

**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

V13 (25/07/2025)

Historique des versions :

Date	Versio n	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 connectorisés.
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.
18/09/2020	V8	Compléments sur la QoS sur BLOM (chapitre 4) Compléments sur l'arrimage (partie « mise en œuvre en aérien » du chapitre 5.3.2) Compléments sur les mesures des fibres lors des recettes (chapitre 8.2) Complément sur le système de fermeture des armoires de rue (annexe 1) Clarifications sur le type de fibre recommandé, notamment lien vers l'avis du comité sur l'introduction de la fibre G.652.D (annexe 7) Impacts de certains choix d'implémentation (annexe 20)
28/07/2021	V9	Préconisations sur l'utilisation de câbles en micro-conduits (chapitre 1.4, annexe 8, annexe 21 et annexe 22) Préconisations sur l'installation du kit de raccordement optique étanche sur le tronçon PBO-DTio (chapitre 5 et annexe 21) Compléments sur les contraintes d'affaiblissement optiques (chapitre 7), sur le contrôle et recette des réseaux (chapitre 8). Révision de l'annexe 20 (impacts de certains choix d'implémentation) Révision de l'annexe 16 (sécurité laser) Introduction du PM avec câblage en « M »

21/07/2022	V10	Compléments sur l'utilisation de câbles en micro-conduits (paragraphe 2.3 de l'annexe 23) Introduction du BRAM pour le raccordement d'antennes mobiles (paragraphe 5.6) Description du principe des ingénieries FttE sur BLOM (paragraphe 4.1) Description des schémas de raccordement du FttE au PM (annexe 24)
5/09/2023	V11	Compléments sur la mise en œuvre des PBO souterrains (annexe 10) Compléments sur l'utilisation de fiches sécurisées (paragraphe 4.2.3 et annexe 5) Révision du paragraphe 8.2.2 sur les mesures d'atténuation des fibres de distribution (chapitre 8.2) Révision de l'annexe 15 (déclarations environnementales produit) Introduction de l'annexe 25 (Smouv™ ou protection mécanique d'épissure thermorétractable) Introduction de l'annexe 26 sur la réalisation de tests terrain des boîtiers étanches de protection d'épissures
19/07/2024	V12	Révision du paragraphe 5.6 (Raccordement des sites techniques) Introduction de l'armoire 2x34 U (paragraphe 3.2.2) Introduction d'une partie « Normes » et d'une bibliographie permettant de recenser les normes et les documents de référence mentionnés dans le présent recueil.
25/07/2025	V13	Introduction des cas nécessitant la mise à la terre d'une armoire de rue passive (paragraphe 3.2.2) Révision du paragraphe 8.2.1 sur les mesures d'atténuation des fibres de transport Révision du paragraphe 8.2.2 sur les mesures d'atténuation des fibres de distribution Introduction d'un chapitre liée aux caractéristiques de comportement au feu des câbles intérieurs ou intérieurs/extérieurs (Annexe 8)

Mission du comité d'experts pour la boucle locale en fibre optique jusqu'à l'abonné

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.

Les travaux menés par le comité d'experts fibre optique s'appuient sur les normes françaises, européennes et internationales, qui sont répertoriées à la fin du document. Le comité d'experts fibre optique travaille avec une démarche de cohérence avec les travaux d'autres instances impliquées dans le domaine de la fibre optique, notamment l'ANCT, le Cercle Credo, Objectif Fibre.

A titre informatif, les principaux documents édités par ces instances se trouvent répertoriés au sein de la bibliographie à la fin du présent document.

Les principaux travaux du comité d'experts portent sur la production et la mise à jour d'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 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, le Programme France Très Haut Débit de l'Agence Nationale de la Cohésion des Territoires, chargé 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 qu'elle finance. 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 listés dans le paragraphe « *Autres Publications* » du présent document.

Contenu

1.	Schéma et terminologie des réseaux mutualisés en fibre optique jusqu'à l'abonné	13
1.1.	Lexique	13
1.2.	Schéma	20
1.3.	Schéma de référence.....	21
1.4.	Infrastructures génie civil	21
2.	Le nœud de raccordement optique (NRO) de l'opérateur d'infrastructure	21
2.1.	Préambule	21
2.2.	Espace opérateurs – éléments techniques	22
2.2.1.	Énergie.....	22
2.2.2.	Organisation de l'espace	23
2.2.3.	Refroidissement	23
2.2.4.	Repérage.....	24
2.2.5.	Autres	24
2.3.	Espace transport optique	24
2.3.1.	Description	24
2.3.2.	Préconisations diverses	26
	Local.....	26
	Zone du RTO contenant les têtes de transport	26
	Zone du RTO contenant les têtes opérateurs	26
	Espace du RTO contenant les têtes collecte.....	27
	Connectique	27
	Gestion des cordons.....	27
	Câbles de collecte.....	27
	Repérage.....	27
2.4.	Espace PM	27
3.	Le point de mutualisation (PM)	27
3.1.	Dimensionnement du point de mutualisation	28
3.2.	Spécifications techniques du PM.....	28
3.2.1.	Le PM au sein d'un local NRO.....	29
3.2.2.	Le PM en armoire de rue.....	30
3.2.2.1.	Le PM en armoire de rue avec hébergements d'actifs (dans le cas d'usages complémentaires)	34

3.2.3.	Le PM en local technique	36
	Configuration standard type « répartiteur symétrique »	37
	Configuration alternative type « répartiteur communicant »	38
3.3.	Spécifications des tiroirs de distribution et de transport.....	39
4.	Qualité de service sur boucle locale optique mutualisée	40
4.1.	Schéma de principe des ingénieries FttE sur BLOM.....	41
4.1.1.	Pratiques déployées au PM.....	42
4.2.	Pratiques préconisées au PM	43
4.2.1.	Repérage des accès titulaires de QoS sur BLOM.....	43
4.2.2.	Chemin de cordon sécurisé	43
4.2.3.	Utilisation de fiches sécurisées	44
4.2.4.	Utilisation de tiroirs spécifiques à la QoS.....	44
4.3.	Pratiques envisageables au PBO	46
4.3.1.	PBO spécifiques aux accès QoS	46
5.	Le segment de desserte optique	47
5.1.	Caractéristiques techniques.....	47
5.2.	Dimensionnement	48
5.2.1.	Vocabulaire.....	48
5.2.2.	Analyse de la zone arrière	49
5.2.3.	Surcapacité en fibres distribuées et arrêtées en PBO.....	51
5.3.	Les points de branchement optiques	52
5.3.1.	Catégories de PBO selon le type de connexion	52
	PBO épissurés.....	52
	PBO connectorisés.....	52
5.3.2.	Règles de mise en œuvre par domaine d'emploi.....	53
	Mise en œuvre en souterrain	53
	Mise en œuvre en aérien	53
-	Règles liées à l'arrimage des renforts souples	55
-	Règles de réalisation du love de blocage :	57
	Mise en œuvre en intérieur.....	59
5.3.3.	Organisation des PBO	59
5.4.	Les raccordements finals (à l'étude)	60

5.5.	Le kit de raccordement optique étanche sur le tronçon PBO-DTlo	61
5.6.	Raccordement de sites techniques	63
5.6.1.	Rappel réglementaire	63
5.6.2.	Exemple de solution pour le raccordement des sites techniques	63
6.	Le segment de transport optique	64
6.1.	Rappel réglementaire	64
6.2.	Caractéristiques techniques	65
6.3.	Dimensionnement	65
6.3.1.	Analyse de la zone arrière du PM.....	65
6.3.2.	Besoin en fibres pour les opérateurs PON.	65
6.3.3.	Besoin en fibres pour les opérateurs Point-à-Point	65
6.3.4.	Besoin en fibre pour les services différenciés	67
6.3.5.	Phasage du déploiement.....	67
6.3.6.	Catégorisation	68
7.	Les contraintes d'affaiblissement optique GPON et nouvelles technologies	69
7.1.	Contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FttH en GPON	69
7.2.	Impact de l'introduction des nouvelles technologies sur les contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FttH.....	70
7.2.1.	Caractéristiques des nouvelles technologies PON	70
7.2.2.	Budget optique des technologies PON.....	72
7.2.3.	Introduction des nouvelles technologies PON	73
7.2.4.	Impact de l'introduction des nouvelles technologies sur les contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FTTH	76
8.	Contrôle et recette des réseaux BLOM déployés.....	80
8.1.	Contrôle des ouvrages mis en œuvre.....	80
8.2.	Recette de liens optiques	80
8.2.1.	Mesure des fibres de transport optique (RTO - PM).....	80
8.2.2.	Mesure des fibres de distribution optique (PM – PBO)	82
8.2.3.	Concordance des fibres de distribution optique (PM – PBO)	84
8.2.4.	Contrôle de l'atténuation globale de la BLOM (RTO – PBO)	85
8.2.4.1.	Adaptation du processus de contrôle de l'atténuation de la BLOM aux pratiques actuelles, en matière de mesures/recettes.....	85
8.2.4.2.	Processus de contrôle de l'atténuation globale de la BLOM à 1310 nm:	86

9.	SIG et documentation technique	88
9.1.	Dossiers de mesures optiques.....	88
9.1.1.	Besoins des opérateurs commerciaux.....	88
9.1.2.	Besoins du maitre d’ouvrage qui construit le réseau.....	88
9.1.3.	Besoins des opérateurs de PM qui exploitent le réseau	88
9.2.	Autres documents techniques.....	89
10.	L’exploitation du réseau	90
	Préambule :	90
	Accès aux sites :	90
	Hébergement d’opérateurs au PM :	90
11.	Evaluation d’impact environnemental	91
	Annexe 1. Spécifications des armoires de rue passives	92
	Annexe 2. Spécifications des armoires de rue actives	95
	Annexe 3. Recommandations liées à l’implantation des PM en armoire de rue	100
	Accessibilité :	100
	Pérennité du site :	100
	Limiter les risques matériels :	100
	Conclusion :	101
	Annexe 4. Caractéristiques des cordons utilisés	102
	Annexe 5. Classe des connecteurs utilisés pour les réseaux FttH.....	105
	Annexe 6. Hypothèses de perte d'insertion.	111
	Annexe 7. Caractéristiques des fibres utilisées.....	112
	Annexe 8. Caractéristiques des câbles utilisés.....	113
1.	Normes françaises de référence pour les câbles :	113
2.	Caractéristiques des câbles intérieurs ou intérieurs/extérieurs :	115
3.	Caractéristiques des câbles extérieurs ou intérieurs/extérieurs :	116
3.1.	Caractéristiques générales	116
3.2.	Caractéristiques des câbles pour conduits :	116
3.3.	Caractéristiques des câbles, des armements, ancrages et suspensions pour le déploiement en aérien :	116
3.3.1.	Caractéristiques des câbles pour le déploiement en aérien :	116
3.3.2.	Caractéristiques des armements ainsi que des dispositifs d’ancrage et de suspension des câbles pour le déploiement aérien :	117

