contraignant le cheminement des cordons
- une fiche plastifiée affichée dans la porte intérieure décrivant le cheminement en W à respecter ainsi que la gestion des anneaux plastiques verticaux

des informations sur l'installation d'un cordon (dont l'aspect nettoyage), par exemple : QR code renvoyant vers une notice électronique ou un film vidéo décrivant l'installation d'un cordon (exemple donné en **Annexe 1**).

Des armoires de rue de hauteur plus importante (ex 2 x 40U) peuvent être installées pour permettre de couvrir une zone arrière plus importante, sous réserve de garantir les mêmes fonctionnalités que l'armoire de 2 x 28U (longueur de cordons unique, 2 zones 19 ").

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.).

Les fibres de transport doivent être disponibles sur connecteur SC/APC. Les spécifications du lien de transport optique mutualisé sont détaillées au chapitre 0.

Les spécifications techniques d'une armoire passive sont résumées en **Annexe 1**.

Les recommandations pour l'implantation PM en armoire de rue sont détaillées en **Annexe 3**.

Les spécifications techniques des cordons sont décrites en **Annexe 4**.

Les spécifications techniques des connecteurs sont décrites en **Annexe 5**.

3.2.2.1. Le PM en armoire de rue avec hébergements d'actifs (dans le cas d'usages complémentaires)

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 d'infrastructure 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 d'extension accueillant les équipements actifs. Dans un tel cas la longueur de cordon pourrait être modifiée.

Cette seconde solution doit intégrer les contraintes d'environnement suivantes au moment du déploiement de l'armoire passive. Les spécifications techniques d'une armoire active sont résumées en 0.

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



Armoire passive (simple peau)



Armoire passive avec élément d'extension actif



Armoire active double peau



Armoires actives avec panneaux d'ombrage

3.2.3. Le PM en local technique

Les armoires (ou répartiteurs) peuvent parfois être installées en environnement intérieur (dans un shelter préfabriqué, dans un immeuble bâti ou dans des parkings souterrains par exemple) offrant des conditions d'accessibilité permanente.

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 de 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 1.3).

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 »

En shelter, 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 les armoires doivent être préassemblées ou assemblées de façon à ce qu'elles soient manipulables aisément et puissent passer par une porte standard 900x2000 mm.
- Fixation murale et/ou au sol selon configuration des lieux ; dans le cas d'une fixation uniquement au sol, celle-ci ne doit pas se faire sur un plancher technique
- Tenue en vibration sur le répartiteur et ses éléments (tiroirs) selon la norme IEC 60068-2-6

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 brassage : le brassage se fera avec des cordons de longueur unique selon un cheminement spécifié par le constructeur qui permet d'assurer la pérennité du système ;
- zone dédiée au cheminement des pigtaills ou cordons de transport .

Configuration standard type « répartiteur symétrique »

En configuration de PM en local technique, c'est la solution déployée dans la grande majorité des cas et préconisée. L'intérêt de cette organisation est la simplicité (une zone 19" opérateur et une zone 19" distribution séparées par un espace de brassage) qui permet de mettre en place des règles de jarretière n'utilisant qu'une longueur unique de cordon.

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 dans la limite des capacités indiquées ci-dessous.



*Armoire « Indoor » 2 x 40U
(Exemple de tiroirs de distribution en 4U)*

Sur un répartiteur symétrique intérieur offrant deux colonnes 19 pouces de 40U, il est en théorie possible de distribuer 1 920 fibres sur une colonne (avec une densité de 48 connecteurs par U). Cependant, dans l'armoire de 40 U représentée ci-dessus, il n'est possible en utilisant des cordons de 1,6 mm, d'exploiter correctement que jusqu'à 800 locaux raccordés (au-delà de 800, la saturation de l'espace de gestion des cordons risque de rendre l'armoire inexploitable).

Il est recommandé, d'utiliser des cordons respectant les points suivants :

- longueur unique de 4,0m pour les armoires 2x40U
- diamètre de 1,6mm

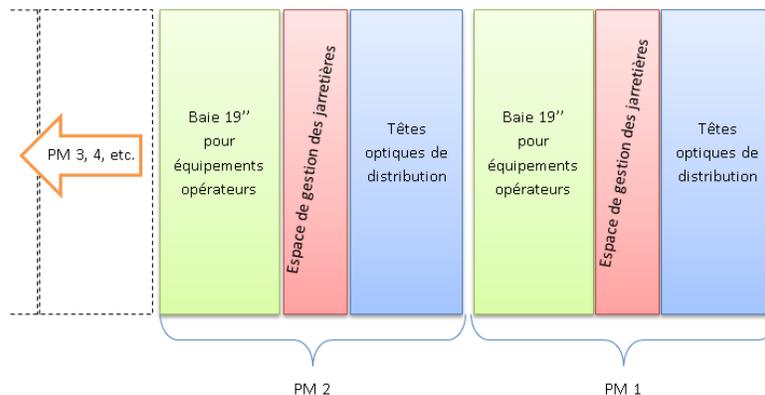
De plus pour améliorer la gestion et l'encombrement des cordons dans le PM, l'armoire devra comporter :

- un anneau plastique par U installé sur toute la hauteur des montants dès la pose de l'armoire (pas au fil de l'eau)
- des plots numérotés pour faciliter la description du brassage
- des flancs de séparation verticaux de part et d'autre du résorbeur, contraignant le cheminement des cordons
- un cheminement des *pigtails* de transport doit être défini entre les tiroirs de transport et les tiroirs opérateur. Il doit être différencié de celui des cordons de brassage client...
- une fiche plastifiée affichée dans la porte intérieure décrivant le cheminement en W à respecter ainsi que la gestion des anneaux plastiques verticaux (exemple donné en **Annexe 1**)
- des informations sur l'installation d'un cordon (dont l'aspect nettoyage), par exemple : QR code renvoyant vers une notice électronique ou un film vidéo décrivant l'installation d'un cordon

Les spécifications techniques des cordons sont décrites en **Annexe 4**.

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

Le nombre de lignes distribuables étant limité du fait de la hauteur de baie et de la saturation de l'espace de gestion des cordons, il est toutefois possible d'héberger plusieurs PM de la sorte au sein d'un même local technique :



On parlera alors de plusieurs PM au sein d'un « site PM » ou « local PM ». 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 alternative type « répartiteur communicant »

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 cordons 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 cordons peut devenir complexe en raison de la possible saturation des passages et du poids des cordons pouvant entraîner des déconnexions lors des manipulations.

Du fait de sa complexité en terme de brassage et d'exploitation, cette solution technique de répartiteur communicant en fonction PM n'est pas préconisée.

3.3. Spécifications des tiroirs de distribution et de transport

Afin de permettre une bonne exploitation du PM, pour les tiroirs de distribution comme de transport, il est recommandé :

- D'utiliser des tiroirs de format 19" de capacité maximale de 48 raccords SC/APC simplex par U, capacité pouvant être réduite à 36 ou 24 afin de diminuer la densité de cordons par U.
- D'utiliser des tiroirs de profondeur compatible avec les dimensions d'accueil disponibles telles que définies au paragraphe 3.2
NOTA : pour les tiroirs de distribution dont le remplissage s'effectue en ordre dispersé, il est important d'organiser et de canaliser le flux de cordons (par des dispositifs de guidage) pour dégager l'accès aux connecteurs, ce qui se traduit généralement par une limitation du nombre de raccords à 36 par U ;
- D'utiliser des tiroirs optiques ayant une qualité mécanique telle que :
 - o le poids des cordons ne crée pas de torsion sur le tiroir
 - o même ouvert le tiroir optique reste à l'horizontal (réintervention en maintenance)
 - o le système d'ouverture/fermeture du tiroir supporte un nombre élevé de réinterventions
- D'avoir unitairement et facilement accès à chaque raccord SC/APC, de préférence par l'avant, permettant une connexion sans impact sur les liaisons optiques connexes en service
- De disposer de tiroirs compatibles à l'utilisation d'outils spécifiques adaptés à l'optique (déverrouillage, nettoyage, actes de maintenance, ...)
- D'avoir des bouchons transparents (sans atténuation) sur les tiroirs de distribution
- D'avoir des bouchons translucides (avec atténuation) sur le(s) tiroir(s) de transport

Afin de protéger les connecteurs et permettre l'optimisation des opérations de repérage par émission optique d'une lumière rouge depuis le logement ou local à usage professionnel. Dans tous les cas il faut respecter les consignes de sécurité liées à la protection oculaire des personnels (se référer à l'**Annexe 16**).

La méthodologie de validation des bouchons ou clapets translucides ou transparents sera décrite en annexe ultérieurement (à l'étude).

Le tiroir de transport devra disposer d'organiseur (lovage et cassette) compatible avec le type de fibre mis en œuvre, de manière à respecter les rayons de courbures spécifiques à la nature des fibres employées

On notera aussi qu'il est :

- préconisé de répartir la zone d'influence du PM sur les zones C & D (au mieux 50 % raccordées à la zone C et 50 % raccordées à la zone D, voir **Annexe 1**) ;
- important d'utiliser pleinement la hauteur disponible des PM pour limiter la densification des cordons en des points de passage (anneau et tambour).

Pour les chassis 3U ou supérieurs, il est important de ventiler le flux de cordons sur l'ensemble des anneaux disponibles situés aux droit de chacun des tiroirs afin de faciliter la gestion unitaire des cordons. Ces recommandations s'appliquent aux trois types de PM décrits ci-dessus (PM en armoire de rue, PM en armoire intérieure et PM en local technique).

4. Qualité de service sur boucle locale optique mutualisée

Les analyses des marchés 3a, 3b et 4 de l'ARCEP⁴ segmentent 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 (le critère retenu par les analyses de marché est la présence d'une GTR inférieure ou égale à 10 heures ouvrées). 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 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 d'infrastructure 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 ;

⁴ <https://www.arcep.fr/la-regulation/le-5eme-cycle-danalyses-de-marches-2017-2020.html>

- 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.

Une technique AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité) peut être appliquée pour identifier les points les plus critiques sur le réseau afin de permettre aux opérateurs de mettre en place la, ou les, solutions pertinentes pour réduire les risques de défaillance sur la BLOM.

L'application de cette technique AMDEC à la BLOM est présentée en **Annexe 19**.

4.1. Pratiques envisageables au PM

4.1.1. Repérage des accès titulaires de QoS+ sur BLOM

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, diamètre, etc.) aux cordons des accès titulaires d'une QoS spécifique. Une telle distinction permettra par la suite d'alerter les intervenants sur le caractère critique des cordons manipulés 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 cordon sécurisé

Le poids combiné des flux de cordons peut également être cause d'incidents involontaires (arrachements ou contraintes appliquées aux cordons) lors de la manipulation des cordons et des tiroirs pivotants, notamment pour les répartiteurs de moyennes et grandes capacités. L'aménagement d'un chemin de cordons 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 cordons notamment évoquée au chapitre 0.

4.1.3. Utilisation de connectique sécurisée

L'utilisation de fiches de connecteurs sécurisés permet d'éviter le débranchement par erreur d'un cordon. Elles ne peuvent être déconnectées sans utilisation d'un outil spécifique. Dans tous les cas elles doivent être compatibles avec des corps de traversées SC/APC standards et doivent au minimum répondre aux mêmes normes de performance qu'une fiche non sécurisée. L'utilisation de telles fiches peut être complétée :

- par un marquage ou/et une couleur spécifique du câble cordon
- par un câble cordon plus résistant

Ce système ne constitue néanmoins pas une protection contre le vandalisme et ne saurait résister à des efforts de traction très importants.

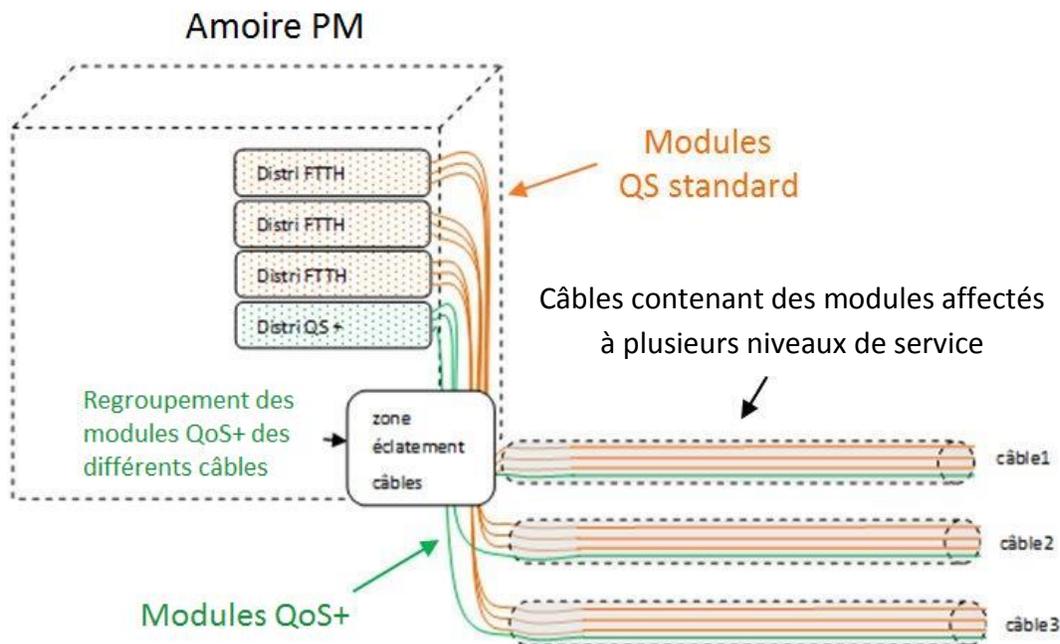
4.1.4. Utilisation de tiroirs spécifiques à la QoS+

L'adoption d'un tiroir spécifique QoS+ sécurise les lignes QoS+ et contribue à accélérer le rétablissement de ces lignes lors de dérangements collectifs, du fait de leur concentration sur un équipement spécifique.

La possibilité de pouvoir regrouper ces ressources de distribution dans un tiroir spécifique au niveau du PM est conditionnée par l'identification, au niveau de chaque câble de distribution, de modules (ou tubes) entiers spécifiques à ce type de raccordements, destinés à être regroupés dans le tiroir QoS+. Sans cela, il conviendrait de regrouper, au niveau du PM, les fibres spécifiques à la QoS+ disséminées dans différents modules, ce qui nécessiterait de démembrer les modules en entrée de PM, opération délicate allant à l'encontre de la fiabilité recherchée.

Les modules des câbles de distribution spécifiques aux raccordements QoS+ devront être isolés au niveau de l'éclatement des câbles en entrée d'armoire, de manière à être dirigés vers le tiroir spécifique. Le tiroir pourra, si nécessaire, bénéficier d'une fermeture adaptée le distinguant des autres tiroirs de distribution.

Il est à noter que l'utilisation de tiroirs spécifiques QoS+ peut générer une surconsommation de fibres optiques en distribution, dans les territoires où l'implantation des sites nécessitant une QoS spécifique est très diffuse.



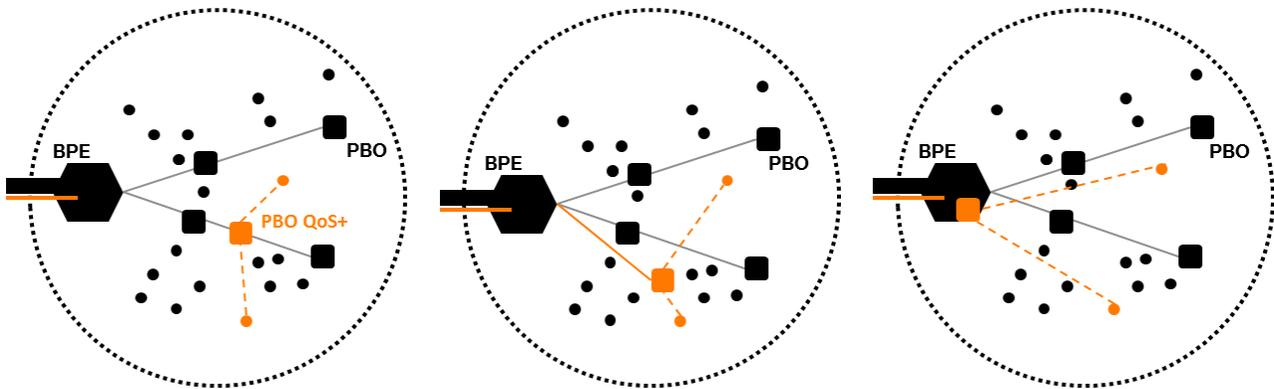
4.2. Pratiques envisageables au PBO

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 connectorisés, utilisation de cassettes d'épissurage spécifiques aux lignes titulaires de QoS, etc.) pourraient permettre de réduire les risques de contraintes accidentelles sur les fibres contenues dans le PBO.

4.2.1. PBO spécifiques aux accès QoS+

La possibilité de regrouper des modules/tubes QoS+ au PM dans un tiroir optique spécifique vient en complément du principe de déploiement de PBO spécifiques QoS+ en distribution, dans le but de diminuer encore le niveau de vulnérabilité de ce réseau.

Il a été identifié trois configurations permettant la mise en place de ces PBO QoS+ en distribution :



1	2	3
PBO QoS+ sur câble de distribution terminale courant	PBO QoS+ sur câble de distribution terminale spécifique à la QoS+	PBO QoS+ colocalisé au BPE
Lignes de branchement QoS+ de longueurs optimisées	Lignes de branchement QoS+ de longueurs optimisées	Lignes de branchement QoS+ de longueurs plus importantes
Limitation des interventions au PBO QoS+	Limitation des interventions au PBO QoS+	Limitation des interventions au BPE
Rapidité de mise en œuvre de PBO QoS+ (si μ Modules spécifiques disponibles)	Souplesse de déploiement pour la partie QoS+, avec provision du nombre de μ Modules adapté à la demande	Sécurisation renforcée (i.e. non-accessibilité directe)
	Ingénierie de dimensionnement des câbles de distribution simplifiée.	

4.2.2. PBO connectés

Les PBO connectés présentés au chapitre 5.3.1 peuvent être utilisés dans le cadre de la qualité de service améliorée.

5. Le segment de desserte optique

5.1. Caractéristiques techniques

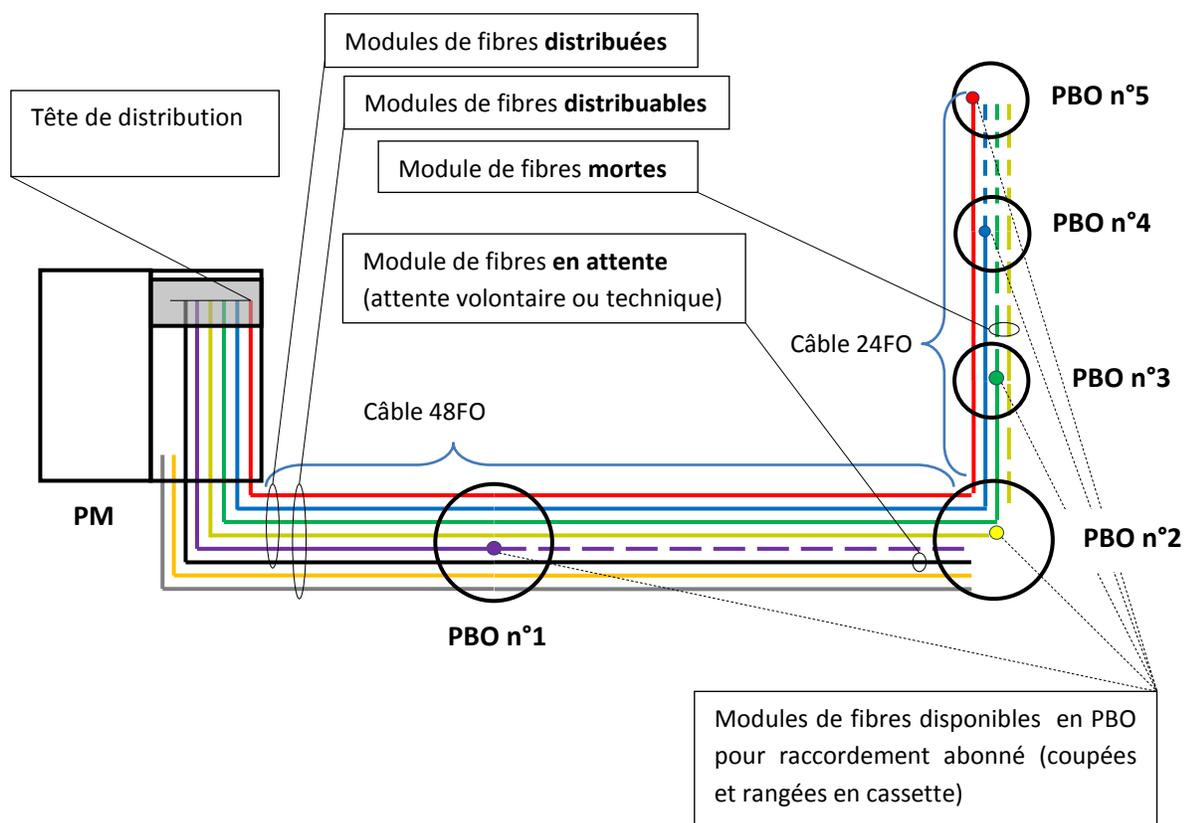
Les spécifications techniques des fibres et câbles à utiliser sont décrites en **Annexe 7 et en Annexe 8**.

Le code couleur à utiliser pour le repérage des fibres au sein du câble est décrit en **Annexe 9**.

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 définition de ligne de communications électroniques à très haut débit en fibre optique (ou ci-après ligne) figure en annexe 1 de la décision Arcep n° 2015-0776 du 2 juillet 2015 portant sur les processus techniques et opérationnels de mutualisation des réseaux très haut débit en fibre optique : « *Il s'agit d'une liaison passive d'un réseau de communications électroniques à très haut débit en fibre optique constituée d'un ou plusieurs chemins continus en fibre optique (en fonction de l'ingénierie mono-fibre ou multi-fibres choisie) et permettant de desservir un utilisateur final. Les obligations d'accès portent sur la partie de la ligne comprise entre le point de mutualisation et le dispositif de terminaison intérieur optique.* »

Dans le cadre du présent recueil, on ne considère que l'ingénierie mono-fibre.