3.4.	Caractéristiques des câbles pour micro-conduits	117
3.5.	Caractéristiques des câbles de raccordement BRT	118
3.6.	Points de vigilance pour les câbles de branchements.....	118
Annexe 9. Code couleur utilisé pour le repérage des fibres.		120
Annexe 10. Caractéristiques et mise en œuvre des PBO		121
1.	Caractéristiques des PBO.....	121
2.	Bonnes pratiques d'installation et de maintenance des PBO souterrains	122
2.1.1.	Bonnes pratiques d'installation.....	123
2.1.2.	Les risques encourus en cas d'endommagement du PBO	124
2.1.3.	Maintenance préventive des PBO	125
Annexe 11. Protection de réseaux PON.		126
Annexe 12. Protection des réseaux point-à-point.		129
Annexe 13. Recommandations techniques : Interopérabilité dans les PBO connectorisés		130
1.	Objet de l'annexe	130
2.	Objectifs principaux.....	130
3.	Les drops connectorisés	130
3.1.	Cas du DROP avec un câble double gaine	131
3.2.	Cas du DROP avec câble simple gaine	131
3.2.1.	La connectivisation sur la gaine extérieure	131
3.2.2.	La connectivisation sur le 900µm	132
3.3.	La connectivisation	132
3.3.1.	Type montage usine	132
3.3.2.	Type montage Terrain (Field Mountable Connector - FMC)	132
Annexe 14. Normes applicables aux raccordements en colonne de communication et aux réseaux résidentiels		134
4.	Normes de câblage et de contrôle	134
4.1.	Normes concernant les installations électriques basse tensions.....	134
4.2.	Normes des systèmes de communication.....	134
5.	Normes relatives aux produits	136
6.	Normes relatives aux recettes et repérages	141
Annexe 15. Recommandations Environnementales : Déclarations Environnementales Produits des câbles et accessoires passifs de réseau.....		142
1.	Objet de l'annexe	142

2.	Objectifs principaux.....	142
3.	L'Analyse de Cycle de Vie	142
4.	Les Déclarations Environnementales Produit (DEP).....	143
5.	Glossaire	143
Annexe 16. Sécurité liée aux risques de présence de rayonnements laser		144
1.	Rappel sur les normes	144
2.	Rappel sur les classes des lasers et leur dangerosité	144
3.	Consignes & Préconisations.....	145
4.	Proposition de fiche signalétique à apposer à l'intérieur de PM	146
Annexe 17. Budgets optiques des équipements GPON		148
Annexe 18. Evolution de la norme IEC 61753-1 (Ed2): évolution de la classification des environnements d'utilisation des contenants		149
Annexe 19. Mise en œuvre de la technique AMDEC sur la BLOM		150
1.	Tableau des défaillances sur BLOM	150
2.	Exemples de combinaisons de solutions	158
Annexe 20. Impacts des choix d'implémentation de l'Opérateur d'Infrastructure (OI)		161
Annexe 21. Spécification technique du Kit de Raccordement Optique Etanche (KROE)		164
Annexe 22. Références pour l'utilisation des câbles pour micro-conduits		166
	Figure 1 : Schéma de principe NRO-PM	167
	Figure 2 : Schéma de principe PM DTIO zone de logements individuels isolés adductions souterraines.....	167
	Figure 3 : Schéma de principe PM DTIO zone de logements individuels isolés, raccordements terminaux en aérien	168
	Figure 4 : Schéma de principe PM DTIO zone de logements individuels collectifs (lotissements) 168	
	Figure 5 : Schéma de principe PM DTIO zone immeubles collectifs	169
Annexe 23. Interface câble pour micro-conduit et boîtier (BPE et PBO) ou armoire		170
1	Introduction.....	170
2	Gestion des câbles pour micro-conduits aux différents points d'interfaces.....	170
2.1	Câbles pour micro-conduits en chambre	170
2.2	Câbles pour micro-conduits sur poteau	171
2.3	Câbles pour micro-conduits dans les armoires de rue extérieures.....	172
3	Tests de l'interface câble pour micro-conduit / boîtier	174

3.1	Test de mise en œuvre	174
3.2	Tests IEC.....	174
3.2.1	Rétention du câble	175
3.2.2	Compression axiale.....	176
3.2.3	Courbure du câble	176
3.2.4	Torsion du câble	177
	Annexe 24. Schémas de raccordement du FttE au PM	178
	Annexe 25. Protection d'épissure thermo rétractable pour réseaux FTTH	187
	Annexe 26. Test terrain des boîtiers étanches de protection d'épissures.....	189
	Liste des Normes	191
	Autres Publications.....	197

1. Schéma et terminologie des réseaux mutualisés en fibre optique jusqu'à 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).

Boîtier de Raccordement d'Antennes Mobiles (BRAM) : boîtier de protection utilisé pour le raccordement d'antennes mobiles (sites mobiles ou points hauts). Le BRAM matérialise la limite de responsabilité du réseau de l'opérateur d'infrastructure.

Boîtier de Raccordement de Sites Techniques (BRT) : boîtier de protection utilisé pour le raccordement de sites techniques (dont les sites mobiles ou points hauts, dans ce cas il s'agit d'un BRAM). Le BRT matérialise la limite de responsabilité du réseau de l'opérateur d'infrastructure.

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 norme¹ 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* »

¹ Dans l'ensemble du document, pour chaque norme considérée, le lecteur est invité à se référer à la dernière version en vigueur à date.

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 à fibre optique : ensemble d'une ou plusieurs fibres optiques contenues dans une même gaine extérieure.

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 intérieur 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*] : équipement 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.

Demi-cordon optique : câble à fibre optique servant pour les raccordements optiques, dont une des extrémités est munie d'une fiche de connecteur.

Pigtail : brin de fibre optique de quelques centimètres à quelques mètres, équipé à une seule extrémité d'une fiche de connecteur optique, l'autre extrémité étant destinée à l'épissurage. *Nota bene* : la fibre optique est généralement protégée par une matière tubante typiquement de diamètre 900 µm et, parfois par une gaine supplémentaire, typiquement de diamètre 1,6mm à 3mm.

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

Dispositif de brassage optique : équipement 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 intérieur 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 connectorisé 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 : élément électronique du réseau, générant et traitant des signaux.

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

Fibre distribuée : fibre de desserte optique terminée sur 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 connectorisée sur un répartiteur du PM. La capacité du PM tient compte du nombre de fibres distribuables en particulier.

Fibre en attente : fibre de desserte optique qui n'aboutit pas à un PBO (cf. schéma §5.2.1) : elle n'est donc pas immédiatement utilisable pour effectuer un raccordement 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.

Fibre optique jusqu'à l'entreprise ou FttE : ligne de communications électroniques à très haut débit en fibre optique déployée jusqu'à un local à usage non résidentiel. L'accès à une ligne FttE est associé à la mise en œuvre par l'opérateur d'infrastructure d'une offre de qualité de service renforcée de second niveau, c'est-à-dire une offre prévoyant, en cas d'incident d'exploitation, le rétablissement de

service de l'accès dans un délai de 4 heures ouvrées et, en option, non ouvrées. L'accès est livré au PM ou au PRDM.

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.

Kit de raccordement optique étanche (KROE) : un kit de raccordement est utilisable sur le tronçon PBO-DT10 de la BLOM. Il est conçu pour raccorder deux câbles de branchement. Le kit de raccordement permet de réaliser des raccordements longs en aérien ou en souterrain, de rallonger un câble de branchement et/ou de réaliser un PDO. En maintenance, il permet d'effectuer des reprises ou des réparations de lignes de branchements en provisoire ou en définitif.

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 pistonnage. 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 (voir paragraphe « *Autres Publications* »).

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.

OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) : voir « Réflectomètre optique ».

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 intérieur 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 intérieur 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.

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.

² Anciennement « opérateur d'immeuble ».

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 (voir paragraphe « *Autres Publications* »).

NOTA : Le PRDM peut être, par exemple, situé au sein d'un local aménagé en NRO.

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 renforcée (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 marché (voir paragraphe « *Autres Publications* ») 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 (voir paragraphe « *Autres Publications* »).

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).

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

Réflectomètre optique ou « Optical Time Domain Reflectometer » (OTDR) : le réflectomètre optique est un appareil de test qui permet de mesurer la longueur, l'atténuation globale et les pertes de retour optique d'une liaison en fibre optique et de caractériser les éléments spécifiques de cette liaison, tels que les épissures et les connecteurs. L'OTDR permet aussi de localiser les défauts, comme les cassures ou les pertes dues à des courbures accidentelles de la fibre. Il est composé d'un émetteur optique avec une source laser et d'un détecteur optique. L'émetteur optique envoie dans la fibre une série d'impulsions lumineuses d'une durée précise à une longueur d'onde spécifique, et le détecteur optique observe la proportion de lumière réfléchiée lorsque les impulsions se propagent le long du lien optique mesuré.

Répartiteur : équipement 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) : équipement 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).

Site technique : désigne dans ce document un site qui n'est pas un logement ni un local à usage professionnel, pouvant être raccordé à la boucle locale en fibre optique mutualisée, par exemple une antenne mobile.

Smouv™ : protection mécanique d'épissure thermorétractable (voir **Annexe 25**).

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

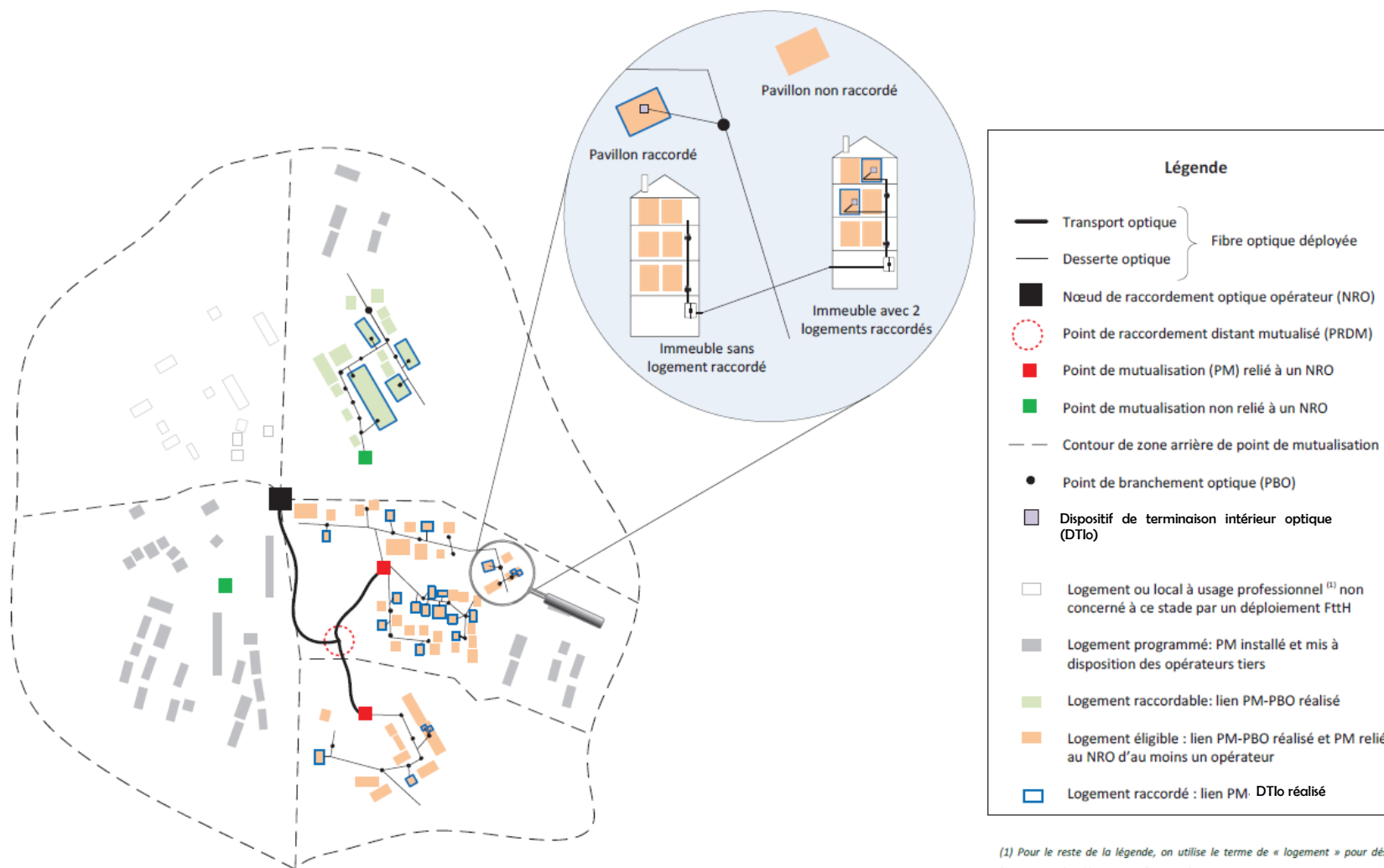
Tête sur ferme : équipement pouvant contenir un panneau de connecteurs, des coupleurs, des épissures et pouvant être installé sur une ferme.

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

1.2. Schéma

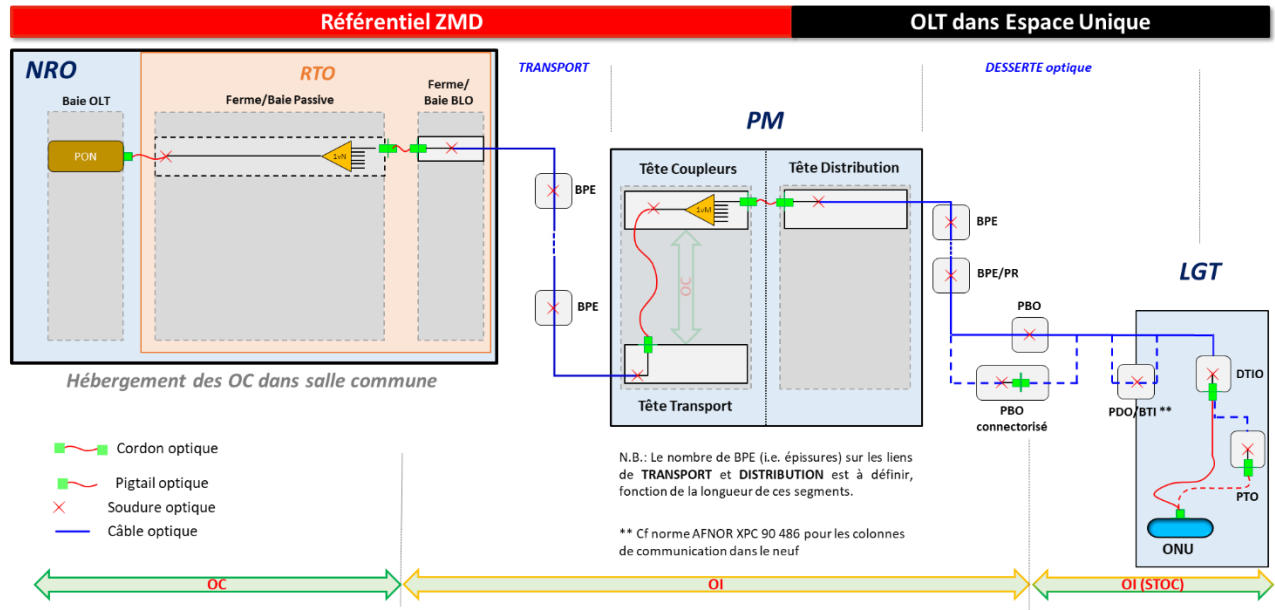
Déploiement de fibre optique jusqu'à l'abonné – Termes utilisés

Janvier 2012



(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



1.4 Infrastructures génie civil

Les infrastructures de génie civil sont décrites dans le document d'harmonisation génie civil et déploiement de [l'Agence Nationale de la cohésion des territoires](#) (voir paragraphe « *Autres Publications* »).

Lorsque l'infrastructure existante n'est pas mobilisable pour déployer la BLOM, les micro-conduits représentent une solution complémentaire au génie civil dit traditionnel (conduite PVC/PEHD classique ou artère aérienne).

Les schémas présentés en **Annexe 22** indiquent les différentes configurations possibles pour l'installation des câbles pour micro-conduits suivant les segments de réseaux.

En complément de l'**Annexe 22**, l'**Annexe 8** concernant les câbles optiques précise les spécifications liées aux câbles pour micro conduit et l'**Annexe 23** précise les Interfaces câble pour micro-conduit et boîtier (BPE et PBO) ou armoire.

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

2.1. Préambule

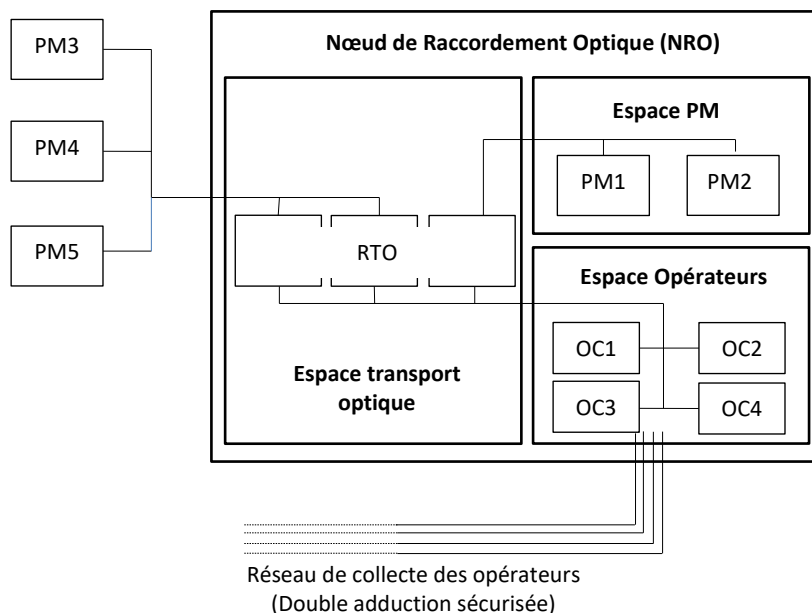
Un local aménagé en NRO peut être établi par l'opérateur d'infrastructure. **Les spécifications proposées dans ce chapitre s'adressent à un opérateur d'infrastructure qui souhaiterait proposer des prestations d'hébergements d'équipements actifs et de transport optique aux opérateurs commerciaux clients.** Dans certains cas, ce local NRO peut également héberger des PM (cf. paragraphe 3.2.2.1)

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* »). À date, les opérateurs utilisent généralement des lignes téléphoniques sur cuivre.

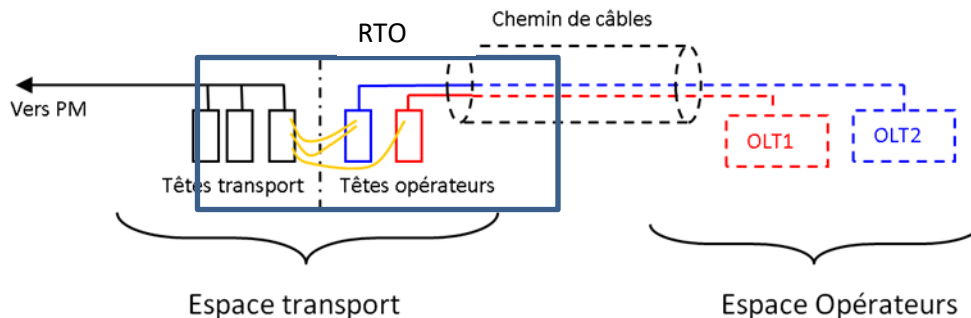
2.3. Espace transport optique

2.3.1. Description

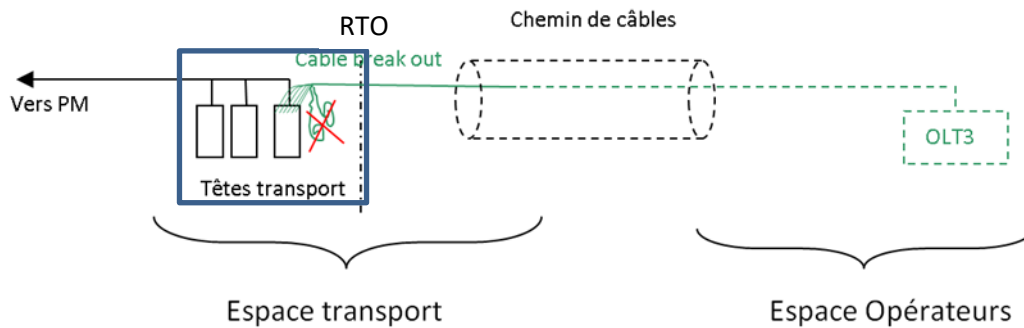
L'espace transport optique rassemble les fibres de transport collectées depuis les PM sur des têtes de câbles installées sur un RTO, de manière à pouvoir les livrer aux opérateurs qui en font la demande. Le dimensionnement est précisé au **paragraphe 6.3**.

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

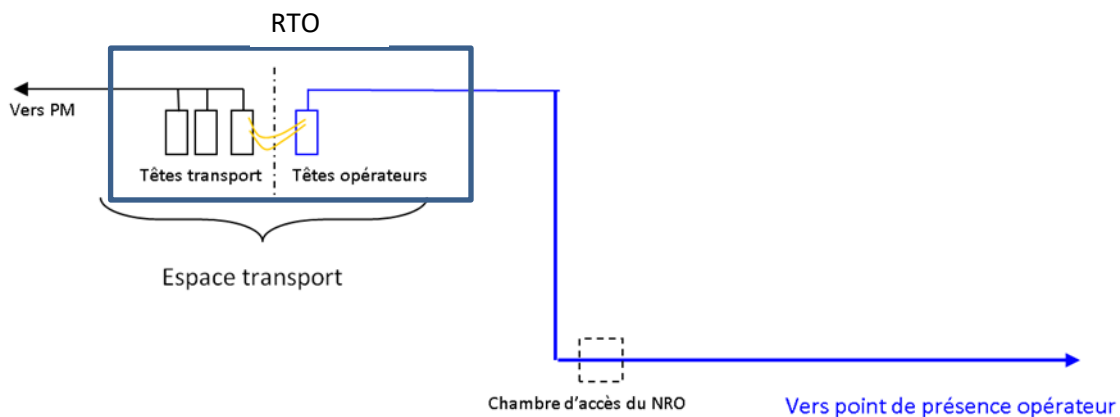
- des têtes de câbles opérateurs reliées aux équipements situés dans l'espace opérateur par l'intermédiaire de câbles empruntant des chemins de câbles prévus à cet effet. La connexion entre les fibres de transport et les fibres des opérateurs est alors réalisée par des cordons optiques posées entre les 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.