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 – DTI 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 ligne par logement est nécessaire au minimum ;
- Locaux à usage professionnel : une ligne par local à usage professionnel est nécessaire au minimum. Toutefois ces locaux sont susceptibles de faire l'objet de demandes de plusieurs liaisons pour disposer d'une qualité de service plus performante ou bien pour répondre à des besoins spécifiques. Plusieurs lignes par local à usage professionnel peuvent donc être prévues lors du dimensionnement pour répondre à ces besoins ;

S'agissant du déploiement d'une boucle locale optique mutualisée (ou BLOM) ayant vocation à desservir des bâtiments non résidentiels, c'est-à-dire à destination exclusivement industrielle, professionnelle ou commerciale, il est alors recommandé de dimensionner ce réseau de la façon suivante :

Typologie de bâtiment, hors immeuble résidentiel ou mixte	Caractéristiques	Exemple(s)	Prescriptions réglementaires en dehors ZTD	Dimensionnement Recommandations pour le recueil du Comité expert fibre
Architecture divisible en lots	Bâtiment structuré en un nombre connu de bureaux / locaux pro	Immeuble tertiaire, mairie, centre commercial avec galerie marchande	1 ligne par local	1 ligne ou 2 lignes par lot, en tenant compte du piquetage terrain ou de la qualification définie entre le propriétaire / gestionnaire du bâtiment et l'opérateur d'immeuble
Bâtiment non divisible	Bâtiment destiné exclusivement à 1 activité professionnelle voire industrielle	Garage, atelier d'artisan, usine ...	1 ligne si le bâtiment est considéré comme 1 local	1 ligne ou 2 lignes
Zone d'activité	Zone industrielle, artisanale ou commerciale	Cas standard	1 ligne par local	1 ligne ou 2 lignes par lot
		et s'il s'agit d'une zone isolée comportant 50 à 100 lots	en aval d'un PM 1000 ou 300	un PM 100 consacré à la ZAC
Bâtiment recevant du public et dont le nombre de lots est indéterminé		Hôpital ...	1 ligne par local	1 PBO au moins consacré au bâtiment

Bien évidemment, une qualification du dimensionnement du réseau pourra être effectuée in situ par l'opérateur d'immeuble en fonction de son étude préalable au déploiement du réseau sur une zone considérée, en tenant compte des besoins spécifiques exprimés localement par les collectivités, entreprises ou administrations concernées.

- 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 lignes par site peuvent être prévues par l'opérateur d'infrastructure 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 11** et en **Annexe 12**.

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
6 (utilisation de câbles composés de modules de 6 fibres)		50%	20%	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 comportant suffisamment d'entrées de câbles pour pouvoir raccorder à terme tous les locaux desservis par ce PBO. Les spécifications techniques des contenants matérialisant les PBO sont données en **Annexe 10**.

5.3.1. Catégories de PBO selon le type de connexion

Les PBO servent à abriter les connexions entre les fibres de distribution et les fibres de branchement. Ces connexions sont réalisées unitairement à l'occasion du raccordement d'un abonné. Il existe deux grandes

catégories de PBO selon que les connexions sont réalisées au moyen d'une épissure par fusion (soudure) ou au moyen d'un connecteur.

PBO épissurés

Il s'agit de la catégorie de PBO historiquement utilisés et donc la plus répandue.

Afin d'éviter les risques d'erreurs et de mauvaises manipulations lors des raccordements finals, les fibres affectées au PBO doivent être coupées 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).

Le routage de FO nues sans protection en dehors des cassettes ou des organisateurs de fibre est proscrit.

PBO connectorisés

Les différentes expérimentations de PBO connectorisés menées depuis plusieurs années confirment l'intérêt de ces équipements pour faciliter le raccordement des clients (rapidité, limitation des interactions entre fibres) et améliorer l'exploitation du réseau (mutations, test, mesures ..) ainsi que sa maintenance.

Dans une première phase, cette connectivisation concerne prioritairement les PBO installés en aérien, sur poteau ou sur façade.

Compte tenu du contexte de mutualisation (multi prescripteurs/multi donneurs d'ordre), il apparaît nécessaire de standardiser cette interface connectivée de manière à faciliter les raccordements clients pour des acteurs opérant au niveau national.

Le connecteur SC/APC standard apparaît comme un consensus pour les PBO FTTH connectorisés (simple, libre de droit, très largement déployé, économique).

Au-delà du choix du connecteur, il est important de définir, pour ces câbles de branchement connectorisés, des contraintes fonctionnelles minimales qui garantiront leur interopérabilité avec les PBO développés suivant ce référentiel (voir recommandations en **Annexe 13**).

Les premiers déploiements de ce type de PBO devront respecter ces recommandations.

Connectique montable terrain pour les câbles de branchement (à l'étude)

Les câbles de branchement connectorisés en usine présentent les meilleures garanties de fiabilité/qualité, mais les progrès réalisés sur la connectique montable sur le terrain conduisent à s'y intéresser de près compte tenu des avantages qu'elle permet :

- longueur du câble de branchement maîtrisée
- connecteur réutilisable
- possibilité de réparation sans changement du câble
- rapidité de montage

En conséquence, le comité estime nécessaire d'approfondir l'étude des connecteurs montables terrain et encourage les expérimentations.

5.3.2. Domaine d'emploi

Les caractéristiques des PBO diffèrent en fonction du domaine d'emploi de celui-ci. Il existe actuellement trois domaines d'emploi : souterrain, aérien et intérieur.

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 de clients, il est nécessaire de réduire au maximum la longueur du raccordement client (longueur de câble de branchement entre le PBO et le DTI^o 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 de clients.

A titre d'exemple, dans le document « *Evaluation des projets pilotes FttH - Recueil de bonnes pratiques*⁵ » 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. »*

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 possible⁶ 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. Cette dernière solution pourra être l'une des différentes ingénieries étudiées prochainement par le comité d'experts pour compléter le chapitre 5.3.3 Organisation des PBO.

⁵http://www.gouvernement.fr/sites/default/files/contenu/piece-jointe/2014/08/recueil_des_bonnes_pratiques_dec2011_0.pdf

⁶ En effet, les dispositifs de love sont souvent peu esthétiques et refusés par les communes ou les particuliers.

Il est recommandé de positionner les PBO à une hauteur comprise entre 2,00 m et 2,50 m.

Les éléments pris en considération sont :

- la sécurité des intervenants (incitant à baisser la hauteur du PBO) ;
- le coût de la maintenance (incitant à baisser la hauteur du PBO) ;
- la sécurité des passants (incitant à augmenter la hauteur du PBO) ;
- le risque de vandalisme (incitant à augmenter la hauteur du PBO).

En cas d'impossibilité, des moyens de protection adaptés doivent être mis en œuvre lors d'une pose à plus faible hauteur.

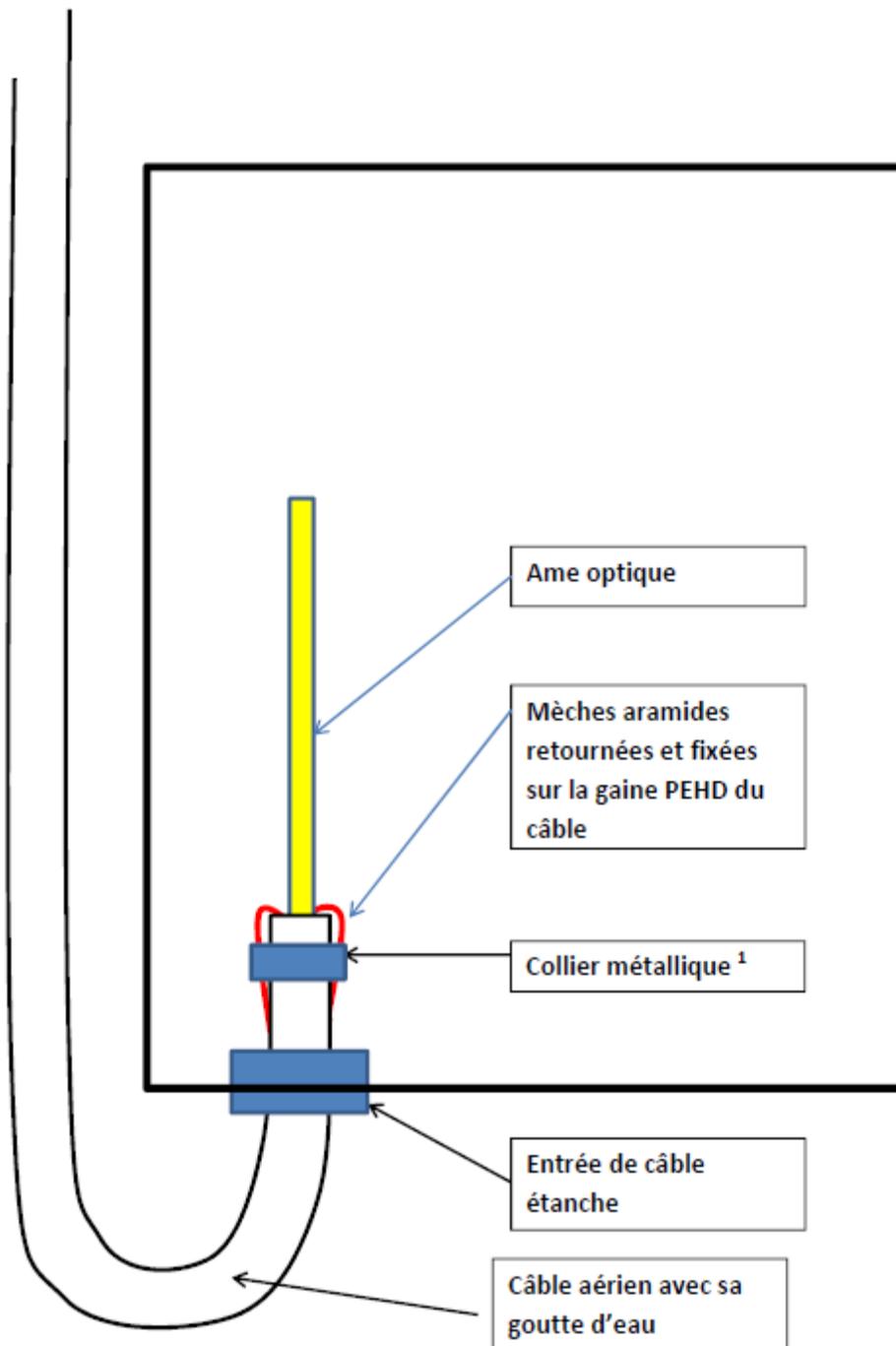
Afin de faciliter les opérations de raccordement de clients, il est nécessaire de réduire au maximum la longueur du raccordement client (longueur de câble de branchement entre le PBO et le DTI_o à l'intérieur du logement) tout en conservant un bon compromis avec le remplissage des PBO. Le PBO est positionné 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 de clients.

A titre d'exemple l'extrait du document « *évaluation des projets pilotes FttH - Recueil de bonnes pratiques* » cité au chapitre précédent (0) peut donner un ordre de grandeur des longueurs de raccordement client.

Comme mentionné en **Annexe 8** les câbles utilisés en aérien sont spécifiquement étudiés pour ce mode de pose. Leur structure est renforcée par rapport à des câbles conduite. Dans le cas de portées longues ou/et de risque de présence importante de givre, il est recommandé d'utiliser des câbles à structures fortement renforcées, à double gaine, même si cela se fait au détriment du temps d'accès aux fibres. D'autre part, sous forte sollicitation de vent ou/et de givres, il est nécessaire de prendre en compte l'effet de « pistonage » ; en entrée ou en sortie de boîtier, l'âme du câble (c'est-à-dire l'ensemble formé par les micromodules et les mèches d'aramide ou de verre) est soumise à une force de traction longitudinale et recule à l'intérieur du câble. Si aucune précaution n'est prise cela peut se traduire par une casse des épissures voire des fibres elles-mêmes dans le boîtier.

Pour éviter les dommages potentiels, il est nécessaire d'arrimer solidement les mèches d'aramides à l'extrémité de la gaine du câble dans le boîtier par exemple par un collier métallique (ce procédé n'induit pas d'effort supplémentaire sur le boîtier).

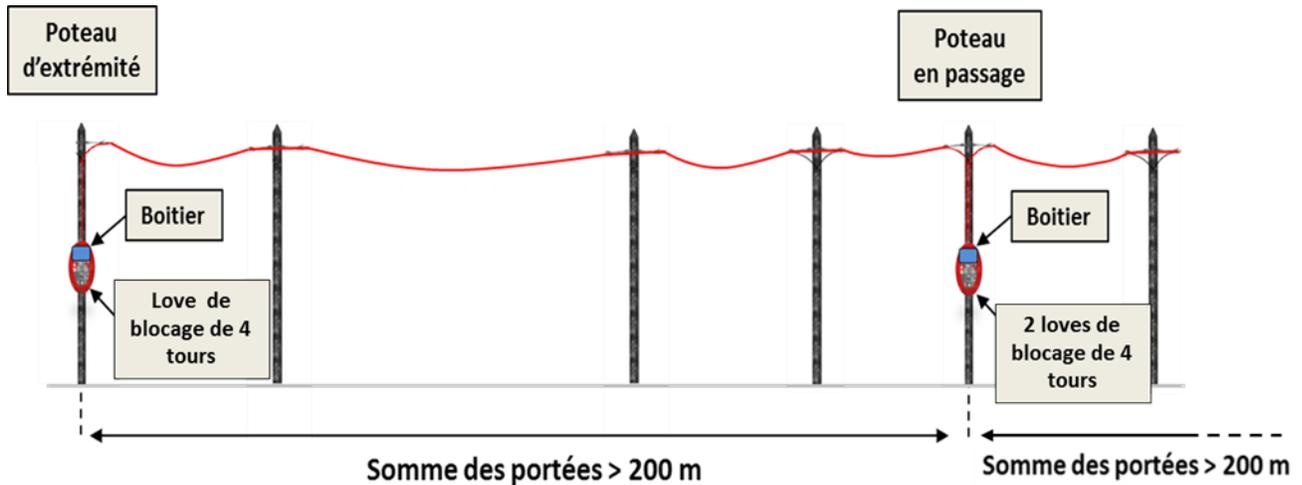


1 : Ce collier peut être ou ne pas être le collier servant à l'arrimage du câble au boîtier

Exemple d'arrimage des mèches.

Cette précaution n'est cependant pas toujours suffisante, notamment dans les deux cas suivants :

- Déploiement d'un câble aérien sur plus de 200 mètres entre deux boîtiers consécutifs



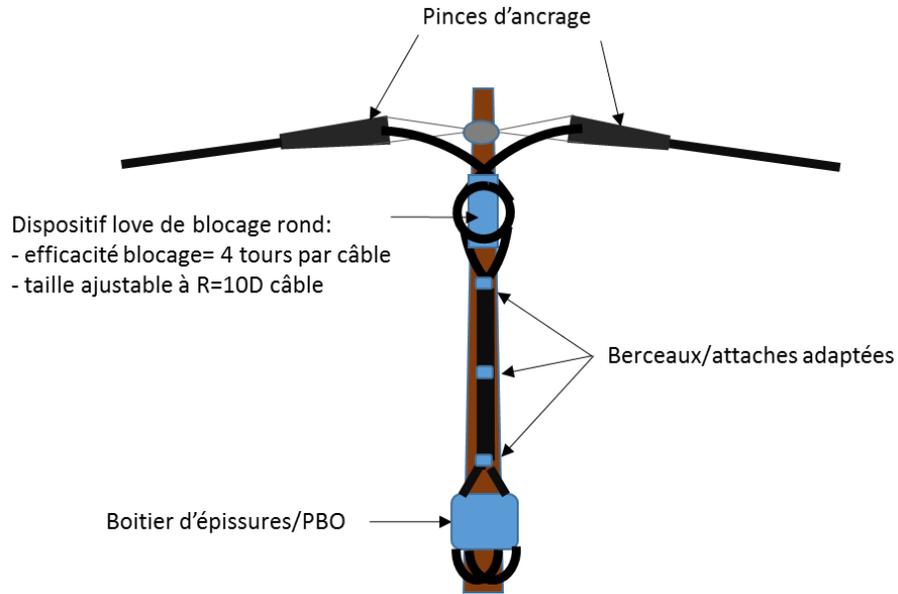
*Conditions de distances nécessitant la mise en place de loves de blocage
(rappel : les loves de blocage n'ont pas vocation à être démontés)*

- Conditions climatiques de type G1 (1 kg de givre par mètre de câble) ou plus. Lors des calculs en aérien, notamment en zone montagneuse, le maître d'ouvrage vérifiera si la condition G1 doit être pris en compte.

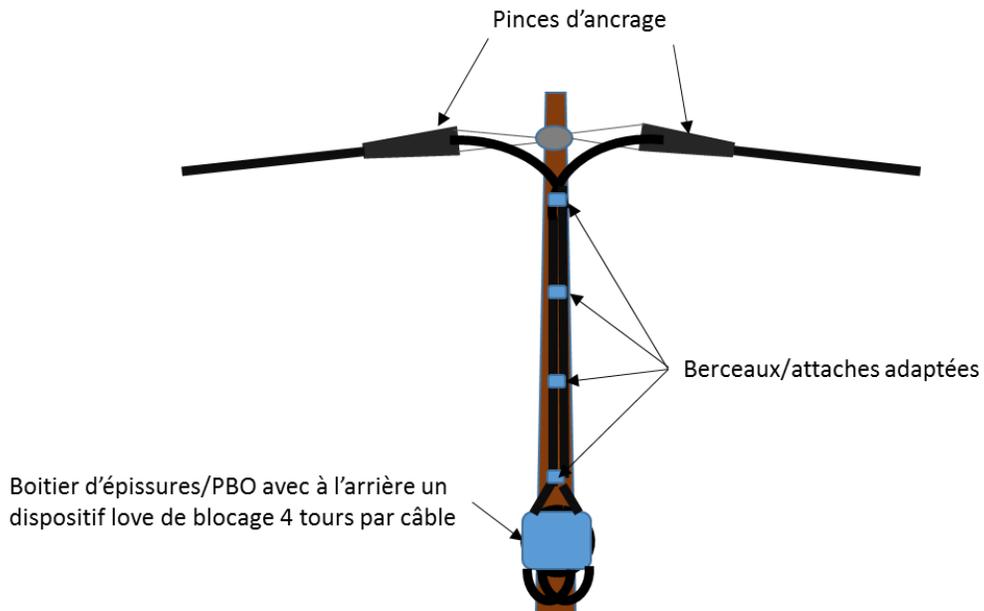
Dans ces cas-là, il est nécessaire de réaliser des boucles de lovage sur les câbles entrant ou sortant appelées loves de blocage : 4 boucles au rayon minimum de courbure statique du câble. Le diamètre imposé par le gabarit sera inférieur à 300 mm et sa hauteur (si non circulaire) sera inférieure ou égale à 500 mm.

Le rayon de courbure doit respecter la règle : $R \geq 10 \times$ diamètre du câble et ne pas dépasser le gabarit.

Idéalement ces boucles doivent être réalisées au plus près de la pince d'ancrage. Néanmoins, pour des raisons esthétiques ou pratiques, il est possible de réaliser les loves de blocage en un point ad hoc situé entre le point d'ancrage et l'entrée du boîtier, voire derrière le boîtier. L'inconvénient est le risque de serpentage du câble entre le love et la pince d'ancrage. Quoiqu'il en soit ces loves n'ont pas vocation à être utilisés pour descendre le boîtier et ne doivent en aucun cas être délovés durant la vie du réseau. Les interventions devront donc être faites en hauteur en utilisant des moyens appropriés, nacelle ou plateforme fixe.



*Exemple d'implémentation avec love de blocage au plus près des pinces d'ancrage
 (rappel : les loves de blocage n'ont pas vocation à être démontés)*



*Exemple d'implémentation avec love de blocage derrière le boitier d'épissures ou PBO
 (rappel : les loves de blocage n'ont pas vocation à être démontés)*

Il est conseillé de fixer le câble, à l'aide de berceaux/attaches adaptées, le long du poteau. Il existe divers berceaux/attaches adaptées variant selon leur robustesse, le diamètre du câble, le mode de fixation et

l'écartement au poteau. L'écartement recommandé entre les berceaux/attaches adaptées est de 30 cm à 40 cm. Cependant ceci est à moduler selon la nature du support et les caractéristiques du câble utilisé (poids, diamètre, souplesse...). D'une manière générale on doit éviter un frottement intempestif du câble. Ce point est d'autant plus important si la surface du support est rugueuse ; dans ce cas on peut choisir une solution qui permet d'écarter le câble du support.

Il faut bien sûr aussi prendre en compte les règles de partage éditées par le propriétaire ou le concessionnaire de l'infrastructure aérienne.

Le lecteur est invité pour plus d'informations et de détails à se référer au guide Objectif fibre sur le déploiement en aérien de la BLOM (www.objectif-fibre.com).

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).

5.3.3. Organisation des PBO

Le PBO installé est fourni avec tous les accessoires nécessaires afin qu'il soit possible de réaliser les opérations de raccordement de clients sans accessoires supplémentaires (hormis les consommables comme les « smouv »). En particulier, il comprend tous les composants nécessaires à la fixation des câbles, à l'étanchéité des entrées/sorties et, le cas échéant, à la gestion des épissures. Le conditionnement de ces composants est prévu pour éviter leur perte.

Afin de simplifier les opérations de raccordements de clients et d'éviter tout risque d'erreur ou de dégradation du réseau lors de ces raccordements, il est recommandé que les boîtiers constituant les PBO soient dédiés au raccordement des câbles de branchement. Si le boîtier assure d'autres fonctions, la partie raccordement client doit être clairement identifiée et séparée de la partie des fibres en passage.