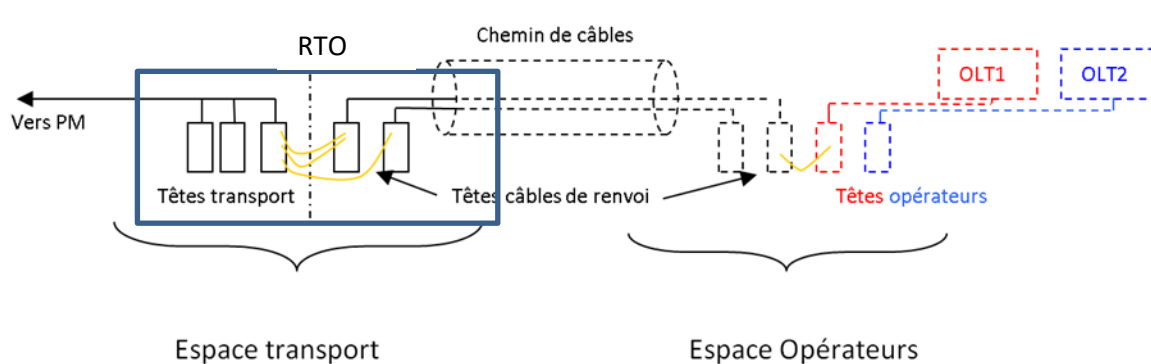
- et/ou des câbles *breakout* raccordés directement sur les positions transport, et qui empruntent le chemin de câble reliant l'espace transport optique à l'espace opérateurs. Cette solution, moins flexible que la précédente, présente l'avantage de limiter la taille du répartiteur et est plus adaptée 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 déport 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 3.2.3**.

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 5.2.2** :

- décompte des besoins liés au réseau de desserte optique ;
- évaluation des besoins complémentaires à court et moyen terme (5 à 10 ans), en analysant les données disponibles dans les PLU, les évolutions des statistiques INSEE et toutes les autres sources d'information sur les projets urbains ou d'infrastructures de transport ;
- Le dimensionnement de la desserte optique est étudié au **chapitre 5.2** et prévoit une surcapacité d'au moins 15% présente (fibres distribuées) dans les câbles de desserte optique ;
- rajout d'une réserve d'espace qui permettra d'installer les têtes de câbles pour absorber des variations locales imprévisibles à l'échelle de chaque PM (au moins 25%) ;
- équilibre entre les contraintes techniques, économiques et réglementaires, en phase de déploiement, mais aussi en phase d'exploitation et maintenance.

Par exemple, pour une zone arrière de 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.

Le brassage doit être réalisé avec des cordons d'une longueur unique et adaptée au type de PM afin de faciliter l'exploitation, 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 avec une organisation type « W » ou « M » (cf. **Annexe 1**)
- 1 zone dédiée au cheminement des demi-cordons ou cordons optiques de transport.

La mise à la terre de l'enveloppe métallique des armoires et pièces métalliques interne n'est pas nécessaire, exception faite pour les armoires de rue :

- évoluant vers des armoires actives ;
- installées au voisinage d'équipements électriques (contact des ouvrants) ;
- installées sur une même dalle béton ou enceinte équipée d'un raccordement électrique.

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

Equipement Opérateur	Gestion des cordons	Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		
Equipement Opérateur		Tête de distribution (144 fibres)
Equipement Opérateur		
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.

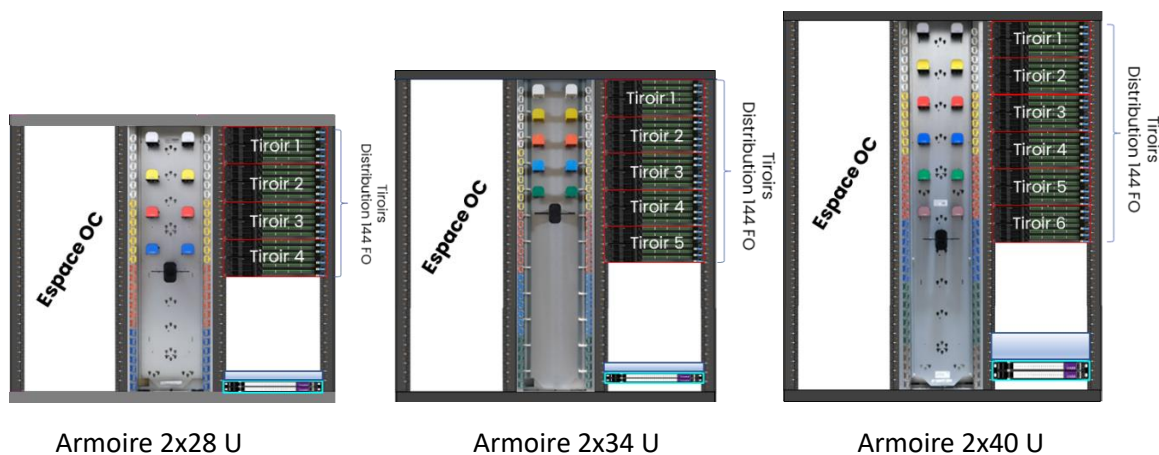
En théorie, en se basant sur les encombrements des tiroirs de distribution (densités maximales de 48 raccords SC/APC simplex par U, voir **chapitre 3.3**), une colonne de 19 pouces de 28U permettrait d'accueillir au maximum 8 têtes de distribution 144 FO, soit 1152 fibres distribuables, en prenant en 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 d'exploiter correctement jusqu'à 600 clients raccordés :

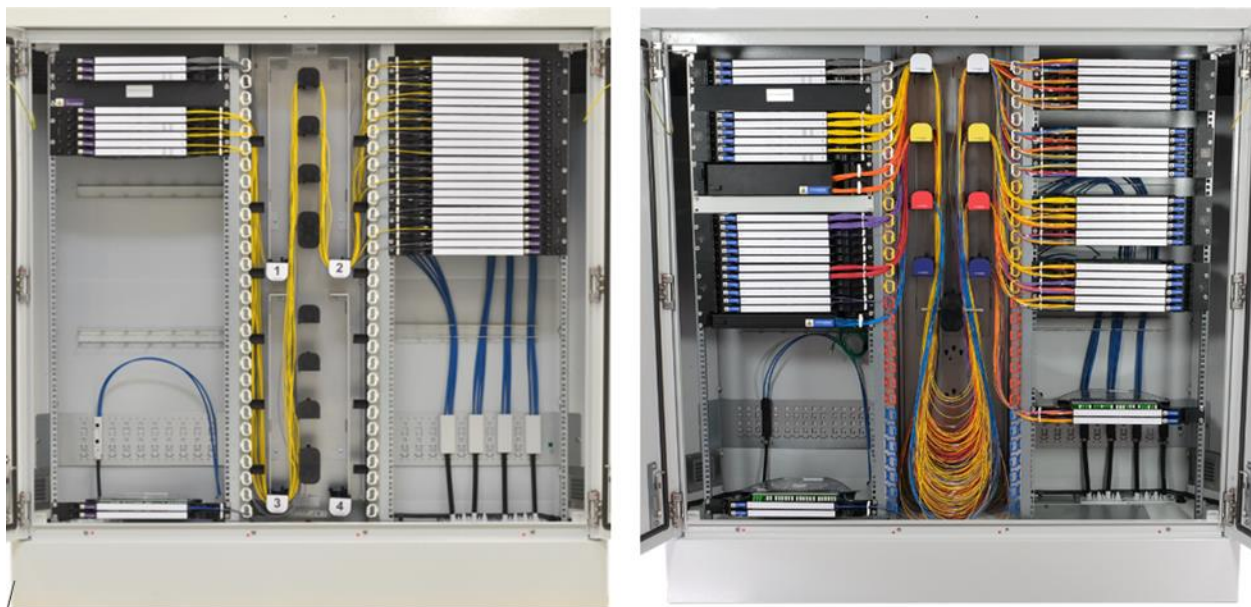
- en utilisant des cordons de diamètre de 1,6 mm (600 cordons entre les têtes de distribution et les équipements opérateurs), sous condition que tous les cordons non utilisés soient déposés.

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, correspondant à 600 cordons ;
- à 6 têtes de distribution 144 FO soit 864 FO pour une armoire 2x34 U, correspondant à 700 cordons ;
- à 8 têtes de distribution 144 FO soit 1152 fibres distribuables pour une armoire 2x40 U, correspondant à 800 cordons.



Les tiroirs de transport optique 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 6**.



Exemples de PM avec 576 fibres distribuées, brassage en W et en M

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). Ces anneaux seront colorés suivant un code couleur harmonisé avec les plots dans le cas où l'espace central de gestion des cordons est avec une organisation type « M »).
- des plots numérotés (en W) ou colorés suivant un code couleur harmonisé avec les anneaux (en M) pour faciliter la description du brassage ;
- des flancs de séparation verticaux de part et d'autre du résorbeur, contraignant le cheminement des cordons si l'espace central de gestion des cordons est avec une organisation type « W » ;
- une fiche plastifiée affichée dans la porte intérieure décrivant le cheminement en W ou en M à respecter ainsi que la gestion des anneaux plastiques verticaux et des informations sur l'installation d'un cordon. 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.

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 6**.

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 (voir paragraphe « *Autres Publications* »), « *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'adjoindre 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 **Annexe 2**.

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 2**).

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.

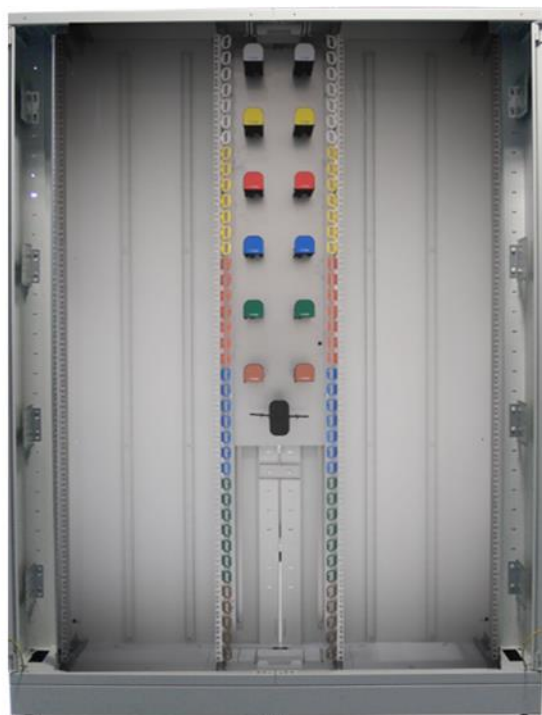
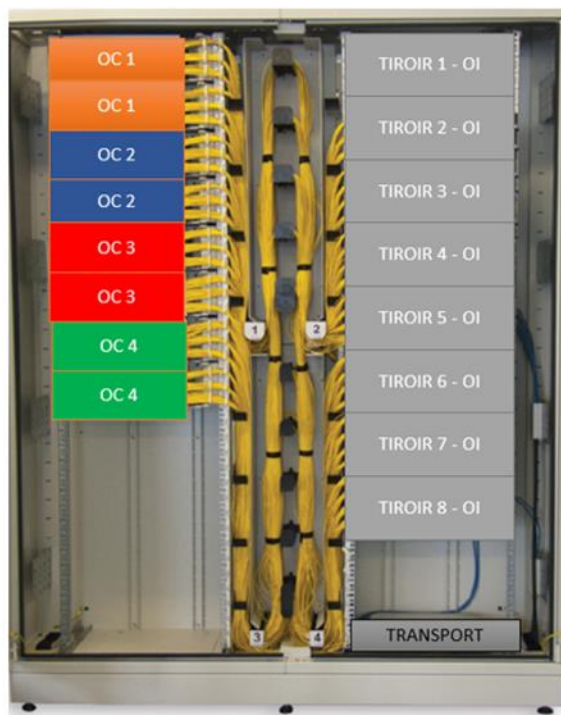
Idéalement l'architecture du répartiteur devrait comporter des cheminements dédiés spécifiques suivant les fonctionnalités :

- 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 et adaptée selon un cheminement spécifié par le constructeur qui permet d'assurer la pérennité du système (type « W » ou « M ») ;
- zone dédiée au cheminement des demi-cordons ou cordons optiques 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.



Armoires « Indoor » 2 x 40U avec zone de brassage en « W » ou « M » et 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.

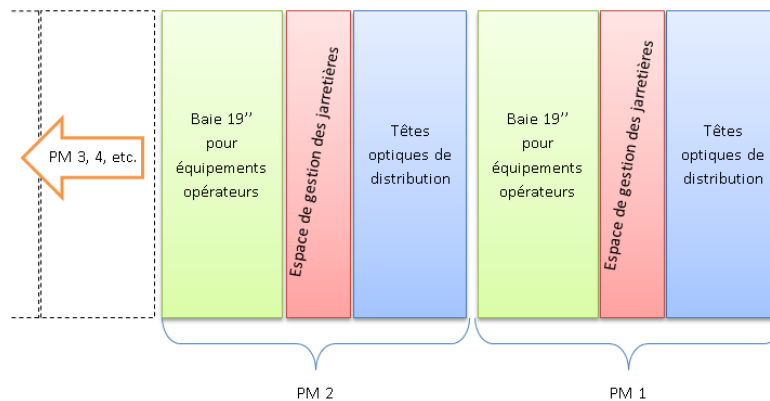
De plus pour améliorer la gestion et l'encombrement des cordons dans le PM, l'armoire devra comporter :

- un anneau plastique par U installé sur toute la hauteur des montants dès la pose de l'armoire (pas au fil de l'eau). Ces anneaux seront colorés suivant un code couleur harmonisé avec les plots dans le cas où l'espace central de gestion des cordons est avec une organisation type « M » ;
- des plots numérotés (en W) ou colorés (en M) suivant un code couleur harmonisé avec les anneaux pour faciliter la description du brassage ;
- des flancs de séparation verticaux de part et d'autre du résorbeur, contraignant le cheminement des cordons si l'espace central de gestion des cordons est avec une organisation type « W » ;
- un cheminement des demi-cordons optiques 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 ou en M 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 3.2.2** 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 hautes et basses (au mieux 50 % raccordées à la zone haute et 50 % raccordées à la zone basse, 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 1, 3b et 2 constitutifs du 7ème cycle d'analyses de marchés (2024 - 2028) de l'ARCEP (voir paragraphe « *Autres Publications* »).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 (i.e. Garantie de Temps de Rétablissement) 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 **chapitre 5.2** pour la desserte optique et **chapitre 6.3** pour le transport optique).

À ce titre, dans les paragraphes suivants, nous ne traiterons que de la QoS pour une offre d'accès passif à l'infrastructure BLOM et n'évoquerons pas la GTR liée à des offres de services. Ces offres d'accès passif pourraient être déclinées en fonction de l'association des pratiques mises en œuvre au point de mutualisation et de l'architecture ZA PM déployée (BLOM par l'opérateur d'infrastructure).

Pour proposer une offre avec QoS spécifique à un utilisateur final, un opérateur commercial pourra être amené à demander à l'opérateur d'infrastructure (si ce dernier le propose) 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 :

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

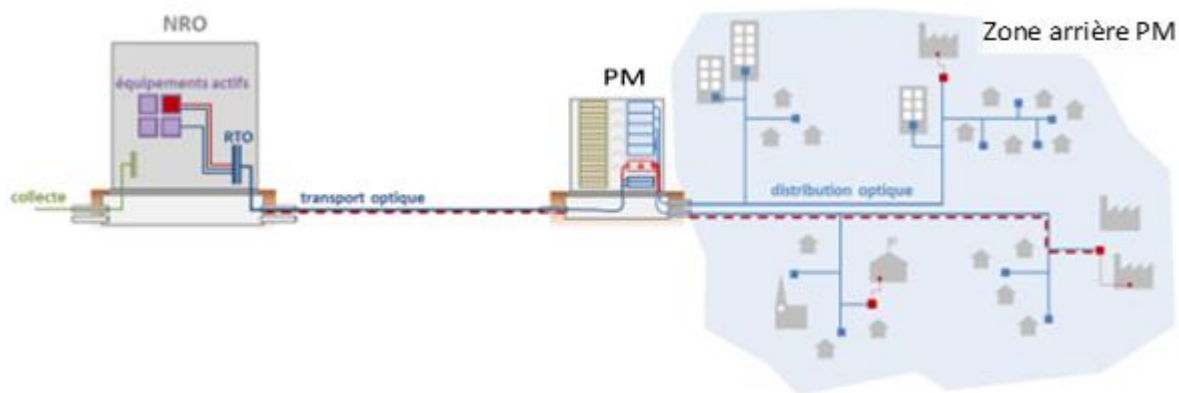
Certaines de ces pratiques peuvent permettre de réduire à la fois le taux de panne et le temps de réparation.

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. Schéma de principe des ingénieries FttE sur BLOM

L'architecture technique mise en œuvre devra permettre des livraisons des liens optiques FttE au RTO (ou PRDM) ou au PM.



Principe de l'architecture FttE :

Le tableau ci-dessous décrit quatre différentes options de déploiement du FTTE mises en œuvre à ce stade par les Opérateurs d'infrastructures. Les fibres FttE sont mutualisées avec les fibres FttH dans le câble de transport. Celui-ci arrive au PM soit sur un tiroir mutualisé avec le FttH soit sur un tiroir dédié. Pour la distribution de la zone arrière du PM, deux options existent, soit un tiroir dédié aux fibres de distribution FttE, soit un tiroir mutualisé avec les fibres FttH.

	Architecture mutualisée au câble de transport	Architecture mutualisée au PM – Tiroir de transport	Architecture mutualisée au PM -- Tiroir de distribution
Option 1	Oui	Oui	Non
Option 2	Oui	Non	Non
Option 3	Oui	Non	Oui
Option 4	Oui	Oui	Oui

4.1.1. Pratiques déployées au PM

Les deux tableaux ci-après décrivent les différentes options mises en œuvre à ce stade par les opérateurs pour réaliser les raccordements FttE réalisés au PM pour une livraison au PM ou au PRDM. **En Annexe 24**, les différentes configurations associées à ces options sont précisées en détail via des schémas techniques.

Livraison au PM :

OI	Type de sécurisation du lien FttE réalisée au PM	Passage par la zone de brassage
Option 1	Cordon avec fiches sécurisées	OUI en « M » OUI en « W »
Option 2	Demi-cordon soudé au niveau du tiroir dédié à la distribution FttE	OUI en « M » OUI en « W »
Option 3	Cordon avec fiches sécurisées	NON en « M » OUI en « W »

Livraison au PRDM :

OI	Type de sécurisation du lien FttE réalisée au PM	Passage par la zone de brassage
Option 1	Cordon avec fiches sécurisées	OUI en « M » OUI en « W »
Option 2	Fibres transport et distribution soudées dans le tiroir dédié distribution	Sans Objet (passage intra-tiroir dédié)
Option 3	Cordon avec fiches sécurisées	NON en « M » OUI en « W »

4.2. Pratiques préconisées au PM

4.2.1. 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 sera intéressant d'appliquer une distinction particulière (liseré, motif, diamètre, etc.) aux cordons des accès titulaires d'une QoS spécifique.

Une telle distinction permettrait :

- par la suite d'alerter tous 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.

4.2.2. Chemin de cordon sécurisé

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

Bien que l'aménagement d'un chemin spécifique avec protection mécanique des cordons des lignes titulaires de QoS spécifique soit bénéfique, la structure des armoires n'intègre pas cette fonctionnalité. Cette évolution structurante pourrait 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 3**.

4.2.3. Utilisation de fiches sécurisées

L'utilisation de fiches de connecteurs sécurisées SC/APC permet d'éviter le débranchement accidentel ou volontaire 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 exigences dimensionnelles et normes de performance qu'une fiche non sécurisée et à des exigences dimensionnelles additionnelles, mentionnées en **Annexe 5**, liées à l'usage au PM. L'utilisation de telles fiches pourra être complétée :

- par un marquage et une couleur spécifique du câble cordon et/ou une couleur spécifique de la connectique sécurisée ;
- par un câble cordon si possible plus résistant, tout en conservant un diamètre 1,6 à 2mm afin d'en limiter l'encombrement.

Ce système constitue une protection contre la déconnexion accidentelle ou volontaire mais ne constitue en aucun cas une protection contre le vandalisme et ne saurait résister à des efforts de traction très importants, et/ou des coupures de câbles à la pince coupante.

4.2.4. 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.