Certaines fibres du câble de desserte optique peuvent néanmoins être en passage dans le PBO si le câble dessert plusieurs PBO en série. Le choix d'un câble en passage de faible capacité permet de simplifier l'opération de raccordement client, notamment en souterrain, et de limiter les impacts en cas d'incident. Le comité d'experts recommande dans la mesure du possible de limiter la capacité du câble en passage à 144 FO, même si des exceptions sont possibles en raison de la topologie du réseau et de l'encombrement des infrastructures à disposition.

Le comité d'experts recommande de ne pas utiliser de câbles en modulo 4 pour desservir les PBO.

Différentes ingénieries sont aujourd'hui possibles pour la gestion des fibres à l'intérieur des PBO, dépendant notamment des caractéristiques des câbles de branchement optique utilisés (câble monofibre, bi-fibres monomodule ou bien câble bi-fibres bi-modules).

Quelle que soit l'ingénierie retenue, une attention particulière devra être portée à

- l'identification des fibres ;

- la sécurité des soudures réalisées lors des interventions ultérieures ;
- la simplicité de l'intervention de raccordement client.

5.4. Les raccordements finals (à l'étude)

Les câbles de branchement optiques utilisés pour les raccordements de clients 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 :

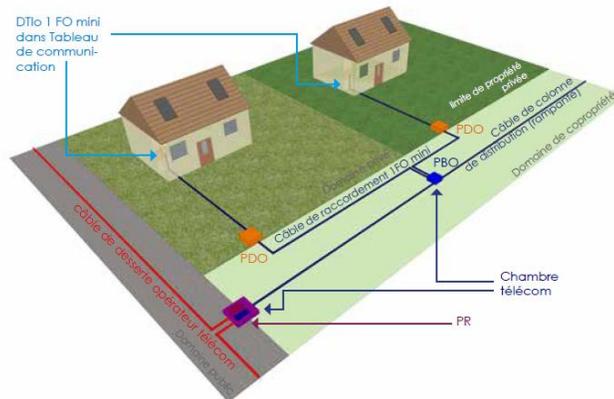
- connectoriser ou non les autres fibres au niveau du DTI0 ;
- établir ou non la continuité optique des autres fibres au PBO (jusqu'en pied d'immeuble par exemple).

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

Dans le cas de logements pavillonnaires dont le permis de construire a été déposé après le 1^{er} septembre 2016, que celui-ci soit réalisé dans le cadre d'un lotissement ou non, il devrait exister entre le PBO et le DTI0, un point de démarcation optique (PDO) tel que défini par la norme AFNOR expérimentale XP C 90486 et le guide pratique « *Raccordement et câblage des locaux individuels neufs* » publié en 2017 par la plateforme Objectif Fibre (lien). Pour plus d'information sur ce PDO, le lecteur est invité à consulter cette norme et ce guide.



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 1 000 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 (ou PRDM) peut être, par exemple, situé au sein d'un local aménagé en NRO, 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 en **Annexe 7 et en Annexe 8**.

Le code couleur à utiliser pour le repérage des fibres au sein du câble est décrit en **Annexe 9**.

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 0. 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 de 1 pour 30 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 d'infrastructure (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 de clients 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 de clients 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 0.).

Si l'opérateur d'infrastructure 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]	[600-1 000]	[1 000-2 000]
Besoin en FO pour le PON <i>a minima</i> ⁷	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 Des besoins complémentaires en fibres peuvent également être nécessaires pour assurer l'évolutivité des systèmes optiques des OC.

7. Les contraintes d'affaiblissement optique GPON et nouvelles technologies

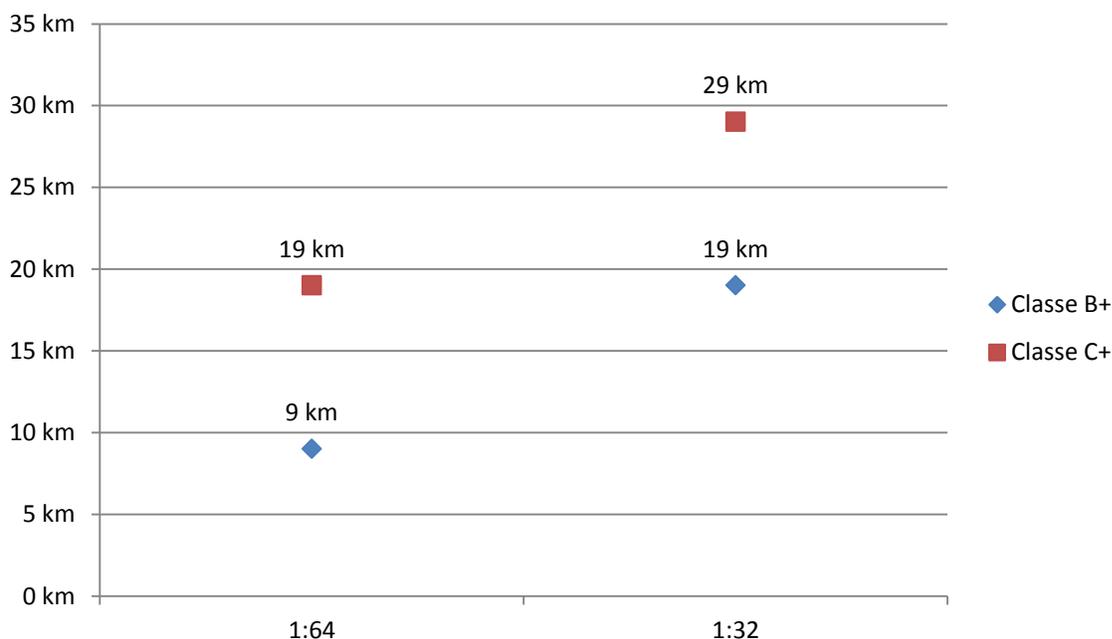
L'ARCEP a publié en septembre 2012 une synthèse des travaux menés sur l'affaiblissement optique en-dehors des zones très denses :

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

L'objet de ce chapitre est de mettre à jour cette étude dans la perspective de l'introduction possible de nouvelles technologies PON. Ce chapitre présente donc la mise à jour des travaux du GRACO datant de 2012 ainsi que l'analyse des contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FTTH support des futures technologies PON, notamment en terme de portées maximales recommandées.

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

La **mise à jour** du graphique « Distances disponibles en **GPON** en fonction de la classe utilisée » est présentée ci-après. Elle illustre les distances NRO-DTlo disponibles en fonction des technologies (distances atteignables en km) pour un système GPON uniquement, en fonction du taux de couplage passif retenu et de la classe de systèmes optiques utilisée :



Distances disponibles en GPON en fonction de la configuration technique retenue

Ces longueurs correspondent à la somme des longueurs NRO-PM et PM-DTlo ; elles sont basées sur les éléments suivants :

- le schéma de référence présenté paragraphe 1.3 du présent document ;
- les hypothèses de calcul présentées dans le tableau ci-dessous :

Type d'hébergement des Opérateur Commerciaux : en salle commune	Salle commune NRO	
Nbre de connecteurs optique	6	
Nbre d'épissures/soudures (Hors PEP Transport et Distribution)	7	
Couplage 1/64	1/2 au NRO et 1/32 au PMZ	
Couplage 1/32	1/32 au PMZ	
Ratio distance T/D	75% /25%	
Distance inter BPE Transport	3 km	
Distance inter BPE Distribution	1,25km	
Marges de vieillissement	1dB	0,42dB (vieillessement réseau)+Vie du réseau à,5dB + 0,08dB longueur branchement
Type de Fibre	G657A2	

- les valeurs des pertes d'insertion des différents composants optiques aux longueurs d'onde du GPON, soit 1 310 nm (up) et 1 490 nm (down) présentées en **0**.

Une marge de sécurité de 1 dB est intégrée dans le calcul pour cette configuration GPON. Cela ne constitue pas la référence dans le cadre de l'introduction des nouvelles technologies mais une mise à jour des travaux du GRACO de 2012 où les hypothèses ont été précisées et partagées au sein du comité expert.

Le respect des distances maximales NRO – DTIo, se heurte néanmoins à une incertitude concernant la connaissance préalable de l'emplacement des NRO d'Opérateurs Commerciaux (OC) susceptibles de desservir un territoire, avant que les opérations de pavage de celui-ci en zones arrières 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.

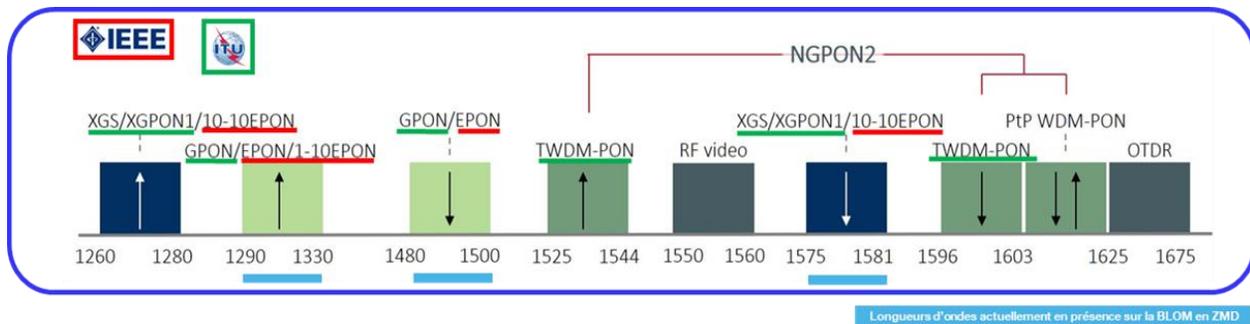
7.2. Impact de l'introduction des nouvelles technologies sur les contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FttH

7.2.1. Caractéristiques des nouvelles technologies PON

Les réseaux passifs FttH déployés (et en cours de déploiement) sont prévus pour plusieurs dizaines d'années. Ils doivent être à même de supporter les technologies actuelles (GPON, P2P, EPON, 10GE-PON), mais également les nouvelles technologies à venir (XG(S)-PON, NG-PON2 ...).

Toutes ces technologies sont déployables sur le schéma de déploiement retenu en France, basé sur la topologie Point à Multi-Points.

La figure suivante représente les différentes technologies de transmission standardisées par les 2 principaux organismes de standardisation, à savoir l'ITU-T (International Telecommunication Union) et l'IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), ainsi que les longueurs d'ondes respectives utilisées :



Technologie GPON : délivrant 2,5 Gbit/s en descendant et 1,25 Gbit/s en montant sur une même fibre entre plusieurs utilisateurs. Cette technologie a été standardisée sous la référence ITU-T G.984.x

Technologie XG-PON : délivrant 10 Gbit/s en descendant et 2,5 Gbit/s en montant sur une même fibre entre plusieurs utilisateurs. Cette technologie a été standardisée sous la référence ITU-T G.987.x

Technologie XGS-PON : délivrant 10 Gbit/s en descendant et 10 Gbit/s ou 2,5 Gbit/s en montant sur une même fibre entre plusieurs utilisateurs. Cette technologie a été standardisée sous la référence ITU-T G.9807.1

Technologie NG PON2 TWDM PON : délivrant 4 (à 8) x 10 Gbit/s en descendant et 4 (à 8) x 10 Gbit/s ou 4 (à 8) x 2,5 Gbit/s en montant sur une même fibre entre plusieurs utilisateurs. Cette technologie a été standardisée sous la référence ITU-T G.989.x

Technologie NG PON2 PtP WDM : propose une architecture point à point avec une paire de canaux dédiée à chaque client, ceci offrant des débits symétriques de 1,25/2,5/10 Gbit/s en descendant et 1,25/2,5/10 Gbit/s en montant. Cette technologie a été standardisée sous la référence ITU-T G.989.x

Technologie EPON : délivrant 1,25 Gbit/s en descendant et 1,25 Gbit/s en montant sur une même fibre entre plusieurs utilisateurs. Cette technologie a été standardisée sous la référence IEEE 802.3ah.

Technologie 10G EPON : délivrant 10 Gbit/s en descendant et 1,25 Gbit/s ou 10 Gbit/s en montant sur une même fibre entre plusieurs utilisateurs. Cette technologie a été standardisée sous la référence IEEE 802.3av.

Technologie P2P : délivrant 1 Gbit/s ou 10 Gbit/s en descendant et montant sur une même fibre pour un utilisateur.

Au-delà de ces technologies, de nouveaux standards sont en cours de définition, qui porteront les débits autour de 25 Gbit/s ou 50 Gbit/s par canal. Les longueurs d'ondes devraient être comprises dans le spectre précisé au dessus (1 260 nm – 1 625 nm).

7.2.2. Budget optique des technologies PON

Chaque technologie PON offre plusieurs classes de budget optique.

Ce budget optique est défini par les spécifications des optiques à l'OLT et à l'ONT :

- puissance d'émission minimale à l'OLT et la sensibilité maximale à l'ONT dans le sens descendant
- puissance d'émission minimale à l'ONT et la sensibilité maximale à l'OLT dans le sens montant

Ce budget optique devra être pris en considération dans l'ingénierie du réseau (topologie, design, taux de couplage, longueur de la boucle locale...).

Pour la technologie GPON, le standard ITU-T G.984.2 définit 2 classes de budget optique, B+ et C+ de respectivement 28 dB et 32 dB. Les spécifications des équipements OLT et ONT de classe B+ et C+ sont précisées en **Annexe 17**.

Technologie	Standard	Classe	Budgets Optiques Max
GPON	G.984.2	B+	28 dB
GPON	G.984.2	C+	32 dB

Pour les technologies XG-PON et XGS-PON, les standards ITU-T G.987.2 et G.9807.1 définissent 4 classes de budget optiques N1, N2, E1 et E2 offrant respectivement 29 dB, 31 dB, 33 dB, 35 dB.

Technologie	Standard	Classe	Budgets Optiques Max
XG-PON	G.987.2	N1	29 dB
XG-PON	G.987.2	N2	31 dB
XG-PON	G.987.2	E1	33 dB
XG-PON	G.987.2	E2	35 dB
XGS-PON	G.9807.1	N1	29 dB
XGS-PON	G.9807.1	N2	31 dB
XGS-PON	G.9807.1	E1	33 dB
XGS-PON	G.9807.1	E2	35 dB

Le standard NG-PON2 n'est pas détaillé dans ce document, étant donné que cette technologie n'est pas retenue pour le moment par les opérateurs commerciaux.

7.2.3. Introduction des nouvelles technologies PON

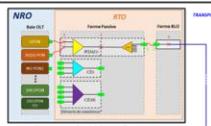
Pour toute introduction de nouvelle technologie d'activation de la fibre, il convient de vérifier la coexistence possible des longueurs d'onde de chaque technologie.

En l'état actuel des standards et des technologies de transmission présentées dans ce document, la coexistence est assurée uniquement entre normes/recommandations d'un même organisme (UIT-T ou IEEE), et si la fibre terminale est allouée à un opérateur unique. En revanche, par exemple, il n'est pas possible de combiner GPON et EPON (respectivement XGS-PON et 10G EPON) sur une même fibre.

L'objectif final de la coexistence, outre la possibilité d'une transition douce (i.e. migration technologique nécessitant pas d'opération de brassage optique) lors du passage d'une technologie à la technologie suivante, est de permettre une utilisation optimale du réseau fibre déployé.

NOTA : Il serait recommandable que le câblage dans les logement neufs correspondent à des normes qui permettent de fournir des services numériques au-delà de 1 Gbit/s, voire 10 Gbit/s, afin d'être en adéquation avec les nouvelles technologies envisagées.

L'introduction des nouvelles technologies PON peut être réalisée de 3 manières possibles :

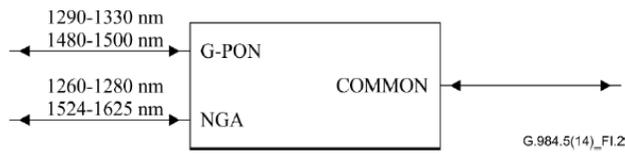
Option 1	<p>Injection sur fibres de transport dédiées</p>	<p>Avantage:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pas d'éléments atténuateurs supplémentaire sur le chemin optique <p>Inconvénients:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nécessite 2 fois plus de fibres en transport (<i>Non prévu dans les dimensionnements actuels, ni sur les réseaux déjà déployés</i>) - Opération de brassage au PMZ en cas de churn clients GPON ↔ techno. Post GPON
Option 2	<p>Recours à des éléments de coexistence</p>  <p style="font-size: small; text-align: center;">Hébergement des OC dans salle commune</p>	<p>Avantage:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduction progressive des technologies post-GPON pour l'Opérateur Commercial <p>Inconvénients:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduction d'éléments atténuateurs à la fois sur les branches GPON (-0,8 dB) et sur les branches supportant les technologies post-GPON (jusqu'à -1,3 dB avec CEMx)
Option 3	<p>Recours à des cartes COMBO**</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p style="text-align: center;">Eléments de coexistence embaqués sur cartes ligne PON</p> </div> <p style="font-size: x-small; margin-top: 5px;">**) Cartes dites « Multi-PON Modules » au niveau de la norme ITU-T</p>	<p>Avantage:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduction progressive des technologies post-GPON pour l'Opérateur Commerciale, par activation (ou pas) de la technologie post-GPON. - Maintien des portées « originelles » GPON <p>Inconvénients:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les budgets optiques sont réduites par rapport à une injection sur fibre dédiée via des cartes « XG(S)-PON only »

L'option 1 n'est pas détaillée dans la suite de ce chapitre, cette option n'étant pas envisagée à court terme par les opérateurs commerciaux par le cadre de migration (GPON vers *post* GPON).

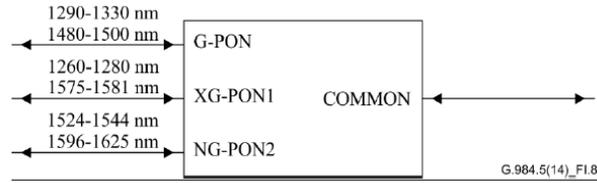
Option 2 : introduction d'un élément de coexistence

Cette option, sur base d'un élément de coexistence optique, permet de multiplexer différentes longueurs d'ondes des technologies PON. Dans ce cas précis, le budget optique disponible pour la boucle locale fibre est le budget optique des éléments actifs diminué de la perte d'insertion de cet élément de coexistence.

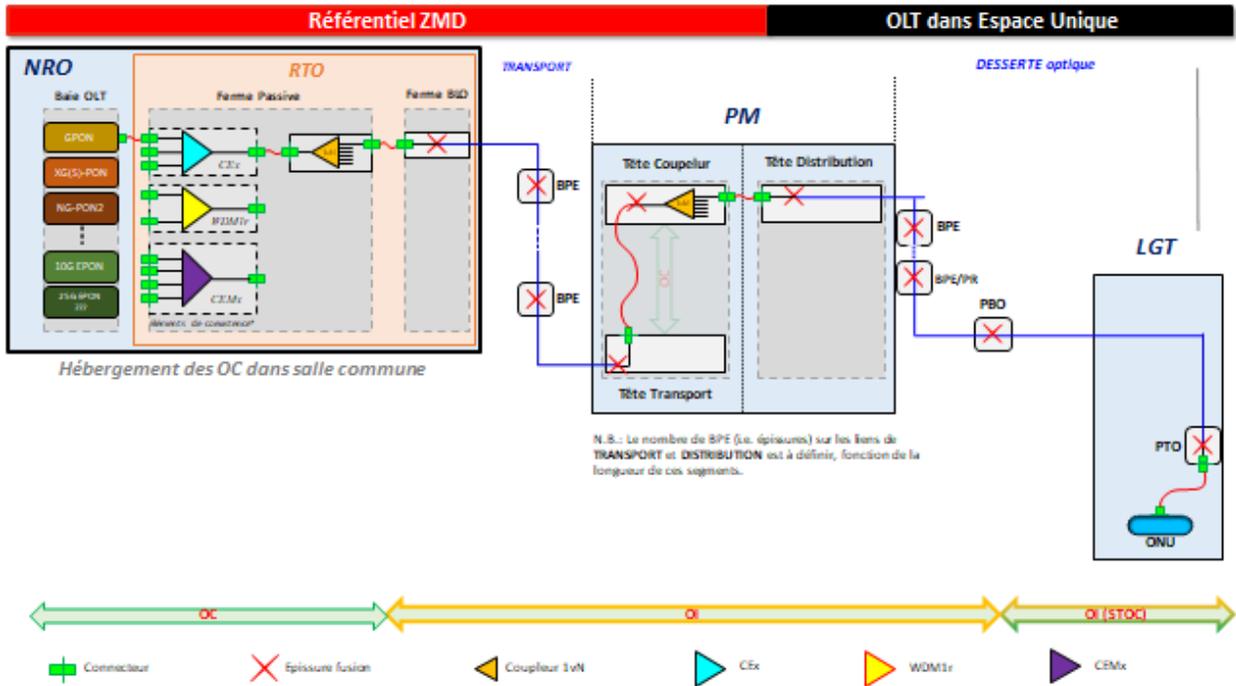
Le schéma de référence de la boucle locale fibre avec l'introduction des nouvelles technologies par ajout d'un élément de coexistence est décrit ci-après. La superposition entre la technologie GPON et les nouvelles technologies est réalisée via un composant optique de type WDM1r ou CEx ou CEMx. Les caractéristiques de ces composants sont les suivantes (norme UIT-T G.984.5) :



Cas WDM1r – Support GPON et XG(S)-PON



Cas CEx – Support GPON, XG(S)-PON et NG PON2



Boucle locale fibre avec l'introduction des nouvelles technologies par ajout d'un élément de coexistence

Option 3 : Carte OLT Multi-PON Module (MPM) aussi appelée « Combo »

Cette troisième option utilise les capacités de nouvelles cartes OLT mixant directement 2 technologies (GPON et XGS-PON) et intégrant le multiplexeur WDM1r.