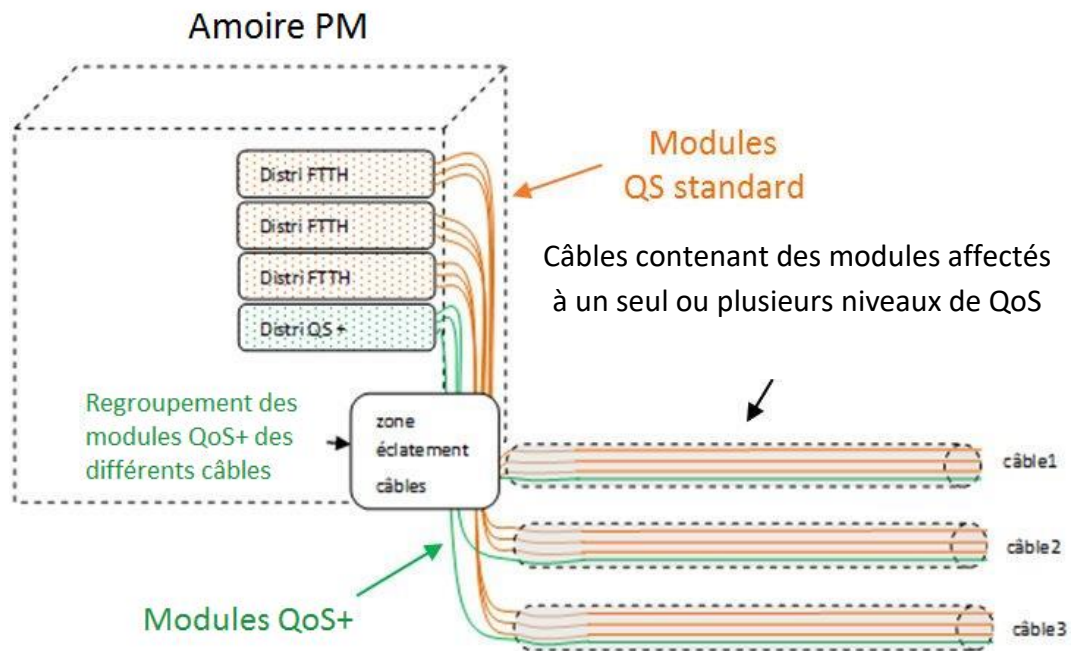
La possibilité de pouvoir regrouper ces ressources de distribution dans un tiroir spécifique au niveau du PM est conditionnée par l'identification, au niveau de chaque câble de distribution, de modules (ou tubes) entiers spécifiques à ce type de raccordements, destinés à être regroupés dans le tiroir QoS.

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 QoS pourra, si nécessaire, bénéficier :

- d'une fermeture adaptée le distinguant des autres tiroirs de distribution ;
- de connectiques sécurisées ;
- de cassettes d'épissures.

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.



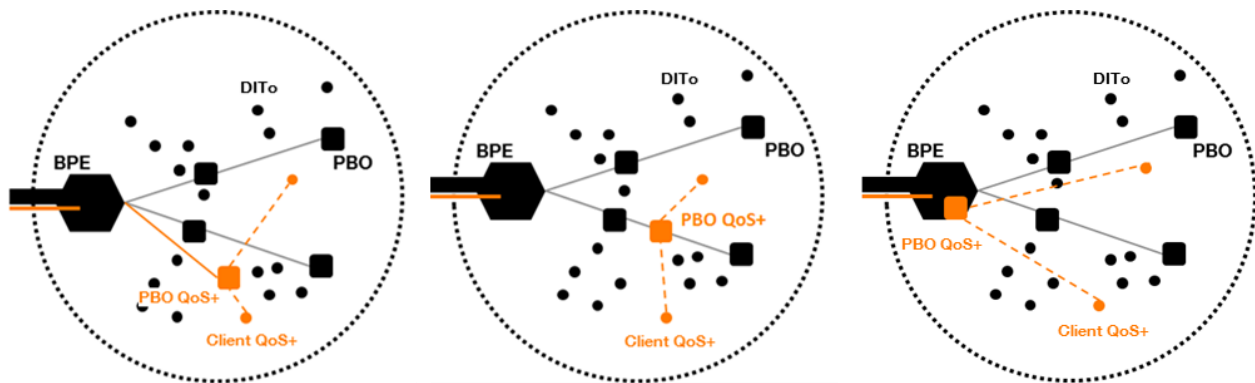
4.3. Pratiques envisageables au PBO

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 (phase de construction des raccordements finaux notamment). 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 dommages sur les fibres contenues dans le PBO.

4.3.1. PBO spécifiques aux accès QoS

La possibilité de regrouper des modules 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 :



BPE: Boîtier de Protection d'Épissures
PBO: Point de Branchement Optique
DTIo: Dispositif de Terminaison Intérieur Optique

Option N°1	Option N°2	Option N°3
PBO QoS+ sur câble de distribution terminale <u>spécifique</u> à la QoS+	PBO QoS+ sur câble de distribution terminale <u>non-spécifique</u> * à la QoS+	PBO QoS+ colocalisé avec 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, mais point technique servant également au

		réseau non-QoS+ (ex : extension capacitaire).
(+) : Souplesse de déploiement pour la partie QoS+, avec provision du nombre de μ Modules adapté à la demande (i.e. $N * \text{Modules par PBO}$ / Pas de partage de μ Modules sur plusieurs PBO QoS+)	(+) : Rapidité de mise en œuvre de PBO QoS+ (si μ Modules spécifiques disponibles)	(+) : Sécurisation renforcée (i.e. non-accessibilité directe)
(+) : Ingénierie de dimensionnement des câbles de distribution simplifiée.		
Solution fortement préconisée	Solution alternative	Solution minimale <i>(si possible à proscrire)</i>

Sur la base des 3 scénarii proposés ci-dessus pour la QoS, il est fortement recommandé d'allouer un ou plusieurs modules entiers du point de mutualisation au PBO QoS.

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 Annexe 8**.

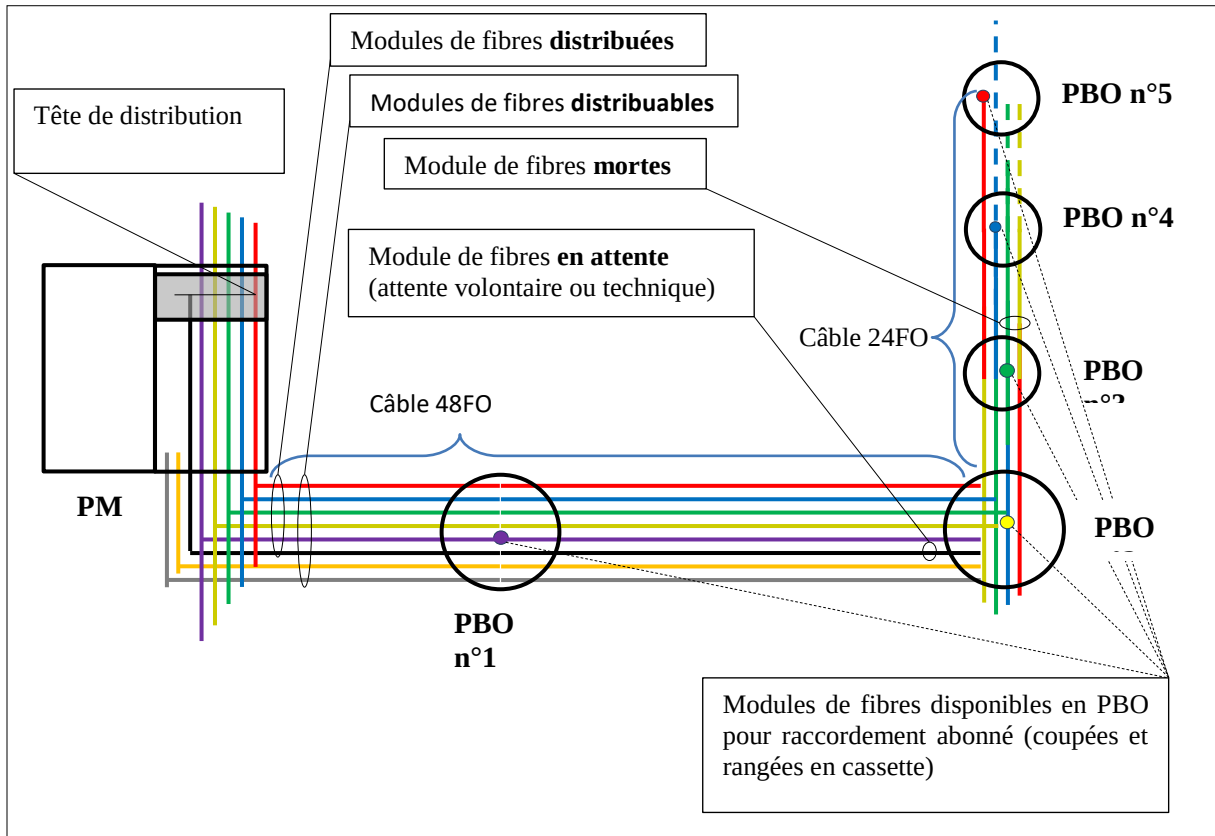
Le code couleur à utiliser pour le repérage des fibres au sein du câble est décrit en **Annexe 9**.

Les spécifications techniques des PBO à utiliser sont décrites en **Annexe 10**.

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 (voir paragraphe « *Autres Publications* ») 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 (voir paragraphe « *Autres Publications* ») : « *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 – DTlo pour chaque logement ou local professionnel *a minima*). Les obligations de taille minimale de zone arrière établies dans la décision n° 2010-1312 (voir paragraphe « *Autres Publications* ») 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%

Les surcapacités présentées dans le tableau ci-dessus sont calculés sur la base des locaux desservis :
Nombre de fibres en surcapacité / Nombre de locaux desservis.

Par exemple, un PBO disposant de 6 fibres et desservant 5 locaux, possède une fibre en surcapacité, représentant 20 % (1/5) des locaux desservis.

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). 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 organiseurs 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 connecteurisation 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 connectorisée 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. Règles de mise en œuvre par domaine d'emploi

La mise en œuvre des PBO diffère en fonction du domaine d'emploi de celui-ci. Il existe actuellement trois domaines d'emploi : souterrain, aérien et intérieur.

Mise en œuvre 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 DTIO 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* » publié en 2011 sur le site du gouvernement (voir paragraphe « *Autres Publications* »), 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. »*

Mise en œuvre en aérien

Cette partie traite de la mise en œuvre des PBO en aérien et, notamment, de l'arrimage des câbles optiques aériens de transport et de distribution aux BPE et PBO dans la BLOM.

En particulier, les règles d'arrimage des mèches de renforts souples des câbles optiques et de réalisation des loaves de blocage, sont spécifiées au niveau de leur occurrence et de leur réalisation.

Les BPE/PBO en aérien peuvent être fixés sur poteau ou plus rarement sur façade.

L'opération de soudure ou de connectivisation lors des raccordements finaux est souvent réalisée depuis une nacelle. De mauvaises conditions climatiques (pluie, vent, grand froid) sont susceptibles d'impacter la qualité et la réussite des opérations de raccordement, particulièrement dans le cas des soudures.

Dans le cas des PBO, il est possible d'utiliser des boîtiers connectivisés (connectique étanche externe ou connectique non-étanche interne) afin de permettre un raccordement plus simple et un temps d'intervention en hauteur plus court.

Il est recommandé de positionner les BPE/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 BPE/PBO) ;
- le coût de la maintenance (incitant à baisser la hauteur du BPE/PBO) ;
- la sécurité des passants (incitant à augmenter la hauteur du BPE/PBO) ;
- le risque de vandalisme (incitant à augmenter la hauteur du BPE/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 autant que possible la longueur du raccordement client (longueur de câble de branchement entre le PBO et le DTlo 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.