Il existe 2 classes de budget optique pour ces cartes Multi-PON Module :

Mode	Standard	Classe	Budgets Optiques Max
MPM B+	G.984.5 Amd 1	B+	28 dB
MPM C+	G.984.5 Amd 1	C+	32 dB

7.2.4. Impact de l'introduction des nouvelles technologies sur les contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FTTH

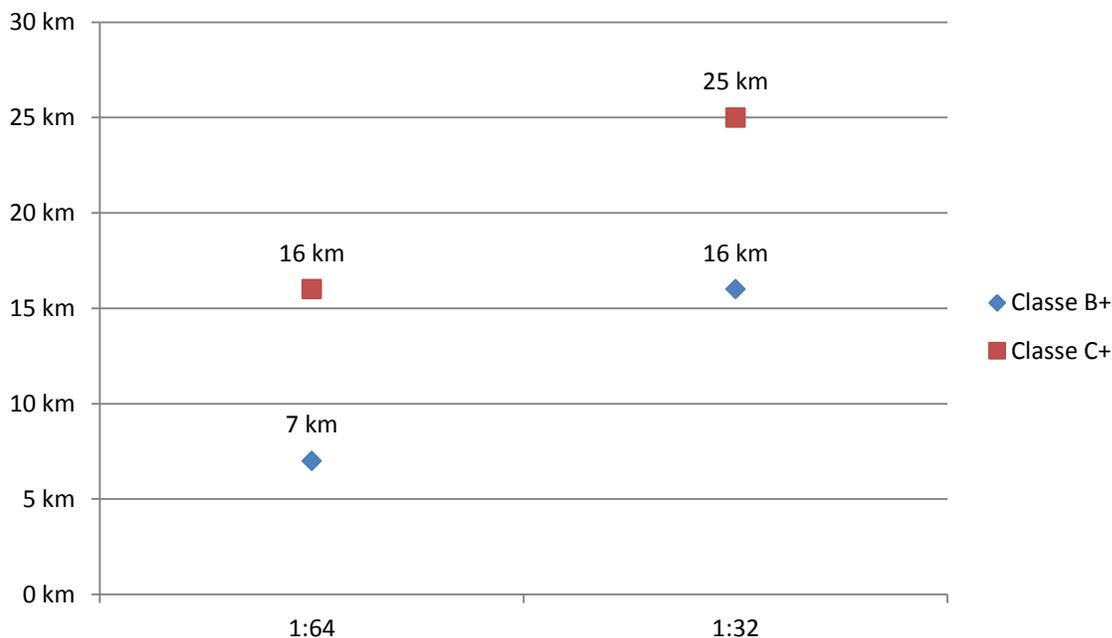
Le comité d'experts fibre de l'Arcep a convenu d'un schéma de référence pour l'introduction des technologies post-GPON en privilégiant les option 2 (i.e. éléments de coexistence) et option 3 (injection conjointe des technologies GPON et Post-GPON via des cartes dites "COMBO"). Le scénario d'introduction de la technologie XG(S)-PON a été analysé (technologie la plus mature à court terme).

L'évaluation des distances NRO-DTlo a été réalisée en prenant comme hypothèse le référentiel suivant basé sur :

- ✓ L'hébergement des Opérateurs Commerciaux en espace unique au sein du NRO proposé par l'Opération d'Infrastructure
- ✓ L'utilisation exclusive (transport + distribution) de fibres G.657.A2 dont les performances d'atténuation linéique après mise en câble sont inférieures ou égales aux valeurs max typique proposées par le comité d'experts en **0**
- ✓ L'application des pertes d'insertion des différents éléments passifs constituant la BLO présentées en **0**
- ✓ La prise en compte des hypothèses de calcul du bilan de liaison décrites au chapitre 7.1

N.B.: Les résultats présentés représentent une **configuration simple** (dite de référence) de la constitution de la BLOM. Un travail d'analyse de différentes variantes génériques sont en cours ; ces variantes pourront impacter les distances préconisées lors de la construction de la BLOM. En effet, **des configurations et/ou choix différents de la part des OC et OI, sont susceptibles de modifier les portées atteignables sur la BLOM ; ces aspects seront abordés ultérieurement lors de la mise à jour de l'étude.**

Les calculs de distance NRO-PM et PM-DTlo ont été réalisés pour des couplages standards (1/32, 1/64) tels que déployés par les Opérateurs Commerciaux sur les réseaux FTTH actuellement en service. Les portées disponibles ont été calculées pour les budgets optiques du GPON (B+, C+), XG(S)-PON (N1, E1) et Combo (B+, C+). Les distances de la BLOM sont tracées dans le graphique ci-dessous :



Portées recommandées pour l'injection conjointe G-PON/XG(S)-PON

L'introduction de nouvelles technologies (XG(S)-PON pour le cas présenté) en simultanée avec le GPON impose donc, pour un même taux de couplage et de budget optique disponible, une réduction de la longueur de la boucle locale par rapport au GPON de l'ordre de 3 km pour un taux de couplage de 1/32.

À date, la recommandation du comité d'experts fibre est de construire une BLOM FTTH permettant aux Opérateurs Commerciaux d'activer leurs services sans contraintes excessives. Ainsi, sur la base des travaux menés, il est recommandé de limiter la portée de la BLOM FttH à 16 km dès lors que cela ne fait pas obstacle à l'obligation réglementaire de réunir au moins un millier de locaux existants dans la zone arrière du NRO.

Dans le cas où cela s'avère nécessaire, les Opérateurs Commerciaux pourront prendre des dispositions particulières (taux de couplage ou puissance laser) pour assurer l'activation du réseau au-delà de 16 km. Cela nécessite également que l'Opérateur d'Infrastructure prévoit les aménagements nécessaires, notamment en adaptant le dimensionnement du lien de transport au taux de couplage que les Opérateurs Commerciaux seront amenés à utiliser.

NOTA : L'intégration de différentes variantes par rapport au schéma de référence (PTO+DTIO, PB connecté, type de fibres différentes...) aura un impact négatif sur cette valeur maximale préconisée. L'Opérateur d'Infrastructure est invité à prendre en compte ces éléments lors de la conception de sa boucle locale optique. Les travaux sur différentes variantes génériques sont en cours d'étude par le comité d'experts fibre.

8. Contrôle et recette des réseaux BLOM déployés

Afin de s'assurer une qualité optimale des réseaux FTTH mis en oeuvre, il est recommandé de se référer aux travaux d'harmonisation des réseaux établis par la mission THD en matière de contrôle et recette, en particulier le document « Préconisations techniques : Génie Civil et déploiement de la boucle locale optique mutualisée ».

<https://www.francethd.fr/actualites/publication-des-recommandations-sur-l-harmonisation-des-reseaux-ftth.html>

L'introduction des nouvelles technologies de transmission nécessitera un ajustement des contrôles et recettes qui fait l'objet d'une étude en cours par le comité d'experts.

8.1. Contrôle des ouvrages mis en œuvre

Il est préconisé de réaliser un contrôle visuel et mécanique des ouvrages mis en œuvre sur le réseau BLOM en respect du cahier des charges de l'OI, des normes en vigueur et des règles de l'art. Lors de ces opérations de contrôle, l'Opérateur d'Infrastructure devra s'assurer de la cohérence des données SIG versus Terrain.

A titre d'exemple, on apportera une attention particulière sur les éléments suivants :

- Loves et repérage des câbles dans les chambres de tirage
- Fixation et étanchéité des BPE
- Contrôle géométrique des Points de Mutualisation (structure à niveau, identifiant, test d'ouverture et fermeture des portes, fixation des tiroirs, arrimage et repérage des câbles, ...)
- Câbles aériens :
- Fixation et repérage des Points de Branchements aériens, façades et souterrains

Tous ces contrôles s'appliquent sur le réseau BLOM et doivent être réalisés selon les directives et modalités définies dans les conventions des gestionnaires d'infrastructures.

7.2 Recette de liens optiques

En l'état actuel des réflexions menées au sein du Comité Expert Fibre Optique ARCEP, ces articles seront complétés ultérieurement pour identifier les longueurs d'ondes préconisées et à utiliser lors des recettes d'ouvrages.

7.2.1 Mesure des fibres de transport optique

Les méthodes de mesure par réflectométrie sont décrites dans la norme XP 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'intégralité des fibres de transport optique :

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

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 en **0**. 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 mesure⁸ 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 optiques théoriques permet un premier niveau de test de concordance (on s'assure que chaque fibre

⁸ 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 ».

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 la fibre dans le PBO) permet de tester la concordance de chaque 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'indice⁹).

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

Dans tous les cas, il faut se conformer aux consignes de sécurité liées à la protection des personnes.

9. SIG et documentation technique

9.1. 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.

9.1.1. 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-opérateurs définissant le mode de transmission de cette information.

⁹ Un bain dans du liquide adaptateur d'indice doit faire disparaître le pic de Fresnel visible au réflectomètre.

9.1.2. Besoins du maître d'ouvrage qui construit le réseau

Le maître 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 d'infrastructure qui serait amené à exploiter le réseau.

9.1.3. 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 0. 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.

9.2. Autres documents techniques

L'opérateur d'infrastructure 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 d'infrastructure ;
- 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 d'infrastructure 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 d'infrastructure et anticiper les éventuelles mises à niveau.

L'Opérateur d'Infrastructue se devra de s'assurer de la cohérence des données SIG versus Terrain afin de faciliter les travaux de maintenance et de raccordement. Toutes ces données SIG devront permettre les échanges entre l'OI et les OC tels que définis dans les GT Inter Opérateurs.

10. 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 d'infrastructure.

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 clefs mécaniques serait retenue, l'opérateur d'infrastructure devra étudier l'organigramme des clefs afin de minimiser le nombre de modèles de clefs 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 « densité¹⁰ » minimale permettant le bon remplissage du PM.
- Il est recommandé d'utiliser une couleur de cordon différente pour chaque opérateur commercial client de l'accès passif afin d'identifier l'opérateur qui a effectué le jarretière 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 ;

¹⁰ On parle ici de densité en nombre de point de connexion par U par exemple.

- Axione : jaune (pour tous les nouveaux déploiements).

11. Evaluation d'impact environnemental

Dans le cas où une évaluation d'impact environnemental d'un produit ou élément du réseau est réalisée, celle-ci sera faite par une Analyse de Cycle de Vie, conformément à la norme ISO 14040-44, et les résultats communiqués dans une déclaration environnementale PEP (Profil Environnemental Produit).

L'O décrit dans les objectifs et principes de ces évaluations environnementales.

Annexe 1. Spécifications des armoires de rue passives

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

Afin de garantir la pérennité de l'infrastructure mise en œuvre, il est conseillé d'installer les armoires de rue sur un socle préfabriqué (ex socle CCV – Composite Ciment Verre).

Afin d'assurer une maintenance et une exploitation aisée de l'infrastructure, il est conseillé d'utiliser des armoires équipées de peinture qui intègrent des propriétés pour faciliter le nettoyage des graffiti et éventuellement d'ajouter des dispositifs anti-affichage sur les portes et les flancs. Les panneaux d'habillages doivent être interchangeables en cas de dégradation importante et l'armoire doit pouvoir être changée partiellement ou totalement sans couper les câbles optiques reliés aux tiroirs.

La hauteur des armoires de rue est généralement de l'ordre de 1,60 m ce qui permet d'installer deux colonnes de 19 pouces et de 28U¹¹. La largeur 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).

De plus, l'armoire doit avoir une profondeur suffisante pour héberger des tiroirs opérateurs *a minima* de 280 mm de profondeur, en particulier :

- *A minima*, une profondeur utile de 240 mm entre l'avant du montant 19 pouces et les équipements installés au fond de l'armoire ;
- *A minima*, une profondeur utile de 40 mm entre l'avant du montant 19 pouces et les équipements installés sur la porte.

L'utilisation de tiroirs pivotants implique que l'armoire et les tiroirs disposent d'un point d'ancrage arrière 19 pouces.

Il est recommandé, d'utiliser des cordons respectant les points suivants :

- longueur unique de 3,5m pour les armoires 2x28U et 4,0m pour les armoires 2x40U
- diamètre de 1,6mm
- La méthodologie de câblage des cordons dans les PM est synthétisée sur une fiche plastifiée affichée dans la porte intérieure de l'armoire décrivant le cheminement en W à respecter ainsi que la gestion des anneaux plastiques verticaux. Cette méthodologie garantie une exploitation optimale des PM avec des cordons aux caractéristiques dimensionnelles décrites ci-dessus.

¹¹ La colonne de 19 pouces est un système standard pour monter divers modules électroniques les uns au-dessus des autres. La colonne est constituée de deux façades verticales en métal espacées de 17,75 pouces. Des trous sont forés à intervalles réguliers sur la partie frontale de la colonne de manière à ce qu'ils soient espacés de 18,375 pouces, ce qui donne une largeur totale de la colonne de 19 pouces.

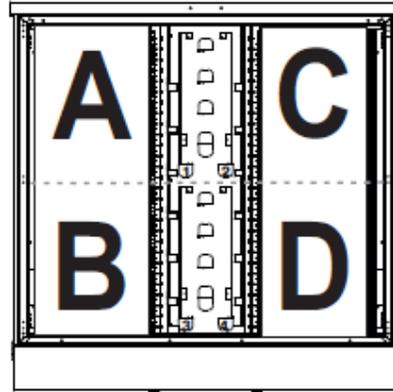
¹¹ La hauteur d'un élément est habituellement un multiple d'une unité nommée U. Un U vaut 1,75 pouces (44,45 millimètres).



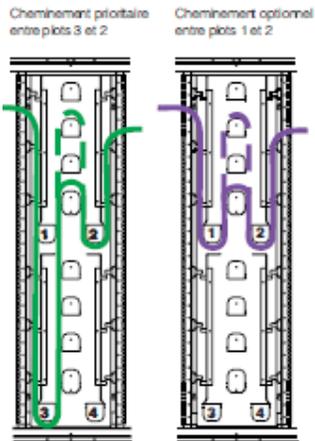
Utiliser des cordons optiques de $\varnothing 1.60\text{mm}$.
Longueur unique de cordons: 3.50m

 Cheminement prioritaire

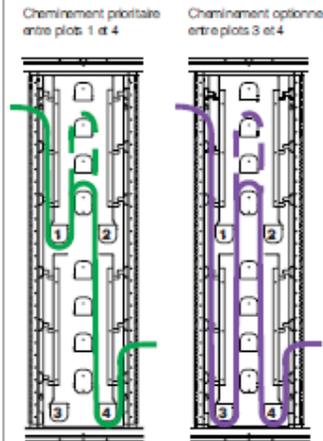
 Cheminement optionnel réservé aux cas particuliers



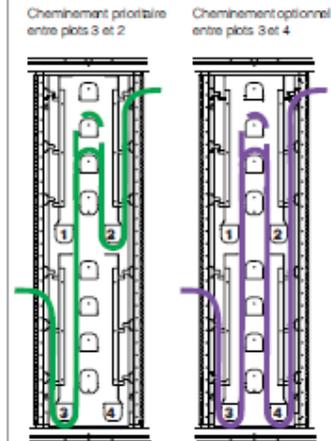
Entre zones A et C



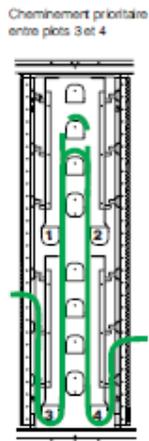
Entre zones A et D



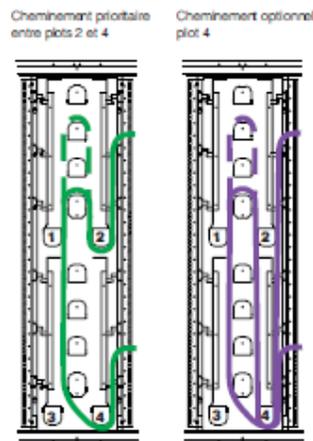
Entre zones B et C



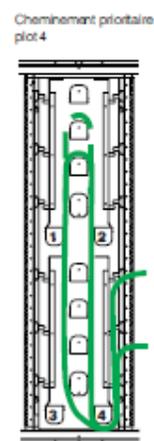
Entre zones B et D



Entre zones C et D



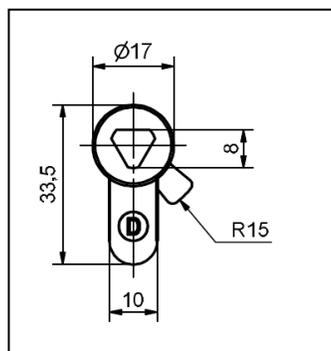
Entre zones D et D



Exemple de principe de câblage pouvant être affiché dans une armoire de rue

Système de fermeture de l'armoire :

Pour remédier au constat terrain de serrures fracturées, il est préconisé d'utiliser un format de serrure mâle triangle dont le gabarit est décrit ci-dessous (cotes en millimètres).



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

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

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

Essais	Méthode	Sévérité
Examen visuel	NF EN 61300-3-1	
Étanchéité	NF EN 60529	IP55 (jet d'eau)
Impact	NF EN 62262	IK09 (10J)
Choc (Chute transport)	NF EN 60068-2-27	Ea
Vibration (Vibration transport)	NF EN 60068-2-6	Fc (Aléatoire)
Cycles en température	NF EN 60068-2-14	Nb (-40°C/+65°C)
Brouillard salin (Corrosion)	NF EN 60068-2-11	Ka (28j)
Résistance aux UV	ASTM G 154	
Tests optionnels		
Protection vandalisme	NF EN 61969-3	

Annexe 2. Spécifications des armoires de rue actives

L'Annexe 2 traite des spécifications des armoires de rue actives supplémentaires aux spécifications des armoires de rue passives présentées en **Annexe 1**.

Les contraintes sur l'environnement sont les suivantes :

- émergences sonores : Respect de la norme NF EN 300753 et de l'article Article R. 1334-33 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 actif à harmoniser au contenant passif, 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 double peau pour l'armoire d'extension pour équipements actifs ;
 - 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 aussi une 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 ENEDIS¹², 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 :

¹² Anciennement ERDF

- 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 ou régulée en vitesse, échangeur thermique ou climatisation : une ventilation est requise *a minima* mais, selon les régions et environnements, un échangeur thermique, voire une climatisation est obligatoire pour pallier les variations climatiques et garantir le bon fonctionnement des équipements actifs. Des solutions de ventilation pilotée permettant la gestion du débit d'air en fonction des températures extérieures et intérieures montrent dans certaines conditions de meilleures performances et un fonctionnement plus silencieux qu'une climatisation pour une consommation électrique moindre ;
 - o le choix du type de refroidissement doit aussi tenir compte de l'étanchéité souhaitée de l'armoire contre la poussière (un échangeur thermique assure une étanchéité, ce qui n'est pas le cas d'une ventilation qui impose de changer fréquemment les filtres) ;
 - o un système de chauffage peut être nécessaire pour élever la température dans la plage de fonctionnement optimale des équipements ;
 - o 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 des armoires de rue actives sont présentées en comparaison des spécifications des armoires de rue passives.

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 EN 50272-2 (séparation des volumes, renouvellement d'air), 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 V2.4.1 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 NF 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	<i>A minima</i> , 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	<i>A minima</i> , IP 55 de la norme NF EN 60529
Chocs	<i>A minima</i> , IK 09 de la norme NF EN 62262	<i>A minima</i> , IK 09 de la norme NF EN 62262
Dimensions du contenant	À étudier ultérieurement	À étudier ultérieurement
Installation & mise en service	<p>Limitation des effets des radiations solaires:</p> <ul style="list-style-type: none"> - armoire de couleur claire par exemple : RAL9001 (blanc crème), RAL1015 (ivoire clair), RAL7035 (gris clair) - en zone de préférence non exposée en permanence 	<p>Limitation des effets des radiations solaires:</p> <ul style="list-style-type: none"> - armoire de couleur claire par exemple : RAL9001 (blanc crème), RAL1015 (ivoire clair), RAL7035 (gris clair) - en zone de préférence non exposée en permanence
Habilitation des personnes	Habilitation électrique selon guide NF 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 ENEDIS 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 NF C 18-510	N/A
Evolutivité dans le temps		
Autre		

Annexe 3. Recommandations liées à l'implantation des PM en armoire de rue

Accessibilité :

Le PM doit être accessible 24h/24h et 7J/7J. Pour cela, il est recommandé de privilégier un positionnement en domaine public. En cas de positionnement en domaine privé ou dans une enceinte, il est nécessaire de s'assurer que les accès à la parcelle ou au bâtiment sont possibles et les procédures et moyens d'accès identifiés dans le compte-rendu de mise à disposition du PM (CR MAD).

L'ouverture des portes doit pouvoir se faire de façon permanente. Pour cela, il est recommandé :

- D'éviter les zones de stationnement (prévoir un balisage adapté : arceau de protection de mobilier urbain, marquage au sol)
- D'éviter dans la mesure du possible la zone du marché,
- De prendre en compte le risque d'enneigement (armoire à abriter, installation en intérieur)

L'emplacement du PM doit garantir l'accessibilité de l'armoire de rue et la sécurité des intervenants. En particulier, il est recommandé de prévoir une place de stationnement sécurisée à proximité immédiate. Pour assurer des conditions d'intervention sans danger, il est recommandé de prévoir le recul nécessaire pour l'ouverture des portes (l'intervenant ne doit pas se mettre sur la chaussée pour intervenir dans l'armoire). Enfin, il est conseillé d'éviter les zones piétonnières et passantes (par exemple un centre-ville historique).

Pérennité du site :

L'emplacement retenu pour l'implantation du PM doit être garanti dans le temps. En particulier, il est préconisé de prendre en compte les zones inondables et de ne pas y implanter d'armoire.

Il est conseillé de faire valider, notamment en cas de doute, que l'emplacement n'est pas en périmètre de protection des monuments historiques nécessitant un avis des Architectes des Bâtiments de France avant toute construction, ou, le cas échéant, de demander les autorisations nécessaires au préalable.

Il est recommandé d'analyser le PLU afin de prendre en compte les risques de rénovation urbaine.

Enfin il est nécessaire d'anticiper, dans la mesure du possible, les risques d'élargissement de voie.

Limiter les risques matériels :

L'emplacement retenu doit tenir compte des risques potentiels d'endommagement ou de destruction.

Pour éviter les risques de vandalisme en zone sensible, il n'est pas forcément recommandé de choisir l'emplacement optimum en terme d'accès au réseau existant, ou au centre de la zone.

Il est conseillé de s'éloigner au maximum d'une voie de circulation rapide (par exemple dans le cas d'une route départementale, prévoir de s'implanter au minimum à 4 m de la bordure de la chaussée).

Il est recommandé d'éviter les zones accidentogènes (rond point ,virage,...).

Il est déconseillé d'installer un PM au bord d'un trottoir dos à la route.

Il est préconisé de mettre en œuvre des dispositifs de protection sur les zones de stationnement (sauvage), les parkings, les places de marché, etc.

Enfin, il est recommandé d'éviter les zones de ruissellement et de ravinement, d'éviter les fortes pentes et la construction à proximité d'un fossé.

Conclusion :

Il est conseillé d'identifier au préalable plusieurs emplacements au sein d'une zone PM en tenant compte de ces différents critères et des infrastructures mobilisables, puis de monter une réunion technique sur place avec un représentant de la commune (le maire idéalement).

Annexe 4. Caractéristiques des cordons utilisés

Les cordons fibres optiques installés en environnement protégé (OP – Outdoor Protected, OP+ ou OP^{HD}, voir tableau ci-dessous), dans des armoires, coffrets ou boîtiers, respecteront les spécifications suivantes.

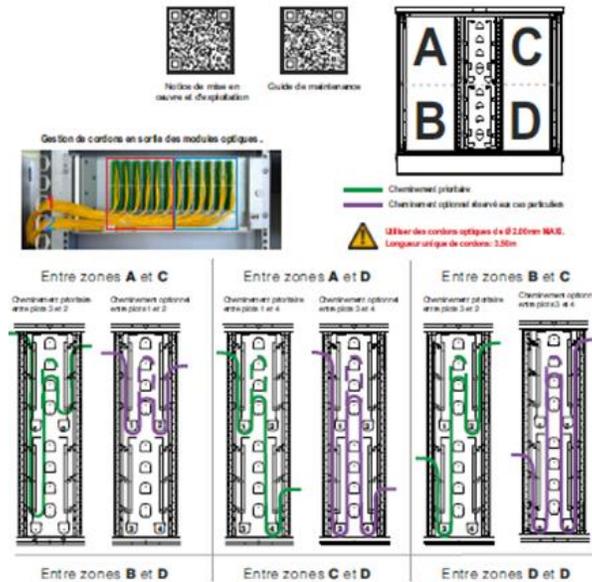
Cordons	NF EN 61753-1 Ed2
---------	-------------------

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 fibre B-657.A2 (EN 60793-2-50 édition 2019, correspondant à ITU-T G.657.A2) permettant de sécuriser la plage de transmission 1260-1625nm jusqu'à des rayons de courbure aussi faible que 7,5 mm.*

Connecteurs fibroniques, connexions montables sur le terrain, épissures mécaniques, protecteurs d'épissures par fusion, composants optiques passifs et systèmes de gestion de fibres		
Catégorie de qualité de fonctionnement	Description	Environnement de service ou de fonctionnement
C	Environnement intérieur contrôlé	<p>Température de fonctionnement: -10 °C à $+60\text{ °C}$</p> <p>Humidité relative: 5 % à 93 %</p> <p>Emplacements protégés contre les intempéries, partiellement thermorégulés.</p> <p>Généralement à l'intérieur d'un bureau, d'une maison, d'un bâtiment, d'un garage intérieur, d'une cave, d'un local technique, d'un centre de télécommunication ou enfermé dans un boîtier de protection intérieure de catégorie C. Non soumis à la condensation.</p>
OP	Environnement extérieur protégé	<p>Température de fonctionnement: -25 °C à $+70\text{ °C}$</p> <p>Humidité relative: 0 % à 95 %</p> <p>Emplacements protégés contre les intempéries, sans thermorégulation.</p> <p>Généralement à l'extérieur, mais enfermé ou couvert.</p> <p>Emplacements: cabanes, greniers, cabines téléphoniques, entrées des bâtiments, garage ouvert, locaux techniques sans surveillance, armoires d'environnement urbain ou enfermé dans des boîtiers de protection de catégories A, G ou S.</p> <p>Soumis au brouillard salin, à la condensation et à des précipitations limitées dues au vent. A proximité immédiate du sable ou de la poussière.</p>
OP+	<p>Environnement extérieur protégé</p> <p>Identique à OP, mais avec une plage de température de fonctionnement étendue pour le froid, la chaleur sèche et les variations de température pour couvrir les climats froids et extrêmement chauds. Essai de condensation supplémentaire</p>	<p>Température de fonctionnement: -40 °C à $+75\text{ °C}$</p> <p>Humidité relative: 0 % à 95 %</p> <p>Emplacements protégés contre les intempéries, sans thermorégulation.</p> <p>Généralement à l'extérieur, mais enfermé ou couvert.</p> <p>Emplacements: cabanes, greniers, cabines téléphoniques, entrées des bâtiments, garage ouvert, locaux techniques sans surveillance, armoires d'environnement urbain ou enfermé dans des boîtiers de protection de catégories A, G ou S.</p> <p>Soumis au brouillard salin, à la condensation et à des précipitations limitées dues au vent. A proximité immédiate du sable ou de la poussière.</p>
OPHD	<p>Environnement extérieur protégé avec dissipation de chaleur supplémentaire.</p> <p>Identique à la catégorie OP, mais avec une limite de température de fonctionnement supérieure plus élevée pour la chaleur sèche et les variations de température.</p>	<p>Température de fonctionnement: -25 °C à $+85\text{ °C}$</p> <p>Humidité relative: 0 % à 95 %</p> <p>Emplacements protégés contre les intempéries, sans thermorégulation.</p> <p>Généralement à l'extérieur, mais enfermé ou couvert.</p> <p>Emplacements: cabanes, greniers, cabines téléphoniques, entrées des bâtiments, garage ouvert, locaux techniques sans surveillance, armoires d'environnement urbain ou enfermé dans des boîtiers de protection de catégories A, G et S.</p> <p>Soumis au brouillard salin, à la condensation et à des précipitations limitées dues au vent. A proximité immédiate du sable ou de la poussière.</p>

Note :

- Pour les PM en armoire de rue, il est recommandé d'utiliser des longueurs standards de cordons de 3,5 m en PM 2x28U ou de 4 m en PM 2x40U afin d'en simplifier la logistique.
- L'utilisation de cordons ayant des diamètres de 1,6mm 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.
- La méthodologie de câblage des cordons dans les PM est synthétisée sur une fiche plastifiée affichée dans la porte intérieure de l'armoire décrivant le cheminement en W à respecter ainsi que la gestion des anneaux plastiques verticaux. Cette méthodologie garantit une exploitation optimale des PM avec des cordons aux caractéristiques dimensionnelles décrites ci-dessus.



Exemple de principe de câblage pouvant être affiché dans une armoire de rue

Annexe 5. Classe des connecteurs utilisés pour les réseaux FttH

Définition du connecteur optique :

Il est constitué de deux fiches montées sur la fibre optique de chaque câble et d'un raccord (également appelé corps de traversée ou adaptateur).

La connexion sur un appareil est réalisée via un raccord intégré qui reçoit la fiche issue du câble.

Cette définition complète les définitions de la CEI 60874-1 §3.14 et §3.15

Connecteur SC/APC :

Le connecteur SC APC est par convention, identifié par sa couleur verte. Ses caractéristiques et fonctions sont :

- Verrouillage mécanique des 2 fiches dans le raccord, assuré via un système encliquetable de type PUSH/PULL.
- Contact physique des cœurs optiques, assuré grâce à un ressort situé à l'arrière des férules en céramique, dont le diamètre est de 2,5mm, polies en extrémité avec un angle de 8° pour garantir une surface de contact de qualité.
- Alignement des cœurs optiques, assuré par le centrage de la fibre dans la férule et l'alignement des férules dans le centreur du raccord.
- Protection contre les agressions extérieures (pollution ambiante, rayures etc...)

Performances optiques du connecteur :

- IL : pertes d'insertion, exprimées en décibel (dB), aussi appelées atténuation (IL : Insertion Loss), doivent être le plus proche possible de 0 dB,
- RL : Perte par réflexion, exprimée en décibel (dB), aussi appelée réflectance (RL : Return Loss), doit être la plus grande possible. Les meilleures performances de RL sont obtenues avec le type APC.

Les connecteurs sont classés en fonction des performances IL (Grade A à D) et RL (Grade 1 à 4)

Ces grades sont définis dans la NF EN 61753-1 Ed 2 (2019) et sont résumés dans le tableau ci-après.

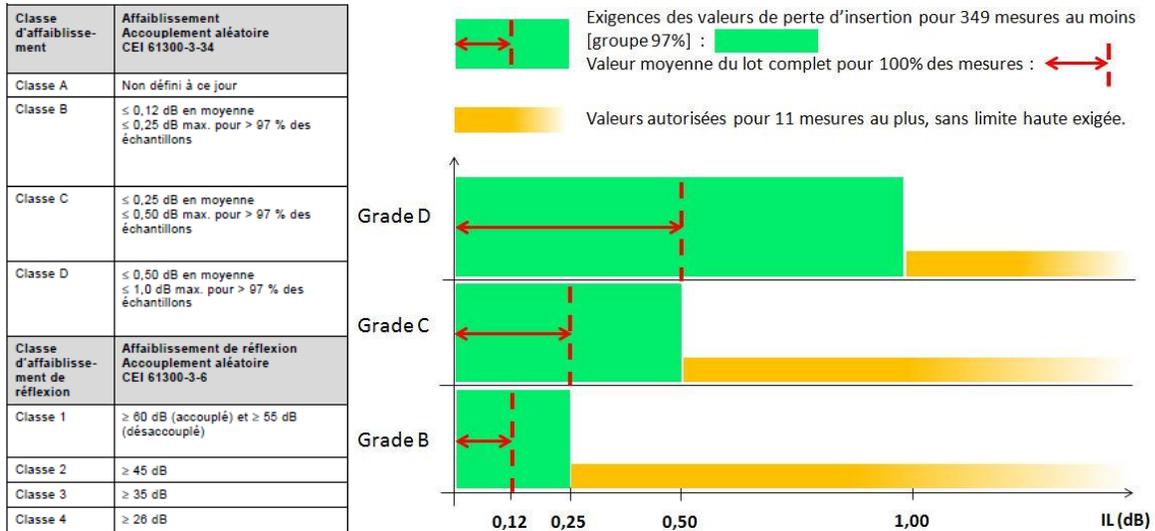
Il est à noter que ces grades sont définis par rapport à des méthodes de mesures normalisées. En particulier pour la mesure de IL, la NF EN 61300-3-34 permet de définir une qualité de fabrication sur un lot (10 cordons soit 20 fiches → 360 mesures) selon 2 paramètres statistiques (Moyenne sur l'ensemble des mesures et Max sur 97 % de l'ensemble des mesures).

La mesure de l'IL par brassage selon la norme NF EN 61300-3-34 n'est matériellement pas applicable sur le terrain car les connecteurs sont reliés au réseau et donc ne sont plus accessibles à la méthode de mesure elle-même.

Les valeurs de grade IL ne sont en aucun cas des valeurs de recette : les valeurs de grade IL indiquent un niveau de qualité du matériel livré.

Dans le cadre d'une recette les valeurs IL sont à définir par les contractants en cohérence avec le matériel installé.

Généralement, seule la mesure avec un cordon de référence (master) est possible. On définit alors un maxi autorisé par connecteur et éventuellement une moyenne sur les mesures réalisées.



Environnement d'utilisation des connecteurs SC/APC :

- Les tests de qualification des connecteurs doivent être adaptés à l'environnement dans lequel ils sont susceptibles d'être utilisés
- Environnements usuels (suivant NF EN 61753-1 Ed 2 (2019): C (Contrôlé) et OP, OP+ ou OP^{HD} (Extérieur protégé)

Connecteurs fibroniques, connexions montables sur le terrain, épissures mécaniques, protecteurs d'épissures par fusion, composants optiques passifs et systèmes de gestion de fibres		
Catégorie de qualité de fonctionnement	Description	Environnement de service ou de fonctionnement
C	Environnement intérieur contrôlé	<p>Température de fonctionnement: -10 °C à $+60\text{ °C}$</p> <p>Humidité relative: 5 % à 93 %</p> <p>Emplacements protégés contre les intempéries, partiellement thermorégulés.</p> <p>Généralement à l'intérieur d'un bureau, d'une maison, d'un bâtiment, d'un garage intérieur, d'une cave, d'un local technique, d'un centre de télécommunication ou enfermé dans un boîtier de protection intérieur de catégorie C. Non soumis à la condensation.</p>
OP	Environnement extérieur protégé	<p>Température de fonctionnement: -25 °C à $+70\text{ °C}$</p> <p>Humidité relative: 0 % à 95 %</p> <p>Emplacements protégés contre les intempéries, sans thermorégulation.</p> <p>Généralement à l'extérieur, mais enfermé ou couvert.</p> <p>Emplacements: cabanes, greniers, cabines téléphoniques, entrées des bâtiments, garage ouvert, locaux techniques sans surveillance, armoires d'environnement urbain ou enfermé dans des boîtiers de protection de catégories A, G ou S.</p> <p>Soumis au brouillard salin, à la condensation et à des précipitations limitées dues au vent. A proximité immédiate du sable ou de la poussière.</p>
OP+	Environnement extérieur protégé Identique à OP, mais avec une plage de température de fonctionnement étendue pour le froid, la chaleur sèche et les variations de température pour couvrir les climats froids et extrêmement chauds. Essai de condensation supplémentaire	<p>Température de fonctionnement: -40 °C à $+75\text{ °C}$</p> <p>Humidité relative: 0 % à 95 %</p> <p>Emplacements protégés contre les intempéries, sans thermorégulation.</p> <p>Généralement à l'extérieur, mais enfermé ou couvert.</p> <p>Emplacements: cabanes, greniers, cabines téléphoniques, entrées des bâtiments, garage ouvert, locaux techniques sans surveillance, armoires d'environnement urbain ou enfermé dans des boîtiers de protection de catégories A, G ou S.</p> <p>Soumis au brouillard salin, à la condensation et à des précipitations limitées dues au vent. A proximité immédiate du sable ou de la poussière.</p>
OPHD	Environnement extérieur protégé avec dissipation de chaleur supplémentaire. Identique à la catégorie OP, mais avec une limite de température de fonctionnement supérieure plus élevée pour la chaleur sèche et les variations de température.	<p>Température de fonctionnement: -25 °C à $+85\text{ °C}$</p> <p>Humidité relative: 0 % à 95 %</p> <p>Emplacements protégés contre les intempéries, sans thermorégulation.</p> <p>Généralement à l'extérieur, mais enfermé ou couvert.</p> <p>Emplacements: cabanes, greniers, cabines téléphoniques, entrées des bâtiments, garage ouvert, locaux techniques sans surveillance, armoires d'environnement urbain ou enfermé dans des boîtiers de protection de catégories A, G et S.</p> <p>Soumis au brouillard salin, à la condensation et à des précipitations limitées dues au vent. A proximité immédiate du sable ou de la poussière.</p>

- Sauf s'il est clairement démontré que le connecteur sera uniquement utilisé en environnement C, il convient de le qualifier selon les préconisations de l'environnement OP, OP+ ou OP^{HD}.
- Il conviendra de s'assurer que le connecteur a passé l'ensemble des tests préconisés, avec leurs critères de sévérité associés, par la norme NF EN 61753-1, pour l'environnement considéré. Ces tests sont définis par les normes NF-EN 61300-X-Y.

Précaution d'entretien des connecteurs SC/APC :

Il est important de maintenir un parfait état de propreté du connecteur sur toute sa durée de vie afin de conserver une qualité de liaison optique optimum (IL et RL). Toutes salissures, altérations des fiches et/ou du raccord engendrent des pertes d'insertion supplémentaires qui viennent se rajouter aux pertes d'insertion d'origine ainsi qu'une dégradation du RL.

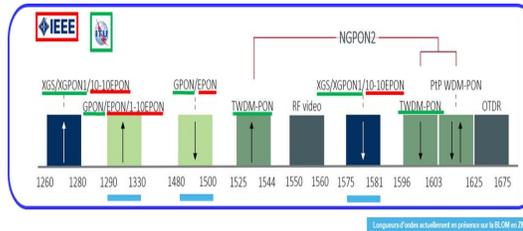
Recommandation :

Dans le cadre des applications FttH et dans le but de respecter les budgets optiques de liaison, il est recommandé de mettre en œuvre des connecteurs de type SC/APC de grade C1 au minimum pour un environnement OP (Extérieur protégé) au minimum.

Annexe 6. 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. Ce tableau a été complété pour prendre en compte les solutions PON de nouvelle génération.

Éléments constitutifs de la BLOM



N.B. : les technologies post 10G ne sont pas prises en compte

Longueurs d'onde 1260 1310 1490 1534.5 1578 1599.5 1614 1625 nm

Connecteurs & Epissures

Fiche + pigtail	SC/APC - Grade C1	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	dB	ETS 300 681
Connecteur	SC/APC - Grade C1	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	dB	
Epissure	Fusion	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	dB	
	Mécanique	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	dB	

Éléments de co-existence (non connectorisés)

WDMtr	GPON → Sortie	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	dB	Norme G.984.5
	NGA → Sortie	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	dB	Norme G.984.5
CEX	GPON → Sortie	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	dB	Norme G.984.5
	XG-PON1 → Sortie	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	dB	Norme G.984.5
	NG-PON2 → Sortie	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	dB	Norme G.984.5
CEMx	GPON → Sortie	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	dB	Norme G.984.5
	XG-PON1 → Sortie	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	dB	Norme G.984.5
	TWDM-PON → Sortie	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	dB	Norme G.984.5
	PIP WDM-PON → Sortie	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	dB	Norme G.984.5
WM		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	dB	Normalisation en cours G989.2

Coupleurs optiques (non connectorisés)

Base : norme IEC 61753-031-3 édition 2 - Classe B - Bande spectrale I / Valeurs maximales

Ratios	1:64	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	dB	
	1:32	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	dB	
	1:16	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	dB	
	1:8	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	dB	
	1:4	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	dB	
	2:2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	dB	
	1:2	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	dB	

Fibres (en câble)

Atténuation linéique	G.657-A2 (valeur max de la norme)	0.47	0.40	0.40	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40	dB/km	
	G.657-A2 (valeur max typique)	0.42	0.35	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	dB/km	validé par le Comité Expert Fibre
Sensibilité vieillissement	G.657-A2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	dB/km	validé par le Comité Expert Fibre
Atténuation linéique totale	norme G657-A2	0.47	0.4	0.4	0.3	0.4	0.41	0.41	0.41	dB/km	
	G.657-A2 (Typ.)	0.42	0.35	0.25	0.25	0.25	0.26	0.27	0.27	dB/km	validé par le Comité Expert Fibre

Marges

Longueurs d'onde 1260 1310 1490 1534.5 1578 1599.5 1614 1625 nm

Sources	Vieillessement actif	0	0	0	0	0	0	0	0	dB	
	Vieillessement BLO (exploitation/maintenance) : pollution connecteur 3 * 0.14dB pour caractériser l'impact de la variation en T° des 3 connecteurs optiques d'un PMZ extérieur	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	dB	
	Vie du Réseau (VDR) : 5 soudures sur la vie de réseau même type de fibre	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	dB	

Annexe 7. Caractéristiques des fibres utilisées.

Les fibres optiques utilisées respecteront la norme NF 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 B-657.A2 (EN 60793-2-50 édition 2019, correspondant à ITU-T G.657.A2) permettant de sécuriser la plage de transmission 1260-1625nm jusqu'à des rayons de courbure aussi faible que 7,5 mm.

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 8. Caractéristiques des câbles utilisés

Les câbles de fibres optiques déployés respecteront les spécifications suivantes :

<p>Type de câble de distribution ou de branchement en intérieur</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Selon réglementation en vigueur quant à son comportement au feu (arrêté sécurité du 03 août 2016) - Ils doivent répondre au Règlement Produits de Construction (RPC). Ils seront à minima de classe Cca s1, d1, a1 ou Dca S2, d2, a2 selon le type de bâtiment et les conditions d'influence (voir Guide Sycabel : « Règlement produits de construction appliqué aux câbles ») - Il est d'autre part conforme à la série NF EN 60794-2. - XP C 93-850-2-22, Câbles à fibres optiques – Partie 2-22 : Spécification particulière – Câble optique de branchement à usage intérieur - XP C 93-925-2-23 Câbles à fibre optique partie 2-23 - spécifications particulière – Câbles de branchement pour pose en conduite par poussage à usage intérieur (en cours d'édition) - XP C 93-850-2-25 Câbles à fibres optiques – Partie 2-25 : spécification particulière – Câbles de distribution d'intérieur à éléments de base ou micromodules adaptés au piquage tendu
<p>Type de câble de distribution ou de branchement en extérieur</p>	<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 93-850-3-25, Câbles à fibres optiques - Partie 3-25: Spécification particulière - Câbles de distribution à usage extérieur, en aérien ou en souterrain –
<p>Type de câble de distribution ou de branchement mixte intérieur ou extérieur</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 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)
<p>Type de câble de transport</p>	<p>En cours d'édition : XP C 93-850-3-25 Ed2, Câbles à fibres optiques – Partie 3-25 : Spécification particulière – Câbles de transport et distribution à usage extérieur, en aérien ou en souterrain</p>

*NOTA : Norme expérimentale XP ; norme française nécessitant une période d'expérimentation ou de mise à l'épreuve et qui, dans un délai maximal de 3 ans, est examinée pour être homologuée, remise à l'étude ou supprimée.