Comme mentionné en **Annexe 8** les câbles optiques aériens de transport et de distribution utilisés dans la BLOM sont spécifiquement étudiés pour ce mode de pose et sont conformes à des textes normatifs fixant des exigences particulières, notamment la norme AFNOR XP C 93-850-3-25.

Dans le cas de portées longues ou/et de risques 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.

Effet de pistonage des câbles aux BPE/PBO et solutions adaptées :

Il est nécessaire de prendre en compte l'effet de « pistonage » en entrée ET en sortie des boîtiers (BPE et PBO).

- Description du phénomène de pistonage :

Lors de contraintes sur le câble optique de transport ou de distribution entre deux poteaux (poids du câble, vent, givre...), ces contraintes entraînent un allongement du câble. L'âme du câble, constituée par les micromodules optiques et les éventuels éléments de renforts souples, désolidarisée de la gaine, est alors soumise à un phénomène de recul à l'intérieur du câble, visible aux extrémités libres des câbles. Aussi, si aucune précaution n'est prise, cela peut se traduire par une casse des épissures voire des fibres elles-mêmes dans les boîtiers.

- Maitrise du phénomène de pistonnage :

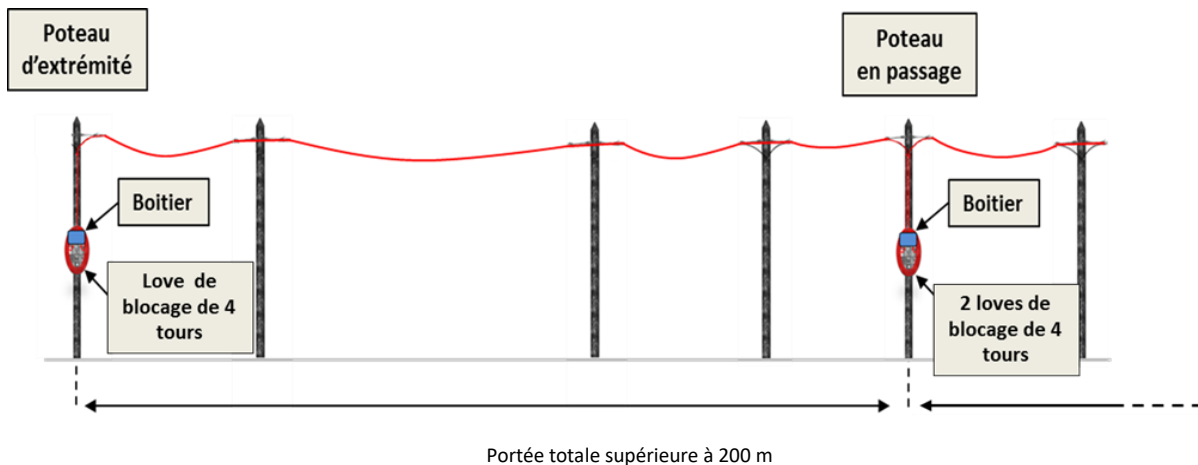
Pour éviter ces dommages, il est nécessaire de réaliser des loves de blocage (solution préférentielle).

Néanmoins, lorsque les règles de partage éditées par le propriétaire ou le concessionnaire de l'infrastructure aérienne réduisent la possibilité de faire des loves, il est nécessaire alors d'arrimer solidement les mèches de renfort souples à l'extrémité de la gaine du câble dans le boîtier de préférence par un collier métallique ; ce procédé n'induit pas d'effort supplémentaire sur le boîtier, le retour d'expérience montre que ce procédé est moins efficace que la mise en œuvre de loves de blocage.

Cette précaution, d'arrimage des mèches de renfort souples, est insuffisante dans les deux cas suivants notamment :

- déploiement d'un câble aérien sur plus de 200 mètres entre deux boîtiers consécutifs ;
- 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.

Il est alors nécessaire de recourir au love de blocage à chaque entrées et sorties des BPE/PBO de passage ou d'extrémité :



Exemples de réalisation (Conditions de distances nécessitant la mise en place de loves de blocage)

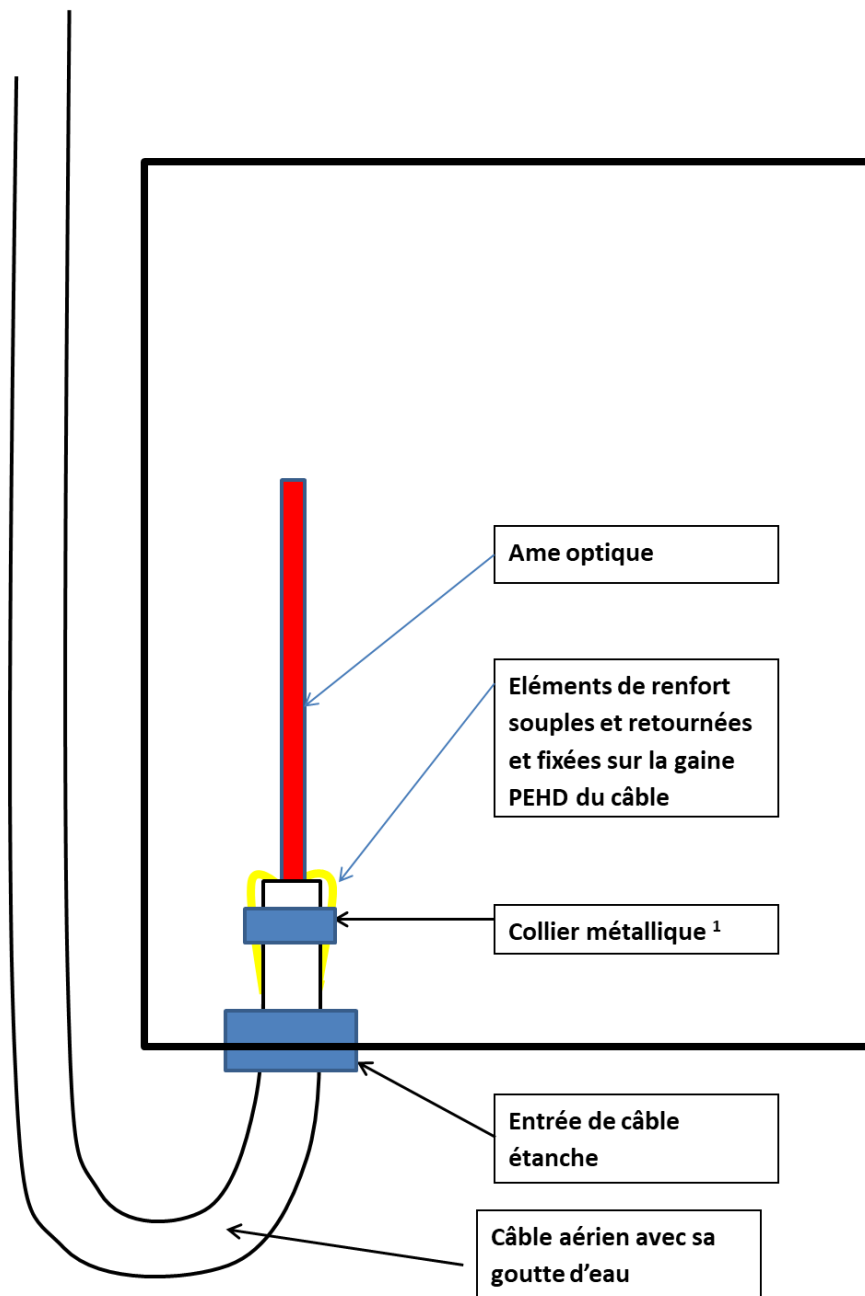
Rappel : les loves de blocage n'ont pas vocation à être démontés

Règles de mise en œuvre des arrimages et des loves de blocage aux BPE/PBO :

Cette partie spécifie les règles de mise en œuvre des arrimages des mèches de renforts souples ainsi que des loves de blocage.

- Règles liées à l'arrimage des renforts souples :

L'arrimage des mèches de renfort souples est réalisé à l'extrémité de la gaine du câble dans le boîtier par un collier de serrage métallique de préférence (cf schéma ci-dessous)



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

Exemple d'arrimage des mèches.

Une attention particulière doit être portée à l'agencement des mèches de renfort souples afin de ne pas risquer un pincement des modules en cas de pistonnage.

L'arrimage des renforts souples ne sera pas possible dans le cas où l'âme du câble ne comprend pas ces éléments. Cette situation ne se rencontre que pour les câbles de transport ou de distribution d'une contenance inférieure ou égale à 2 micromodules (selon norme AFNOR XPC 93 – 850-3-25). Il est alors implicite que ce câble a été conçu pour limiter le phénomène de pistonnage, dans la plage de

fonctionnement du câble, défini par le câblé, et dans les limites de tensions de la fiche technique du câble.

- Règles de réalisation du love de blocage :

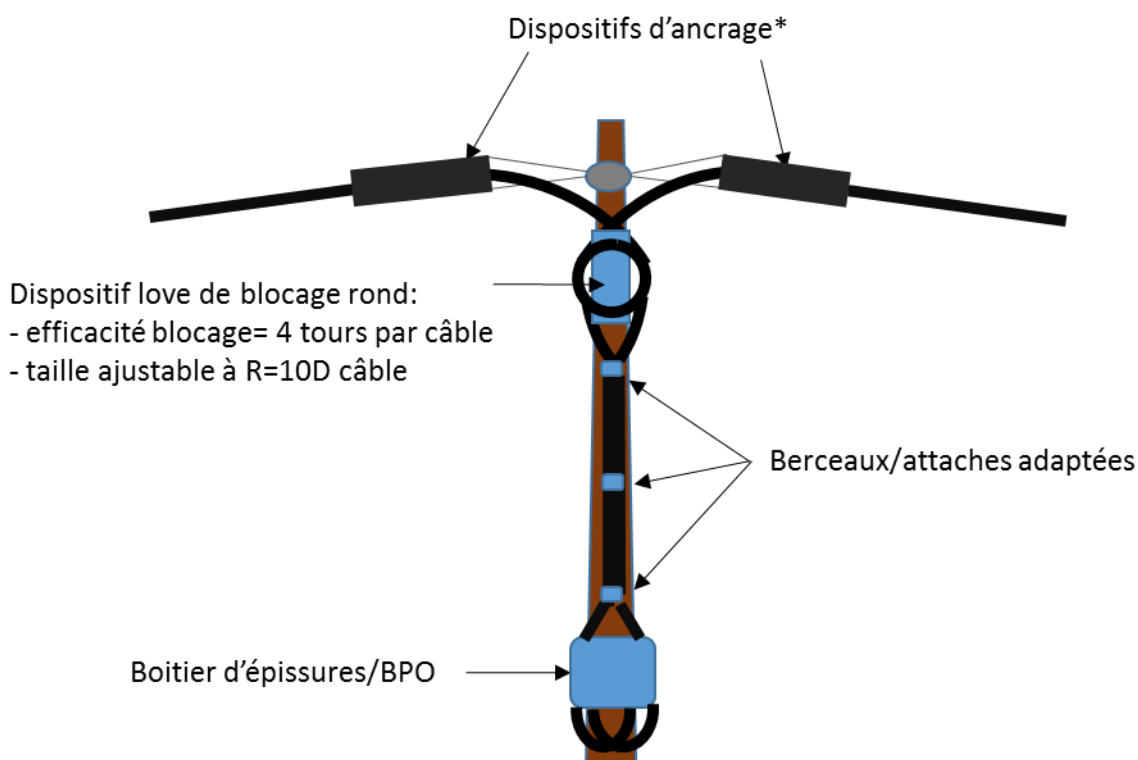
Enroulement de 4 boucles de câble au rayon minimum de courbure statique du câble à chaque entrée ET sortie d'un boîtier.