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 :

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

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

Caractéristiques des armements ainsi que des dispositifs d'ancrage et de suspension des câbles pour le déploiement aérien

Considérant la pérennité et la fiabilité du réseau à long terme, il est essentiel que les armements et ancrages soient adaptés et qualifiés pour le réseau sur lequel ils vont être déployés. Il appartient à l'opérateur déployant les matériels de vérifier s'ils sont conformes aux règles d'ingénieries et le cas échéant, aux règles de partage définies par les propriétaires d'appuis ou supports ceci spécifiquement selon l'environnement (longueur portée, topologie et conditions climatiques de la zone géographique). De la même manière, il lui appartient de vérifier avec le fournisseur du câble ou d'accessoires, la compatibilité du couple câble/ancrage pour les conditions climatiques et les paramètres de pose de la ligne considérée.

Cette compatibilité peut être vérifiée en pratiquant les essais de qualification de ces couples selon les propres spécifications de l'opérateur ou à défaut selon les essais ci-après de la norme NF EN 60794-1-21 :

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

- Essais de traction, méthode E1 ;
- Essais de vibration éolienne, méthode E19.

NOTA 1 : En cas de pose de câbles de fibres optiques à proximité de lignes électriques HTB, 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).

NOTA 2 : En cas de déploiements sur les supports HTA, dont les portées peuvent être assez longues, les lignes peuvent être soumises à des risques associés aux facteurs éoliens. Les moyennes et plus particulièrement les longues portées sont sensibles à deux phénomènes éoliens très différents : le vibratoire et le galloping. Ce risque doit être évalué en fonction des conditions climatiques.

Les essais de compatibilité de vibration éolienne selon la norme NF EN 60794-1-2 Méthode E19 ne garantissent en rien une immunité de la ligne face à ces deux phénomènes éoliens.

Annexe 9. 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, un repérage supplémentaire tel que des tirets est rajouté . Ce repérage peut être ajouté 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 10. Caractéristiques des PBO

En souterrain :

Les PBO déployés en souterrain dans des chambres de génie civil doivent respecter la norme AFNOR XP C 93-923-2-2 : *Boîtier pour point de branchement optique - Partie 2-2: Usage extérieur - En chambre ou au niveau du sol (Environnement G)*. L'environnement d'utilisation « G » correspond à un niveau d'installation par rapport au sol compris entre -1 m et + 3m.

En aérien :

Les PBO déployés en aérien, sur poteaux ou sur façade, doivent généralement respecter la norme AFNOR XP C 93-923-2-1 : *Boîtier pour point de branchement optique - Partie 2-1: Usage extérieur - En aérien (Environnement A)*. L'environnement d'utilisation « A » correspond à un niveau d'installation au-dessus de 0 mètre à partir du sol, sans contrainte spécifique liée aux inondations.

En intérieur :

Les PBO déployés en intérieur doivent généralement respecter la norme AFNOR XP C 93-923-1 : *Boîtier pour point de branchement optique - Partie 1: Usage intérieur - (Environnement C)*. L'environnement d'utilisation « C » correspond à un niveau d'installation à l'intérieur d'un bureau, d'un local technique, d'un centre de télécommunications ou d'un bâtiment, non soumis à condensation.

Plage de diamètres de câble de branchement :

Comme stipulé dans les normes AFNOR XP C 93-923-1 , XP C 93-923-2-1 et XP C 93-923-2-2 (voir aussi **l'Annexe 18** sur la norme 61753-1), les PBO accueillent, sans adaptateurs particuliers, des câbles de branchement de diamètre compris dans les plages suivantes (la tolérance sur le diamètre des câbles étant déjà incluse dans ces plages) :

- [3,8 mm – 6,2 mm] pour les points de branchement optique (PBO) étanches pour environnement Catégorie G (-1 m et + 3m) ou les points de branchement optique (PBO) aérien pour environnement Catégorie A (au dessus du sol);
- [2,8 mm – 5,2 mm] pour les points de branchement optique (PBO) intérieur pour environnement Catégorie C.

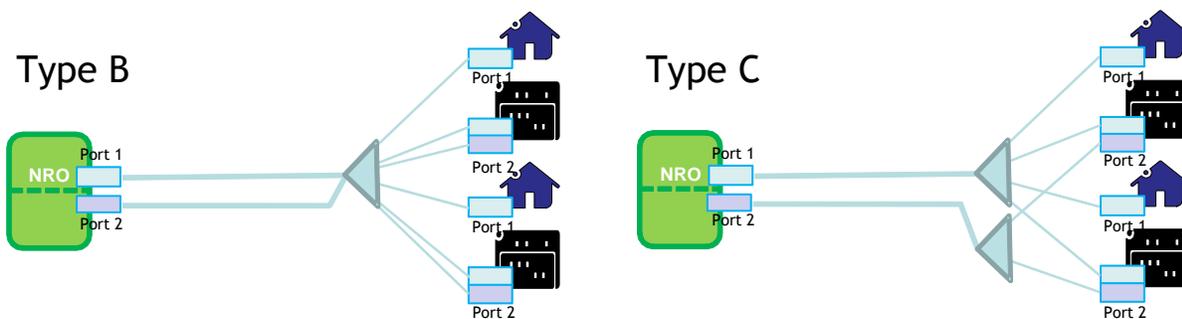
Les plages ci-dessus correspondent aux exigences des normes ; les plages acceptées par les produits peuvent éventuellement être plus larges que ces minima.

Annexe 11. 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'	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	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)	Couverture des entreprises souhaitant un haut niveau de disponibilité, à un prix abordable (PM couvrant des ZAE)
Type C 'Full Duplex'	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)	Nécessite un complément d'espace 'coupleur' au PM Coût élevé si implémenté pour tous les usagers	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 :

Connecteurs fibroniques, connexions montables sur le terrain, épissures mécaniques, protecteurs d'épissures par fusion, composants optiques passifs et systèmes de gestion de fibres		
Catégorie de qualité de fonctionnement	Description	Environnement de service ou de fonctionnement
 C	Environnement intérieur contrôlé	Température de fonctionnement: -10 °C à +60 °C Humidité relative: 5 % à 93 % Emplacements protégés contre les intempéries, partiellement thermorégulés. Généralement à l'intérieur d'un bureau, d'une maison, d'un bâtiment, d'un garage intérieur, d'une cave, d'un local technique, d'un centre de télécommunication ou enfermé dans un boîtier de protection intérieur de catégorie C. Non soumis à la condensation.
	OP	Environnement extérieur protégé
 OP+	Environnement extérieur protégé Identique à OP, mais avec une plage de température de fonctionnement étendue pour le froid, la chaleur sèche et les variations de température pour couvrir les climats froids et extrêmement chauds. Essai de condensation supplémentaire	Température de fonctionnement: -40 °C à +75 °C Humidité relative: 0 % à 95 % Emplacements protégés contre les intempéries, sans thermorégulation. Généralement à l'extérieur, mais enfermé ou couvert. Emplacements: cabanes, greniers, cabines téléphoniques, entrées des bâtiments, garage ouvert, locaux techniques sans surveillance, armoires d'environnement urbain ou enfermé dans des boîtiers de protection de catégories A, G ou S. Soumis au brouillard salin, à la condensation et à des précipitations limitées dues au vent. A proximité immédiate du sable ou de la poussière.

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 12. Protection des réseaux point-à-point.

Opportunité de cette annexe à déterminer.

Annexe 13. Recommandations techniques : Interopérabilité dans les PBO connectorisés

1. Objet de l'annexe

Cette annexe définit les conditions techniques minimales auxquels doivent répondre les drops connectorisés pour permettre leur utilisation avec tous les PBO connectorisés qui seront déployés dans les réseaux FttH. Le domaine d'emploi de ces recommandations techniques est limité aux PBO aériens et aux PBO façade.

Ces recommandations ne définissent pas une spécification technique complète mais permettent simplement de garantir l'interopérabilité. Chaque opérateur devra définir ses spécifications et valider la solution avec ses fournisseurs.

2. Objectifs principaux

Les objectifs principaux de cette zone d'interopérabilité sont :

- Permettre le raccordement des clients à l'aide de câbles de branchement connectorisés avec comme conditions :
 - Câble connectorisé d'un seul côté avec une fiche «SC/APC» standard (par opposition au Hardened Connector).
 - Pas de stress mécanique sur la connectique (Fiches + raccord).
- Permettre, pour des raisons de maintenance, de mesure ou autres, les interventions sur les drops (connexion/déconnexion) si possible sans désarrimage.

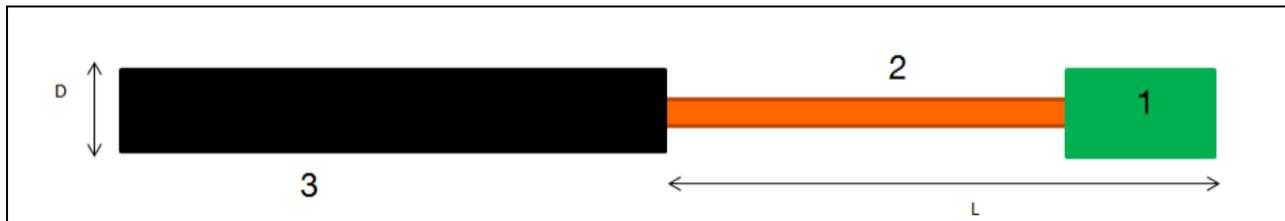
3. Les drops connectorisés

- Ces drops sont constitués d'un câble connectorisé SC/APC à une extrémité.
- Ils sont conçus pour un usage extérieur (ou intérieur/extérieur), installés en façade et/ou aérien et/ou souterrain.
- Leur utilisation doit être garantie à minima dans la plage [-25°C ; +70°C]
- Ils peuvent être à simple ou à double gaine. A cet égard, le revêtement 900µm de la fibre ne peut être considéré comme une gaine intérieure
- Leur diamètre extérieur doit être compris entre 3 mm et 5mm pour les câbles simple-gaine et jusqu'à 6,2mm pour les câbles double-gaine.
- Leur arrimage dans le PBO se fait sur la gaine extérieure et éventuellement avec les renforts mécaniques préparés.
- La fiche SC/APC peut être soit de type «montée en usine» ou « montage terrain» (FMC).
- La connectivité peut se faire sur :
 - La gaine extérieure
 - La gaine intérieure
 - le revêtement 900µm (à structure serrée) de la fibre s'il est démontré que celle-ci est compatible avec les contraintes d'exploitation.

3.1. Cas du DROP avec un câble double gaine

Le câble est constitué d'une gaine intérieure souple abritant la fibre. L'ensemble est protégé par une gaine extérieure.

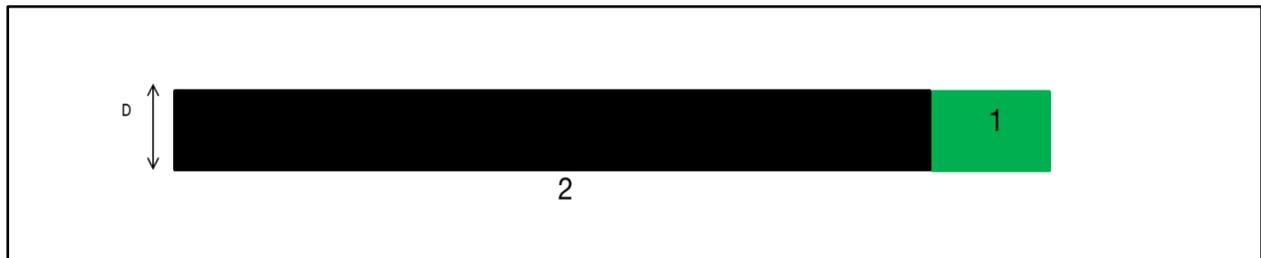
- Le diamètre de la gaine intérieure (2) est compris entre 1,6mm et 3,2mm.
- La connectivisation se fait sur la gaine intérieure.
- Cette gaine intérieure connectivisée doit être laissée nue sur une longueur de 20cm (L) fiche comprise
- La transition entre la gaine intérieure et la gaine extérieure doit être protégée contre les contraintes mécaniques telles que les pliures, à l'interface gaine extérieure/sous gaine. Cette protection peut se faire par l'intermédiaire d'un élément de jonction.



3.2. Cas du DROP avec câble simple gaine

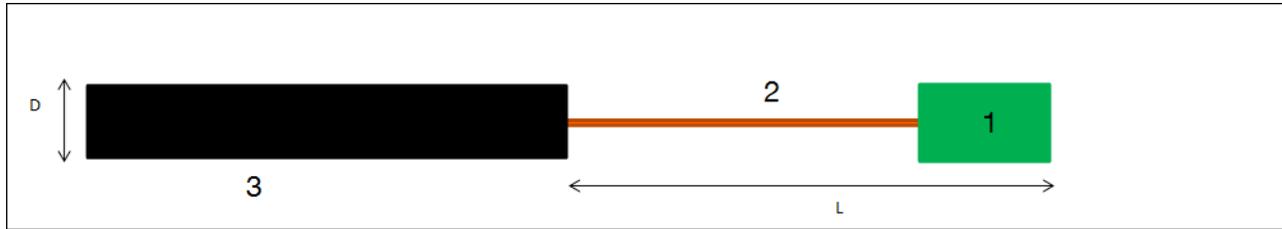
3.2.1. La connectivisation sur la gaine extérieure

- Le câble comporte une seule gaine, souple et non polarisée
- Le diamètre de la gaine extérieur est $\leq 5\text{mm}$
- La connectivisation se fait sur la gaine extérieure ou sur le revêtement $900\mu\text{m}$ de la fibre



3.2.2. La connectivisation sur le $900\mu\text{m}$

- Le $900\mu\text{m}$ connectivisé doit être laissé nu sur une longueur de 20cm (L) fiche comprise
- La transition entre la gaine et le $900\mu\text{m}$ doit être protégée contre les contraintes mécaniques telles que les pliures, à l'interface gaine extérieure/ $900\mu\text{m}$. Cette protection peut se faire par l'intermédiaire d'un élément de jonction.



3.3. La connectivité

D'une manière générale, la connectivité doit répondre aux exigences de la norme IEC 61753-1 ED2.

3.3.1. Type montage usine

- Catégorie climatique : à minima OP (-25°C à +70°C) au sens du projet de norme IEC 61753-1 ED2
- Tenue mécanique de la fiche sur le câble :
 - Traction du câble sur le connecteur : rétention du câble sur le connecteur (IEC 61300-2-4) :
 - $D < 4 \text{ mm}$: $F = 70 \text{ N}$
 - $D \geq 4 \text{ mm}$: $F = 100 \text{ N}$
 - Torsion, valeur selon IEC 61300-2-5 :
 - $< 2,5 \text{ mm}$: $F = 15 \text{ N}$
 - de 2,5 à 4 mm : $F = 25 \text{ N}$
 - $D \geq 4 \text{ mm}$: $F = 40 \text{ N}$
 - Test de charge statique en sortie de connecteur (IEC 61300-2-50)
 - $\leq 2 \text{ mm}$: $F = 15 \text{ N}$
 - $D > 2 \text{ mm}$: $F = 25 \text{ N}$
- Caractérisation du boot arrière de la fiche : ce boot doit permettre une protection de la transition fiche-câble lors de la déconnexion (éviter les pliures)
 - Essai de mise en œuvre : connexion et déconnexion au PBO sans pliure
 - Essai selon IEC61300-2-44 : « Flexing of the strain relief of fibre optic devices »
 - Essai selon IEC 61300-2-42 : « Static side load »

3.3.2. Type montage Terrain (Field Mountable Connector - FMC)

- Catégorie climatique : à minima OP (de -25°C à +70°C)
- Tenue mécanique de la fiche sur le câble :
 - Traction du câble sur le connecteur : rétention du câble sur le connecteur (IEC 61300-2-4) :
 - $D = 900 \mu\text{m}$: $F = 5,0 \text{ N}$ **pendant 60 s.**
 - Torsion, valeur selon IEC 61300-2-5 :
 - $900 \mu\text{m}$: $F = 2,0 \text{ N}$ **25 cycles à +/- 180°**
- Caractérisation du boot arrière de la fiche : ce boot doit permettre une protection de la transition fiche-câble lors de la déconnexion (éviter les pliures)
 - Essai de mise en œuvre : connexion et déconnexion au PBO sans pliure
 - Essai selon IEC 61300-2-42 : « Static side load »

Annexe 14. Normes applicables aux raccordements en colonne montante et aux réseaux résidentiels

1. Normes de câblage et de contrôle

1.1. Normes concernant les installations électriques basse tensions

Les normes NF C 15-100-x fixent les exigences relatives aux installations électriques basse tension dans les locaux d'habitation. Plusieurs évolutions récentes (août 2016) ont concerné la sécurité des installations électriques (titre 10) et les réseaux de communication des logements (titre 11). La norme définit notamment l'Espace Technique Electrique du Logement (ETEL) qui est destiné à recevoir la Gaine Technique du Logement (GTL). Pour le réseau de communication, elle impose la présence d'un tableau de communication et définit le câblage résidentiel à paire torsadée.

Cette norme est complétée par un guide UTE C 15-900 relatif à la cohabitation entre réseaux de communications et d'énergie.

1.2. Normes des systèmes de communication¹⁴

Plusieurs normes expérimentales ont été publiées, ces normes sont en phase expérimentale finale avant classification NF et sont applicables en France, elles font l'objet de référencement aux niveaux Européens :

- Norme AFNOR XP C 90-483 est intitulée « système de câblage résidentiel des réseaux de communication ». Cette norme spécifie les exigences relatives à l'ingénierie et aux spécifications des produits. Son application assure la conformité à l'arrêté du 3 août 2016 traitant des réseaux de données dans le domaine résidentiel.
- La norme AFNOR XP C 90-486 Ed2 est intitulée « les colonnes de communication (réseau d'accès au logement ou local à usage professionnel) » (cette norme est publiée en novembre 2018 et remplace le guide UTE C90 486). Cette norme spécifie les exigences relatives à l'ingénierie et aux spécifications des produits utilisés dans les colonnes montantes des immeubles collectifs, des habitats individuels en lotissement ou en copropriété, des habitats individuels isolés.

2. Normes relatives aux produits

Les produits mis en œuvre dans les colonnes montantes font aussi l'objet de normes expérimentales¹ :

- Les dispositifs de terminaison intérieurs avec interface de connexion optique (DTiO) : norme AFNOR XP C 93-927
- Les câbles à fibres optiques de branchement :

¹⁴ Norme expérimentale XP : Norme française nécessitant une période d'expérimentation ou de mise à l'épreuve et qui, dans un délai maximal de 3 ans, est examinée pour être homologuée, remise à l'étude ou supprimée

- XP C 93-850-2-22, Câbles à fibres optiques – Partie 2-22 : Spécification particulière – Câble optique de branchement à usage intérieur
 - XP C 93-925-2-23, Câbles à fibres optiques – Partie 2-23 : Spécification particulière – Câble optique de branchement poussable à usage intérieur
 - 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 93-850-6-22, Câbles à fibres optiques – Partie 6-22 : Spécification particulière – Câble de branchement à usage mixte (intérieur et extérieur)
- Les câbles à fibres optiques de distribution :
 - XP C 93-850-3-25, Câbles à fibres optiques - Partie 3-25 : Spécification particulière - Câbles de distribution à usage extérieur, en aérien ou en souterrain
 - XP C 93-850-2-25 : Câbles à fibres optiques - Partie 2-25 : Spécification particulière - Câbles de distribution d'intérieur à éléments de base ou micromodules adaptés au piquage tendu
 - XP C 93-850-6-25 : Câbles à fibres optiques - Partie 6-25 : Spécification particulière - Câble de distribution à usage mixte (intérieur et extérieur)
- Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques
- Norme de performance en fonction des environnement d'utilisation voir tableau – NF EN IEC 61753-1 Ed2
 - Les boîtiers pour point de branchement optique (PBO):
 - XP C 93-923-1 : Point de branchement optique – Partie 1 : utilisation en intérieur – Catégorie C
 - XP C 93-923-2-1 : Point de branchement optique – Partie 2-1 : boîtier – Usage extérieur – En aérien (Environnement A)
 - XP C 93-923-2-2 Point de branchement optique – Partie 2-2 : boîtier – Usage extérieur – En chambre ou au niveau du sol (Environnement G)
 - Les Point de Raccordement Optique (intérieur), ZMD et ZTD strictement inférieur à 12 logements : norme AFNOR XP C 93-924-1 « Boîtiers pour points de raccordement - Partie 1: Usage intérieur » » (cette norme sera publiée en 2020)

3. Normes relatives aux recettes et repérages

- Le contrôle de la colonne de communications est effectué conformément à l'XP C 15-960.

Cette norme définit le contrôle de l'installation qui est réalisé en deux temps :

- Autocontrôle : l'installateur vérifie la bonne réalisation de l'installation conformément au cahier des charges,
 - Contrôle : il est réalisé par une tierce partie.
- La méthodologie pour le contrôle comporte trois niveaux :
- Niveau 1 : contrôle visuel et vérification
 - Niveau 2 : Qualification pour des applications spécifiques
 - Niveau 3 : Certification du câblage générique.
- Pour les essais de liens optiques en réflectométrie de niveau 3, il faut se référer à la norme IEC 61280-4-2/Ed2.
- Les instances internationales font référence à cette norme, notamment l'UIT-T ainsi que la norme ISO/IEC 14763-3 utilisée pour les essais sur les câblages optiques (définis dans la série ISO/IEC 11801-x).
 - Des fiches type d'autocontrôle sont données en annexe de la norme XP C 90 486.
 - Le contrôle optique, entre chaque DTlo et l'emplacement/local télécom associé, fait partie des exigences de la norme XP C 15-960,.
 - La mise à disposition du cahier de recettes doit être effectuée à l'achèvement des travaux et être disponible pendant une durée de 10 ans après l'achèvement des travaux.
 - Les conditions de transfert des documents de recette et de repérage associés sont à définir dans la convention entre l'opérateur d'immeuble et le propriétaire et/ou syndic.

Annexe 15. Recommandations Environnementales : Profil Environnemental Produit

1. Objet de l'annexe

Cette annexe définit le type de déclaration qu'il est recommandé d'établir sur les différents composants du réseau, pour permettre une évaluation de l'impact environnemental de ces composants.

Ces recommandations ne définissent pas une obligation systématique de déclaration mais permettent simplement de garantir qu'en cas de communication d'impact environnemental produit/composant, celle-ci soit basée sur une méthodologie commune et reconnue au niveau international.

Chaque maître d'ouvrage devra définir ses besoins en termes de déclarations environnementales avec ses fournisseurs.

2. Objectifs principaux

Les objectifs principaux de ces déclarations environnementales et de leur homogénéité sont :

- Permettre l'évaluation environnementale d'un système / réseau complet via une Analyse de Cycle de Vie.
- Permettre pour les maîtres d'ouvrage, d'identifier les composants ou étapes du cycle de vie du système/réseau les plus impactants d'un point de vue environnemental.
- Développer des systèmes/réseaux dit « eco-conçus », à savoir ayant un impact environnemental réduit par rapport à un système standard. Cette réduction d'impact pourra être quantifiée grâce aux déclarations environnementales fournies.

3. Les Déclarations Environnementales PEP (Profil Environnemental Produit)

L'Analyse de Cycle de Vie est une méthodologie normalisée (ISO14040-44) permettant de quantifier l'impact du produit sur son environnement. L'Analyse de Cycle de Vie est basée sur deux principes spécifiques :

- La prise en compte de toutes les étapes du cycle de vie des produits, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie du produit.
- Une approche multicritère permettant de quantifier l'impact environnemental sur l'air, les ressources, le sol et la santé humaine.

Le Programme PEP ecompassport® fournit un cadre de référence international et des procédures permettant aux producteurs d'équipements électriques, électroniques et de génie climatique de réaliser leur communication sous le format de déclarations environnementales de type III PEP (Profil Environnemental Produit) en conformité avec la norme NF EN ISO 14025.

Le programme PEP ecompassport® définit en particulier, outre les règles de vérification, d'édition et d'usage de la marque, les règles applicables aux catégories de produits, appelées PCR (Règles de définition des Catégories de Produits). Ces règles sont complétées par des règles spécifiques

additionnelles par familles de produit (PSR), qui donne en particulier la définition des unités fonctionnelles et les compléments par rapport aux règles communes (par exemple : scénario d'usage).

Pour les réseaux Telecom, les règles spécifiques à appliquer seront en particulier celles définies dans les PSR suivants :

- PSR0001 - Fils, câbles et matériels de raccordement
- PSR0005 - Solutions d'Appareillages Electriques

Ainsi, pour une famille de produits donnée, l'ensemble des présentes règles communes et des règles spécifiques additionnelles constituent un PCR pour cette famille au sens de la norme NF EN ISO 14025.

Chaque PEP sera vérifié par un vérificateur indépendant accrédité par le programme PEP ecopassport et enregistré sur la base de données PEP du programme.

4. Glossaire

ACV: Analyse du Cycle de Vie

PCR: Product Category Rules / Règle de définition de Catégories de Produit

PSR: Product Specific Rules / Règles Spécifiques aux produits

PEP: Product Environmental Profile – Profil Environnemental Produit

Annexe 16. SECURITE LIEE AUX RISQUES DE PRESENCE DE RAYONNEMENTS LASER

1. Rappel sur les normes

La norme NF EN 60825-1 Sécurité des appareils à laser, classification des matériels, prescription et guide de l'utilisateur. (Ed. 2008 en cours de remplacement par Ed. Octobre 2014, en vigueur jusqu'à juin 2019) *permet de classer les appareils à source laser selon les risques*

La norme NF EN 60825-2 /A1 /A2 Sécurité des appareils à laser, sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (Ed. Août 2005, amendement A2 janvier 2011) *définit les directives pour l'exploitation et la maintenance de la norme précédente appliquées aux systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO)*

2. Rappel sur les classes des lasers et leur dangerosité

Les niveaux de puissances maximum et les risques encourus délimitant les différentes classes dans le cadre des STFO suivant la norme NF EN 60825-2/A1/A2 sont récapitulés ci-dessous :

LONGUEUR D'ONDE ET FAMILLE DE FIBRE	CLASSE					
	1	1M	2	2M	3R	3B
633 nm - MMF	1,95 mW 3 dBm	3,9 mW 5,9 dBm	4,99 mW 7 dBm	10 mW 10 dBm	24,9 mW 14 dBm	500 mW
850 nm - MMF	3,88 mW 5,9 dBm	7,8 mW 8,9 dBm	-	-	19,9 mW 13 dBm	500 mW
1310 nm - MMF	77,8 mW 18,9 dBm	156 mW 21,9 dBm	-	-	399 mW 26 dBm	500 mW
1310 nm - SMF	25,8 mW 14,1 dBm	42,8 mW 16,3 dBm	-	-	129 mW 21,1 dBm	500 mW
1550 nm - SMF	10,2 mW 10,1 dBm	136 mW 21,3 dBm	-	-		500 mW
DESCRIPTION DES RISQUES OCCULAIRES	SANS DANGER dans toutes les conditions raisonnablement prévisibles	Peut y avoir danger si emploi d'instruments d'optique	SANS DANGER pour des temps d'exposition courts (protection adéquate grâce aux réflexes palpébral)	Peut y avoir danger si emploi d'instruments d'optique	Vision directe du faisceau potentiellement dangereuse	Rayonnement direct dangereux. Rayonnement diffusé non dangereux suivant cas.
	Utilisation sans restriction, selon les directives du fabricant, et sans formation ni qualification particulière de l'opérateur.	Utilisation sans restriction, selon les directives du fabricant, et sans formation ni qualification particulière de l'opérateur.	Utilisation sans restriction, selon les directives du fabricant, et sans formation ni qualification particulière de l'opérateur.	Utilisation sans restriction, selon les directives du fabricant, et sans formation ni qualification particulière de l'opérateur.		

3. Consignes & Préconisations

En adéquation avec les objectifs de la norme EN 60825-2 concernant :

- La protection des personnes contre le rayonnement optique provenant d'un Système de Télécommunication par Fibre Optique.
- La formation des personnes en fournissant des exigences à l'usage des organismes d'installation, d'entretien et d'exploitation, dans le but d'établir des procédures et de fournir des informations, de telle sorte que des précautions appropriées puissent être prises.
- Les avertissements et les mises en garde adaptées, concernant les risques potentiels liés aux Systèmes de Télécommunication par Fibre Optique, données aux individus par le biais d'une signalisation, d'étiquettes et d'instructions.

Certaines consignes et bonnes pratiques se doivent d'être respectées par les intervenants lors de leurs déplacements sur les points de mutualisation, à savoir :

Les rayonnements issus d'appareils nécessaires au fonctionnement de réseau FTTH (OLT, SFP) ou à sa qualification (OTDR) sont de CLASSE 1 ou 1M et à ce titre ne présentent donc pas de risque particulier pour les intervenants.

Par contre, les VFL (ou « stylo laser ») du fait d'un nombre important de modèles aux capacités étendues nécessitent une attention plus particulière :

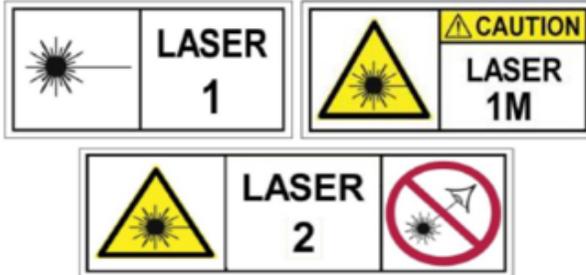
- Il ne faut utiliser que des sources laser dont la classe est clairement indiquée et qui correspond de facto à des normes de construction y compris la fourniture de notices d'emploi contenant les instructions pour une utilisation sans danger (les lasers portant uniquement une notion de puissance sans indiquer la classe sont interdits d'utilisation en France).
- Il faut limiter la classe de cet équipement à la stricte configuration de la partie du réseau à travailler : les longueurs standards en distribution s'étalant aux alentours de 2kms, le recours à un VFL de classe 2 s'avérera suffisant.

4. Proposition de fiche signalitique à apposer à l'intérieur de PM

A la définition des classes est associée une obligation d'information de l'utilisateur et une obligation d'affichage apposée sur l'appareil à laser, mais aussi sur les lieux de travail où le laser est exploité.

Ainsi l'armoire de rue devra donc comporter une fiche plastifiée affichée dans la porte intérieure décrivant les consignes de sécurité non interprétables :

DANGER RAYONNEMENT LASER



Présence possible de rayonnement laser de classe 1, 1M et 2

OBLIGATION DU TRAVAILLEUR :

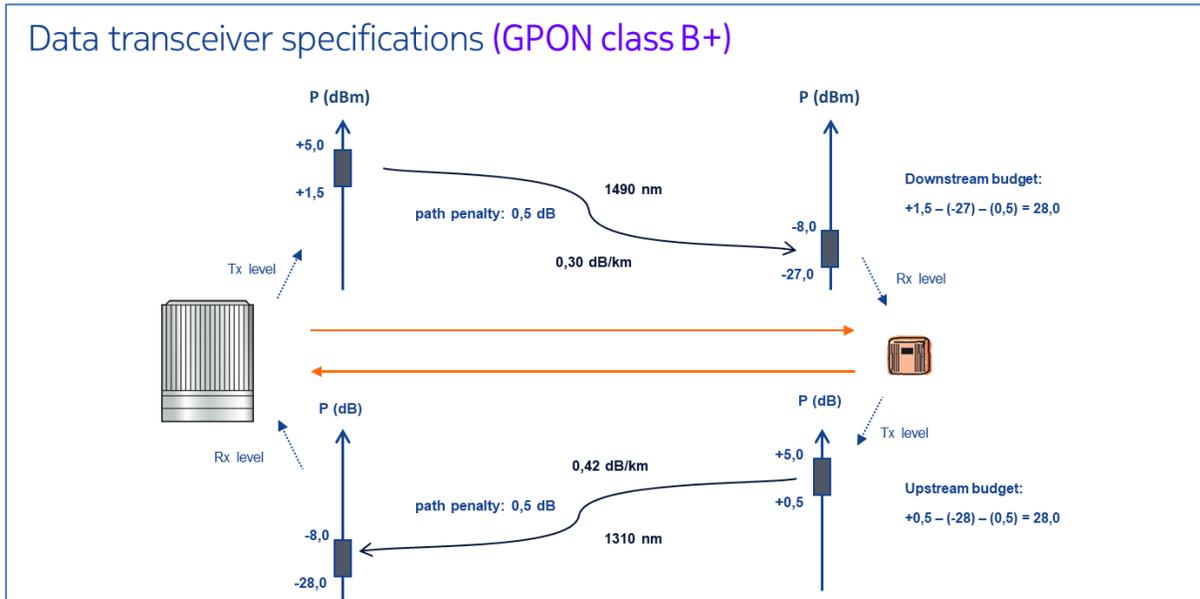
- Ne pas observer directement le faisceau ou diriger le faisceau vers quelqu'un d'autre.
- Ne pas regarder en face des points de connexion.
- Ne jamais garder volontairement l'œil dans le faisceau.
- Ne pas utiliser d'instruments d'optique
- Laisser une distance suffisante entre vous et les points de connexion.
- Atténuer au maximum le faisceau (rôle des obturateurs translucides) chaque fois que l'émission maximale n'est pas nécessaire.
- Dans la mesure du possible, baliser les lieux afin d'empêcher l'exposition accidentelle d'un tiers lors des tests de continuité optique.



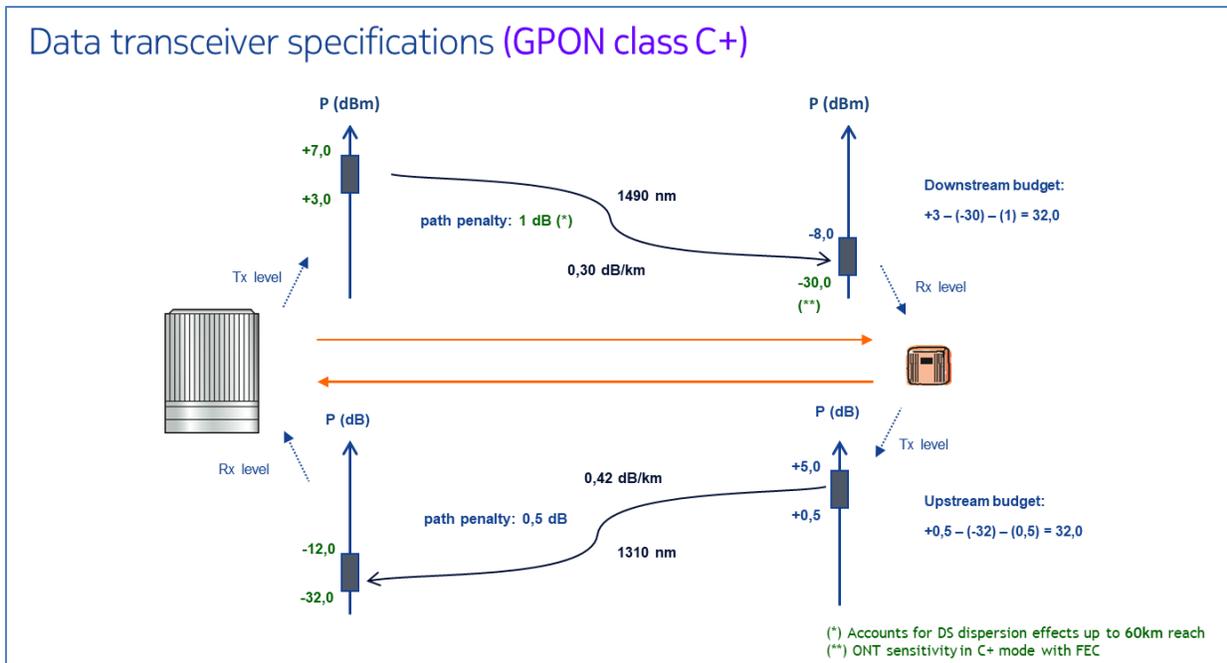
Exemple de signalétique pouvant être affiché dans une armoire de rue

Annexe 17. Budgets optiques des équipements GPON

Spécifications des équipements OLT /ONT de classe B+:

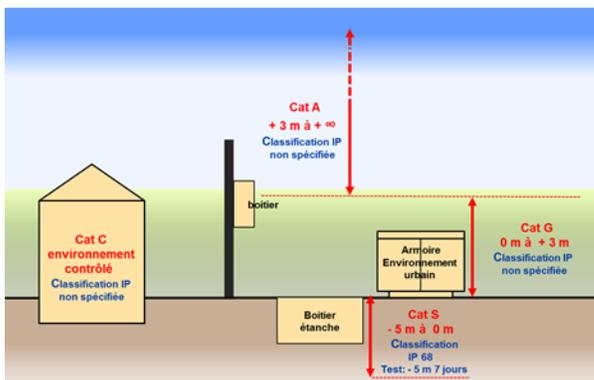


Spécifications des équipements OLT /ONT de classe C+ :

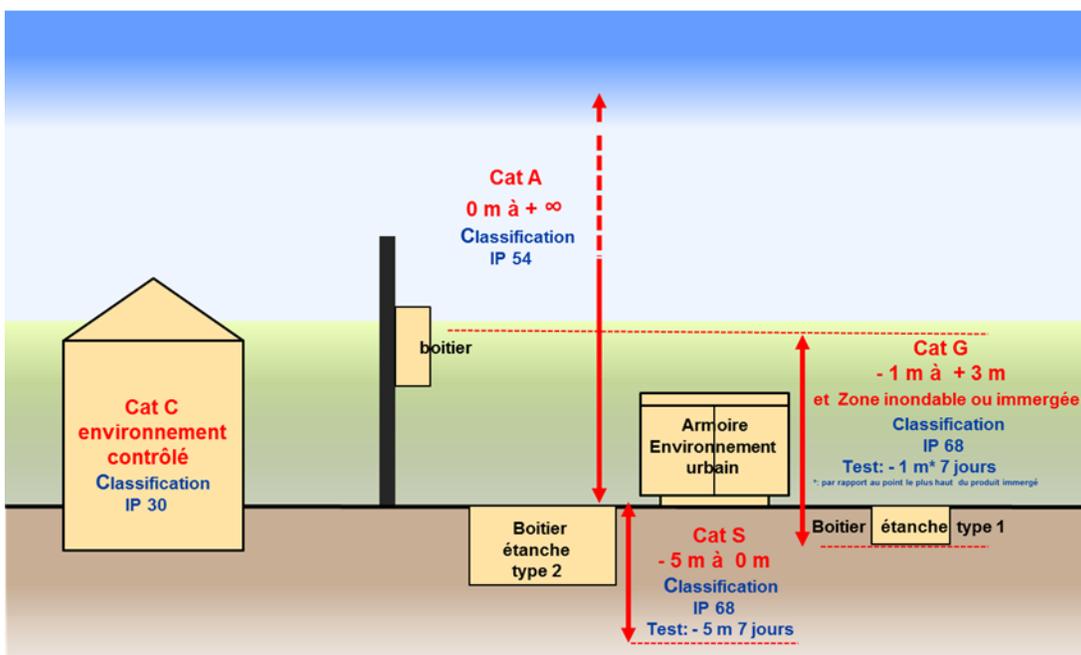


Annexe 18. Evolution de la norme IEC 61753-1 (Ed2): évolution de la classification des environnements d'utilisation des contenants

Edition 1 (2007)



Edition 2 (2018)



- NOTA 1: les XPC 93923-2-1 (PBO Cat A), XPC 93923-2-2 (PBO Cat G) et XPC 93923-1 (PBO Cat C) sont en cours de révision à l'AFNOR pour être conforme à l'Édition 2
- NOTA2: les composants intégrés dans les contenants mentionnés (boitier, boitier étanche et armoire) doivent répondre aux spécifications techniques de la catégorie OP ou OP+ (environnement extérieur protégé) précédemment nommé environnement U ou O dans l'édition 1

Annexe 19. Mise en œuvre de la technique AMDEC sur la BLOM

1. Tableau des défaillances sur BLOM

La technique AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité) consiste pour chaque élément du réseau à établir une liste exhaustive des événements extérieurs qui peuvent avoir un impact sur le service, puis pour chaque événement à évaluer, classer par niveaux :

- **La Gravité** selon que l'évènement a un impact sur une ou plusieurs lignes
- **L'Occurrence** ou fréquence qui peut être vue comme la probabilité d'être exposé à l'évènement
- **La Durée** du défaut induit qui est le délai entre l'apparition du défaut de service et la remise en conformité du réseau

Pour chaque critère, les niveaux de classement sont définis de manière relative, 1 correspondant au niveau le plus bas et la note la plus élevée correspondant au niveau le plus élevé.

La **CRITICITE** est alors calculée en effectuant le produit

$$\text{CRITICITE} = \text{Gravité} \times \text{Occurrence} \times \text{Durée}$$

Le but est de hiérarchiser les actions d'amélioration qui peuvent être mises en place sur l'infrastructure de la BLOM pour améliorer la qualité de service en travaillant par ordre de criticité décroissante.

Un tableau de calcul est présenté à titre d'exemple.

Dans ce tableau les défaillances dues aux équipements eux-mêmes ne sont pas traitées, considérant que leur niveau de fiabilité était suffisamment élevé pour garantir le niveau de service requis, et qu'en outre, les systèmes de supervision permettaient aux opérateurs de détecter immédiatement d'éventuelles défaillances.

Dans l'analyse et le classement par niveau il est important de considérer chaque critère (Gravité, Occurrence, Durée) de façon indépendante.

Le classement par niveau dans chaque colonne peut être fait de façon itérative en déroulant l'analyse et en classant les événements de façon relative les uns par rapport aux autres.

La méthode peut être appliquée dans tous les cas, toutefois le classement par niveaux peut être très dépendant de l'environnement où est déployée la BLOM. Par exemple l'occurrence de problèmes climatiques sur un câble aérien n'est pas la même si l'élément considéré est situé en zone urbaine ou en zone de montagne.

Le tableau d'étude des défaillances peut être complété en ajoutant les solutions techniques qui peuvent être appliquées pour réduire la criticité des événements.

Il est bien sûr recommandé de commencer par les événements dont la note de criticité est la plus élevée.

La colonne supplémentaire a été ajoutée avec une note affectée à chaque solution, selon que sa mise en place permet de répondre plus ou moins bien au problème.

Une dernière colonne indique les possibilités de mise en œuvre de chaque solution en précisant si la solution doit être prévue dès la conception du réseau (ce sont les solutions qui concernent l'infrastructure) ou si elle peut être mise en place pendant l'exploitation.

Contribution du Comité d'Experts pour intégration des bonnes pratiques QoS+ sur BLOM

Défaillances possibles sur une Boucle Locale optique Mutualisée

Exemple de niveaux de Gravité		Niveau
Beaucoup de lignes en service sont impactées	Maximale	3
Plusieurs lignes en service sont impactées	Moyenne	2
Une ligne en service impactée	Basse	1

Exemples de niveaux d'occurrence		Niveau
Ecrasement à tort	Maximale	3
Casse d'une fibre active	Moyenne	2
Accident routier	Basse	1

Exemple de niveaux de durée de défaut sur le		Niveau
Destruction de l'armoire ou d'une partie	Maximale	4
Malveillance/vandalisme	Haute	3
Casse d'une fibre active	Moyenne	2
Déconnexion d'un cordon au PM	Basse	1

Notes des différentes solutions techniques	Note
La solution technique répond de manière satisfaisante au risque encouru	2
La solution technique répond en partie au risque encouru	1
La solution technique ne répond pas au risque encouru	0

Criticité =	Gravité x Occurrence x Durée défaillance
-------------	--

Éléments de réseau	Au NRO	Effets directs	Effet sur les lignes	Gravité	Occurrence	Durée impact service	CRITICITE	Solutions techniques	Note	Possibilité de mise en œuvre
	Vandalisme	Ouverture du NRO, feu à proximité, etc. impliquant une dégradation interne	Coupure de groupes de lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Maximale	Basse	Haute	9/36	Implantation des NRO sur un emplacement sécurisé	1	conception
								Renforcement de la structure et de la serrure du NRO	1	conception
								Contrôle de l'intégrité de la structure du NRO par la supervision (objet connecté)	1	outils et organisation de l'exploitation
	Malveillance technique pour accéder au NRO	Pas de dégradation immédiate	Risque d'augmentation des pannes ci-dessus, dégradation à long terme des raccords si bouchons enlevés et vieillissement accéléré	Basse	Maximale	Non applicable	0/36			
	Accident par exemple routier	Dégradation destruction du NRO (en shelter ou en armoire de rue)	Coupure de groupes de ligne avec une répartition aléatoire des défauts	Maximale	Basse	Maximale	12/36	Implantation des NRO à distance d'axes routiers majeurs	1	conception
	Erreur humaine de raccordement	Ligne non raccordée	Non fonctionnement de la ligne concernée	Basse	Moyenne	Non applicable	0/36	Identification des connecteurs au(x) tiroir(s) (indication des PM de destinations)	1	conception
	Déconnexion involontaire	Déconnexion de cordon(s) actif(s)	Coupure de ligne(s)	Basse	Basse	Basse	1/36			
	Ecrasement à tort	Déconnexion de cordon(s) actif(s)	Coupure de ligne(s)	Basse	Maximale	Moyenne	6/36	Utilisation de cordons sécurisés et identifiables par l'utilisation d'un liseret de couleur	2	exploitation
								Utilisation d'un tiroir spécifique aux liens spécifiques avec QoS+ (nécessité de tubes spécifiques)	2	conception
Identification des cordons par utilisation d'un liseret de couleur (couleur =cordon QoS+)								1	exploitation	
Au Point de Mutualisation	Effets directs	Effet sur les lignes	Gravité	Occurrence	Durée Défaut	CRITICITE	Solutions techniques	Note	Possibilité de mise en œuvre	
Vandalisme	Ouverture de l'armoire, feu à proximité, etc. impliquant une dégradation interne	Coupure de groupes de lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Maximale	Basse	Haute	9/36	Implantation des armoires sur un emplacement sécurisé	1	conception	
							Renforcement de la structure et de la serrure de l'armoire	1	conception	
							Faciliter l'ouverture - clé triangle (pour éviter que des tiers cassent la serrure)	1	outils d'exploitation	
							Contrôle de l'intégrité de la structure de l'armoire par la supervision (objet connecté)	1	outils et organisation de l'exploitation	
Malveillance technique pour accéder à l'armoire	Pas de dégradation immédiate	Risque d'augmentation des pannes ci-dessus, dégradation à long terme des raccords si bouchons enlevés et vieillissement accéléré	Basse	Maximale	Non applicable	0/36				
Accident par exemple routier	Dégradation destruction de l'armoire	Coupure de groupes de ligne avec une répartition aléatoire des défauts	Maximale	Basse	Maximale	12/36	Implantation des armoires à distance d'axes routiers majeurs	1	conception	
Erreur humaine de raccordement	Ligne non raccordée	Non fonctionnement de la ligne concernée	Basse	Moyenne	Non applicable	0/36	Identification des connecteurs au(x) tiroir(s) (indication des PB de destinations)	1	conception	
Déconnexion involontaire	Déconnexion de cordon(s) actif(s)	Coupure de ligne(s)	Basse	Basse	Basse	1/36				
Ecrasement à tort	Déconnexion de cordon(s) actif(s)	Coupure de ligne(s)	Basse	Maximale	Moyenne	6/36	Utilisation de cordons sécurisés et identifiables par l'utilisation d'un liseret de couleur	2	exploitation	
							Utilisation d'un tiroir spécifique aux liens spécifiques avec QoS+ (nécessité de tubes spécifiques)	2	conception	
							Identification des cordons par utilisation d'un liseret de couleur (couleur =cordon QoS+)	1	exploitation	

Éléments de réseau	Au BPE (sans fonction de PBO)									
	Effets directs	Effet sur les lignes	Gravité	Occurrence	Durée Défaut	CRITICITE	Solutions techniques	Note	Possibilité de mise en œuvre	
	Malveillance, Vandalisme	dégradation interne d'un boîtier aérien	Coupure des lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Maximale	Moyenne	Haute	18/36	Implantation des boîtiers en chambre souterraine (si applicable)	2	exploitation ponctuellement
								Dédier un ou plusieurs modules aux clients QoS+	1	conception
		dégradation interne d'un boîtier souterrain	Coupure des lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Maximale	Basse	Haute	9/36	Responsabilisation des intervenants en nombre limité	2	exploitation
		ouverture ou mauvaise fermeture du boîtier aérien sans	Coupure des lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Moyenne	Moyenne	Moyenne	8/36	Utilisation d'un boîtier étanche (IP68 au lieu de 55) et le positionner plus haut sur le poteau (à 3m)	1	exploitation ponctuellement
		ouverture ou mauvaise fermeture du boîtier souterrain sans	Coupure des lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Moyenne	Basse	Haute	6/36	Supervision (prospectif)	1	exploitation
	Accident par exemple routier (tampon qui tombe et dégrade le boîtier)	Dégradation du boîtier	Coupure des lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Maximale	Basse	Haute	9/36	Éviter poteaux en bord de route sur zone accidentogène, éviter chambres sous chaussée	1	conception
	Erreur de raccordement de fibre	Erreur humaine	Non fonctionnement de la ligne	Basse	Basse	Moyenne	2/36	Responsabilisation des intervenants en nombre limité	2	exploitation
	Au point de branchement optique									
Effets directs	Effet sur les lignes	Gravité	Occurrence	Durée Défaut	CRITICITE	Solutions techniques	Note	Possibilité de mise en œuvre		
Malveillance, Vandalisme	ouverture ou mauvaise fermeture du boîtier aérien	reste ouvert sans effet sur les lignes	Moyenne	Moyenne	Non applicable	0/36	Fermeture renforcée (ouverture nécessitant un outil)	1	exploitation (en fonction du type de	
							Audits lors d'une maintenance préventive	1	exploitation	
							Positionner les PBO plus haut pour les rendre moins accessibles	1	exploitation	
	ouverture ou mauvaise fermeture du boîtier façade	reste ouvert sans effet sur les lignes	Moyenne	Moyenne	Non applicable	0/36	Fermeture renforcée (ouverture nécessitant un outil)	1	exploitation (en fonction du type de	
							Audits lors d'une maintenance préventive	1	exploitation	
							Positionner les PBO plus haut pour les rendre moins accessibles	1	exploitation	
	ouverture ou mauvaise fermeture du boîtier souterrain	Coupure des lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Moyenne	Basse	Basse	2/36	Fermeture renforcée (ouverture nécessitant un outil)	1	exploitation (en fonction du type de	
							Supervision (prospectif)	1	exploitation	
	ouverture ou mauvaise fermeture du boîtier intérieur	reste ouvert sans effet sur les lignes	Moyenne	Maximale	Non applicable	0/36	Fermeture renforcée (ouverture nécessitant un outil)	1	exploitation (en fonction du type de	
							Supervision (prospectif)	1	exploitation	
	dégradation interne du boîtier aérien	Coupure des lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Moyenne	Moyenne	Basse	4/36	PBO connectorisés	1	conception et exploitation pour	
	dégradation interne du boîtier façade	Coupure des lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Moyenne	Moyenne	Basse	4/36	PBO connectorisés	1	conception et exploitation pour	
dégradation interne du boîtier souterrain	Coupure des lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Moyenne	Basse	Basse	2/36					
dégradation interne du boîtier intérieur	Coupure des lignes avec une répartition aléatoire des défauts	Moyenne	Maximale*	Basse	6/36					
Erreur de raccordement de fibre	Erreur humaine	Non fonctionnement de la ligne	Basse	Moyenne	Moyenne	4/36	Utilisation d'un PBO connectorisé permettant d'identifier sans ambiguïté la fibre à raccorder	2	conception et exploitation pour fiabiliser un point	
Casse d'une fibre activée	Erreur humaine	Coupure de ligne(s)	Moyenne	Maximale	Moyenne	12/36	Utilisation d'un PBO spécifique QoS+	2	conception et exploitation pour fiabiliser un point	
							Utilisation d'un PBO connectorisé limitant l'accès aux fibres	2	conception et exploitation pour fiabiliser un point	
							Utilisation de cassettes spécifiques QoS+	1	conception	

Éléments de réseau	Au DTIO	Effets directs	Effet sur les lignes	Gravité	Occurrence	Durée Défaut	CRITICITE	Solutions techniques	Note	Possibilité de mise en œuvre
	Connexion d'un ONT non adapté par le client	Risque de perturber l'OLT PON (par aveuglement du récepteur optique de l'OLT)	Selon le terminal, peut perturber toute ou partie des lignes de l'arbre OLT (désynchronisation des lignes en service)	Maximale	Basse	Haute	9/36	Information des usagers	1	exploitation
	Accident domestique, travaux intérieurs	Déterioration du DTIO	Perturbation de la ligne concernée avec interruption du service	Basse	Moyenne	Moyenne	4/36	Information des usagers Positionner le DTIO dans un endroit protégé	1	exploitation
			Perturbation de la ligne concernée sans interruption du service	Basse	Moyenne	Non applicable	0/36	Information des usagers Positionner le DTIO dans un endroit protégé	1	exploitation
								2	exploitation	

Liens optiques	NRO – PM	Effets directs	Effet sur les lignes	Gravité	Occurrence	Durée Défaut	CRITICITE	Solutions techniques	Note	Possibilité de mise en œuvre
	Vandalisme	Coupure de câble aérien	Coupure de toutes les lignes du PM	Maximale	Basse	Haute	9/36	Sécurisation via la fourniture d'un deuxième lien sur un autre chemin/autre emprise.	2	conception
	Accident routier, de chasse,..	Coupure de câble aérien	Coupure de toutes les lignes du PM	Maximale	Basse	Haute	9/36	Choix de câbles protégés aux plombs de chasse	1	conception
								Sécurisation via la fourniture d'un deuxième lien sur un autre chemin/autre emprise.	2	conception
	Chute de câble aérien	Chute de câble aérien	Câble décroché sur un support intermédiaire ou à terre qui augmente les risques de pannes mais n'induit pas de coupure immédiate	Maximale	Moyenne	Non applicable	0/36			
	Problèmes climatiques neige, vent,...	Coupure de câble aérien	Coupure de toutes les lignes du PM	Maximale	Moyenne	Haute	18/36	Sécurisation via la fourniture d'un deuxième lien sur un autre chemin/autre emprise.	1	conception
								Choix de couples câbles/systèmes d'accrochage renforcés	1	conception
	Ouverture de tranchée, glissement de terrain	Coupure de câble enterré	Coupure de toutes les lignes du PM	Maximale	Basse	Maximale	12/36	Sécurisation via la fourniture d'un deuxième lien sur un autre chemin/autre emprise.	2	conception
	Problème sur une fibre du câble	Coupure de fibre	Coupure de la ligne concernée	Basse	Basse	Moyenne	2/36	Prévoir l'utilisation d'une surcapacité en fibres sur le câble	2	conception
	PM – BPE (sans fonction PBO) ou entre deux BPE (sans fonction PBO) ou entre BPE (sans fonction PBO) et PBO	Effets directs	Effet sur les lignes	Gravité	Occurrence	Durée Défaut	CRITICITE	Parade possible	Note	Possibilité de mise en œuvre
	Vandalisme	Coupure de câble aérien	Coupure de toutes les lignes du câble	Maximale	Basse	Haute	9/36	Sécurisation via la fourniture d'un deuxième lien sur un autre chemin/autre emprise.	2	conception
	Accident routier, de chasse,..	Coupure de câble aérien	Coupure de toutes les lignes du câble	Maximale	Basse	Haute	9/36	Choix de câbles protégés aux plombs de chasse	1	conception
								Sécurisation via la fourniture d'un deuxième lien sur un autre chemin/autre emprise.	2	conception
	Chute de câble aérien	Chute de câble aérien	Câble décroché sur un support intermédiaire ou à terre qui augmente les risques de pannes mais n'induit pas de coupure immédiate	Maximale	Moyenne	Non applicable	0/36			
Problèmes climatiques neige, vent,...	Coupure de câble aérien	Coupure de toutes les lignes du câble	Maximale	Moyenne	Haute	18/36	Sécurisation via la fourniture d'un deuxième lien sur un autre chemin/autre emprise.	1	conception	
							Choix de couples câbles/systèmes d'accrochage renforcés	1	conception	
Ouverture de tranchée, glissement de terrain	Coupure de câble enterré	Coupure de toutes les lignes du câble	Maximale	Basse	Maximale	12/36	Sécurisation via la fourniture d'un deuxième lien sur un autre chemin/autre emprise.	2	conception	
Problème sur une fibre du câble	Coupure de fibre	Coupure de la ligne concernée	Basse	Basse	Moyenne	2/36	Prévoir l'utilisation d'une surcapacité en fibres sur le câble	2	conception	

Liens optiques	PBO - DTio	Effets directs	Effet sur les lignes	Gravité	Occurrence	Durée Défaut	CRITICITE	Parade possible	Note	Possibilité de mise en œuvre	
	Vandalisme	Coupure de câble aérien	Coupure de la ligne concernée	Basse	Basse	Haute	3/36				
		Coupure de câble façade	Coupure de la ligne concernée	Basse	Basse	Moyenne	2/36				
		Coupure de câble intérieur (partie commune de l'immeuble)	Coupure de la ligne concernée	Basse	Basse	Moyenne	2/36	Privilégier les passages non apparents	2	raccordement	
	Accident routier,...	Coupure de câble aérien	Coupure de la ligne concernée	Basse	Basse	Haute	3/36				
	Chute d'arbre sur un câble aérien	Coupure de câble aérien	Coupure de la ligne concernée	Basse	Moyenne	Haute	6/36	Rappeler les obligations d'élégage aux propriétaires concernés	1	exploitation	
	Chute de câble aérien	Chute de câble aérien	Câble décroché sur un support intermédiaire ou à terre qui augmente les risques de pannes mais n'induit pas de coupure immédiate	Basse	Basse	Non applicable	0/36				
	Problèmes climatiques neige, vent,...	Coupure de câble aérien	Coupure de la ligne concernée	Basse	Basse	Haute	3/36	Choix de couples câbles/systèmes d'accrochage renforcés	1	conception	
	Ouverture de tranchée, glissement de terrain	Coupure de câble enterré	Coupure de la ligne concernée	Basse	Basse	Maximale	4/36				
	Accident domestique, travaux intérieurs	Déterioration de la partie intérieur du câble	Perturbation de la ligne concernée avec interruption du service	Basse	Moyenne	Moyenne	4/36	Information des usagers	1	exploitation	
Utiliser une autre fibre du même câble								1	conception / exploitation		
Positionner le câble dans des endroits non exposés								2	exploitation		
Perturbation de la ligne concernée sans interruption du service			Basse	Moyenne	Non applicable	0/36	Information des usagers	1	exploitation		
							Utiliser une autre fibre du même câble	1	conception / exploitation		
Positionner le câble dans des endroits non exposés	2	exploitation									

2. Exemples de combinaisons de solutions

Le tableau ci-après présente à titre illustratif des exemples de combinaisons de solutions permettant de limiter les risques identifiés dans le contexte de la qualité de service améliorée. L'évaluation de ces combinaisons présentées dans le tableau donne seulement une tendance au regard de ces risques.

Exemples d'ingénieries passives permettant de renforcer la qualité de service (liste non exhaustive).

La note des exemples est la somme des notes des solutions élémentaires présentées dans le tableau de défaillances.

Eléments de réseau	Au NRO	CRITICITE MOYENNE	Exemple 1 de combinaison de solutions	Exemple 2 de combinaison de solutions	Exemple 3 de combinaison de solutions
	Malveillance, Vandalisme ; Accident par exemple routier ; Erreur de raccordement de fibre ; Déconnexion de cordon(s) actif(s)	9/36	Identification des cordons et implémentation des NRO sur un emplacement sécurisé Note : 2/10	Utilisation de cordons sécurisés et identifiables ; Identification des connecteurs (indication des PM de destination) ; Renforcement de la structure et de la serrure du NRO et implémentation des NRO sur un emplacement sécurisé Note : 5/10	Utilisation d'un tiroir spécifique aux liens avec QoS+ ; Identification des connecteurs (indication des PM de destination) ; Implantation des NRO sur un emplacement sécurisé et à distance des axes routiers majeurs (dans le cas d'armoires de rue ou même de shelter) ; Renforcement de la structure et de la serrure de l'armoire ; Contrôle de l'intégrité des portes par la supervision ; Note : 7/12
	Au Point de Mutualisation	CRITICITE MOYENNE	Exemple 1 de combinaison de solutions	Exemple 2 de combinaison de solutions	Exemple 3 de combinaison de solutions
	Malveillance, Vandalisme ; Accident par exemple routier ; Erreur de raccordement de fibre ; Déconnexion de cordon(s) actif(s)	9/36	Identification des cordons et implémentation des armoires sur un emplacement sécurisé Note : 2/12	Utilisation de cordons sécurisés et identifiables ; Identification des connecteurs (indication des PB de destination) ; Renforcement de la structure et de la serrure de l'armoire et implémentation des armoires sur un emplacement sécurisé Note : 5/12	Utilisation d'un tiroir spécifique aux liens avec QoS+ ; Identification des connecteurs (indication des PB de destination) ; Implantation des armoires sur un emplacement sécurisé et à distance des axes routiers majeurs ; Renforcement de la structure et de la serrure de l'armoire ; Contrôle de l'intégrité des portes par la supervision ; Note : 7/12
	Au BPE sans fonction PBO	CRITICITE MOYENNE	Exemple 1 de combinaison de solutions	Exemple 2 de combinaison de solutions	Exemple 3 de combinaison de solutions
	Malveillance, Vandalisme ; Accident par exemple routier ; Erreur de raccordement de fibre ; Déconnexion de cordon(s) actif(s)	6/36	Utilisation d'un boîtier étanche (IP68 au lieu de 55) et le positionner plus haut sur le poteau (à 3m) Note : 1/6	Implantation des boîtiers en chambre souterraine ; Responsabilisation des intervenants en nombre limité Note : 3/6	Dédier un ou plusieurs modules aux clients QoS+ ; Responsabilisation des intervenants en nombre limité ; Note : 4/6
	Au PBO	CRITICITE MOYENNE	Exemple 1 de combinaison de solutions	Exemple 2 de combinaison de solutions	Exemple 3 de combinaison de solutions
	Malveillance, Vandalisme ; Erreur de raccordement de fibre ; Casse d'une fibre activée	9/36	Utilisation de cassettes spécifiques QoS+ ; Note : 1/8	Utilisation d'un PBO connectorisé ; OU Utilisation d'un PBO spécifique épissuré (la solution peut être améliorée en affectant une demi-cassette ou une cassette par client) Note : 2/8	Utilisation d'un PBO spécifique et connectorisé ; Fermeture renforcée ; Audits lors de maintenance préventive Note : 6/8
	Au DTIO	CRITICITE MOYENNE	Exemple 1 de combinaison de solutions	Exemple 2 de combinaison de solutions	
	Connexion d'un terminal non adapté	6/36	Informations des usagers Note : 1/4	Informations des usagers ; Positionner le DTIO dans un endroit protégé Note : 3/4	
Accident domestique, travaux intérieurs	6/36				

Liens optiques	NRO – PM	CRITICITE MOYENNE	Exemple 1 de combinaison de solutions	Exemple 2 de combinaison de solutions	Exemple 3 de combinaison de solutions
	Vandalisme ; Accident routier, de chasse ; Problèmes climatiques neige, vent,... ; Ouverture de tranchée, glissement de terrain ; Problème sur une fibre du câble	11/36	Choix de câbles renforcés ; Note : 1/6	Choix de câbles renforcés ; Surcapacité Note : 3/6	Choix de câbles renforcés ; Surcapacité ; Sécurisation via la fourniture d'un deuxième lien sur un autre chemin/autre emprise Note : 5/6
	PM – BPE sans fonction PBO ou BPE - BPE d	CRITICITE MOYENNE	Exemple 1 de combinaison de solutions	Exemple 2 de combinaison de solutions	Exemple 3 de combinaison de solutions
	Vandalisme ; Accident routier, de chasse ; Problèmes climatiques neige, vent,... ; Ouverture de tranchée, glissement de terrain ; Problème sur une fibre du câble	11/36	Choix de câbles renforcés ; Note : 1/6	Choix de câbles renforcés ; Surcapacité Note : 3/6	Choix de câbles renforcés ; Surcapacité ; Sécurisation via la fourniture d'un deuxième lien sur un autre chemin/autre emprise Note : 5/6
	PBO – DTio	CRITICITE MOYENNE	Exemple 1 de combinaison de solutions	Exemple 2 de combinaison de solutions	Exemple 3 de combinaison de solutions
	Vandalisme ; Accident routier; Chute d'arbres ; Chute de câble ; Problèmes climatiques neige, vent,... ; Ouverture de tranchée, glissement de terrain ; Accident domestique, travaux intérieurs	3/36	Informations des usagers ; Rappel des obligations d'élitage aux propriétaires concernés ; Choix de couples câbles/systèmes d'accrochage renforcés Note : 3 / 10	Informations des usagers ; Rappel des obligations d'élitage aux propriétaires concernés ; Choix de couples câbles/systèmes d'accrochage renforcés ; Positionner le câble dans endroits non exposés Note : 5 / 10	Informations des usagers ; Rappel des obligations d'élitage aux propriétaires concernés ; Choix de couples câbles/systèmes d'accrochage renforcés ; Positionner le câble dans endroits non exposés ; Utiliser un câble bi-fibre Note : 7 / 10