De plus, les dimensions imposées par le gabarit seront inférieures à :

300 mm de largeur et 500 mm de hauteur, pour les câbles dont le diamètre est inférieur ou égal à 13mm.

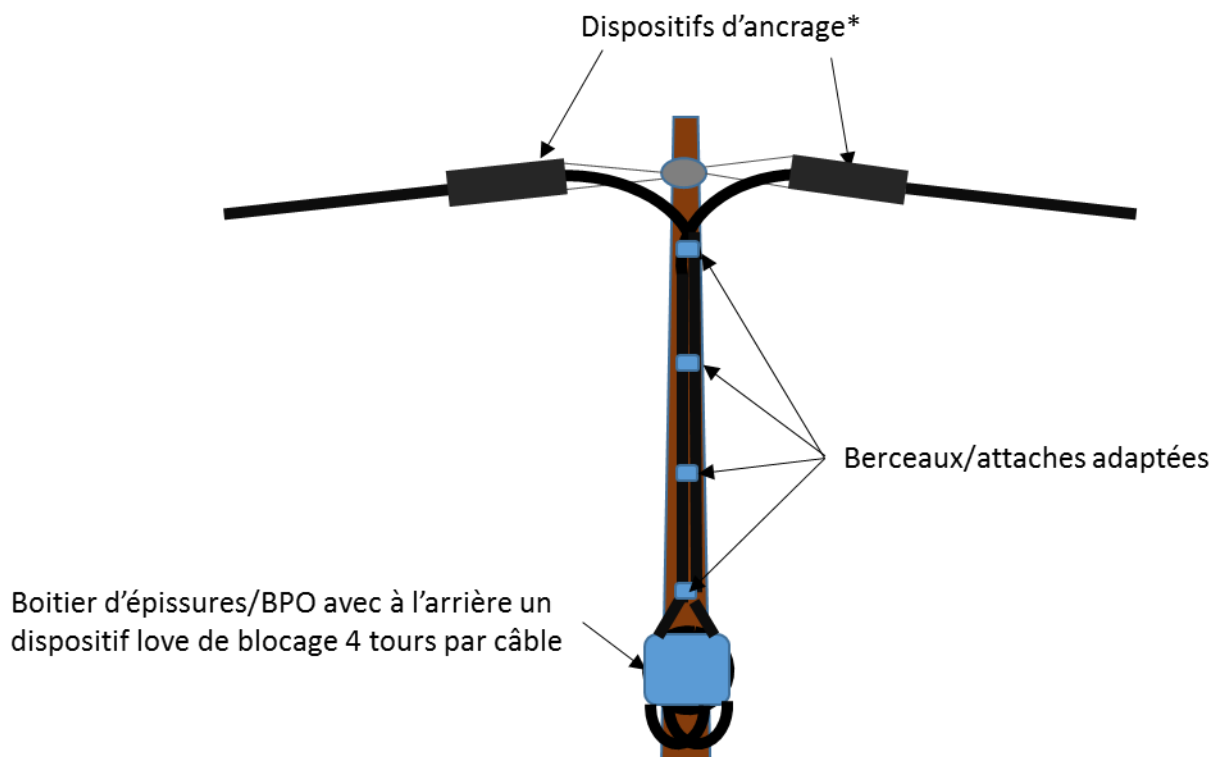
500 mm de largeur et 800 mm de hauteur, pour les câbles dont le diamètre est supérieur à 13mm.

Idéalement ces boucles doivent être réalisées au plus près du dispositif 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 le dispositif 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 dispositifs d'ancrage
(rappel : les loves de blocage n'ont pas vocation à être démontés)*

*Dispositifs d'ancrage : conformément aux caractéristiques décrites en **Annexe 8**



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

Éléments complémentaires :

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. 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 (voir paragraphe « *Autres Publications* »).

Mise en œuvre 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)

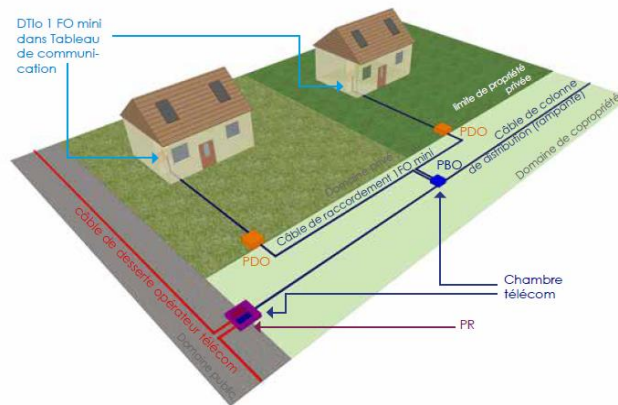
Les câbles de branchement optiques utilisés pour les raccordements de clients peuvent être composés de plusieurs fibres. Pour les clients nécessitant une seule fibre optique à la date du raccordement, les questions se posent entre autre de :

- connecter ou non les autres fibres au niveau du DTlo ;
- 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 sur l'identification des lignes en fibre optique jusqu'à l'abonné (voir paragraphe « *Autres Publications* »).

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 DTlo, un point de démarcation optique (PDO) tel que défini par la norme AFNOR XP C 90486 et le guide pratique d'Objectif Fibre « *Raccordement et câblage des locaux individuels neufs à un réseau en fibre optique Résidentiel ou professionnel, isolé ou en lotissement* » (voir paragraphe Publications). Pour plus d'information sur ce PDO, le lecteur est invité à consulter cette norme et ce guide.



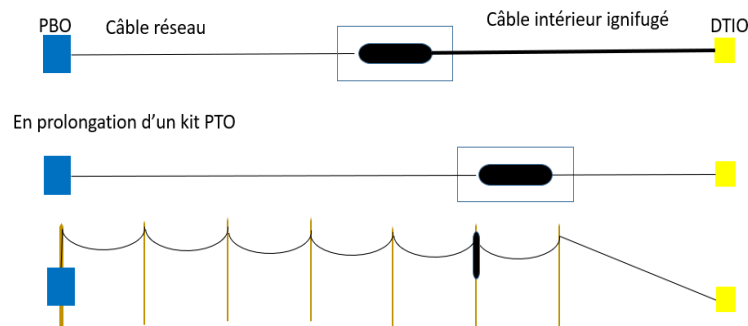
5.5. Le kit de raccordement optique étanche sur le tronçon PBO-DTIO

Dans certains cas de construction ou de maintenance curative (listés ci-dessous), on peut faire appel à un kit de raccordement optique étanche (KROE) permettant de prolonger ou de réparer une section du câble de branchement.

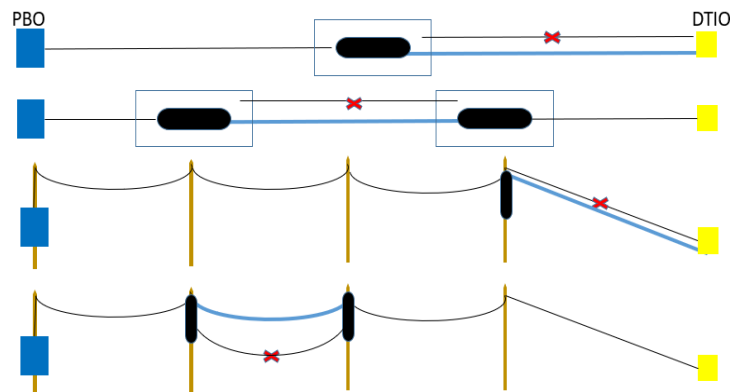
Les spécifications techniques de ce boîtier sont décrites en **Annexe 22**.

5.5.1 Cas d'un branchement dit standard en infrastructures souterraines et aériennes

Le kit de raccordement optique étanche pourra être utilisé pour la réalisation d'une transition intérieur-extérieur ou en limite de propriété privée comme PDO (point de démarcation optique).



Son utilisation est aussi envisagée dans le cadre de la maintenance curative pour le rétablissement de lignes (remplacement de tronçons défectueux).

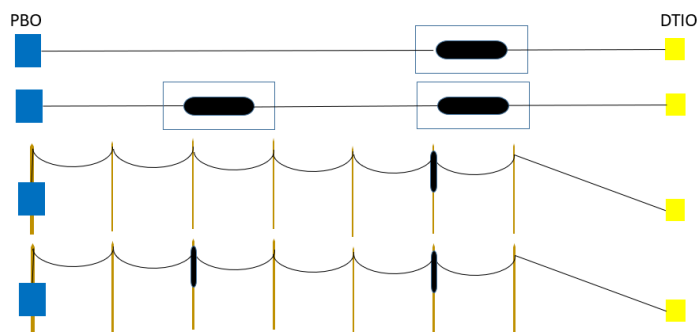


Ainsi le nombre d'unités autorisées et justifiées sur une ligne de branchement est donc au maximum de 2 + 1 en extrémité si nécessaire (déploiement et maintenance comprise).

5.5.2 Cas d'un branchement dit « raccordement long en infrastructures souterraines et aériennes » :

Du fait de l'utilisation de touret de câble de 500m, le nombre d'unités acceptables est de 2.

En complément, le kit de raccordement optique étanche pourra être utilisé pour la réalisation d'une transition intérieur-extérieur ou en limite de propriété privée comme PDO (point de démarcation optique) tout en respectant les spécifications des produits et les règles de l'art



Les autres projections d'utilisation sont les mêmes que pour un branchement standard (déploiement et maintenance).

Le nombre d'unités autorisées et justifiées sur une ligne de branchement est donc au maximum de 2 + 1 (en extrémité si nécessaire).

A cela, on peut ajouter le nombre d'unité nécessaire à la maintenance curative de la liaison, et ce dans la limite du maintien du fonctionnement du lien (bilan optique). Cette limite atteinte, une remise en conformité totale de la liaison PBO-DTIO se devra d'être opérée.

5.5.3 Règles opérationnelles

Dans les infrastructures aériennes :

- Le nombre de kits sur appui est limité aux règles d'ingénierie de la convention d'usage du gestionnaire de l'infrastructure (Orange, Enedis, Eclairage public, etc.) ;
- Le positionnement des kits se fera en partie haute (entre traverse et zone de fixation des PBO) – fixés sur appui ;
- La mise en œuvre du kit n'est pas autorisée sur potelet et en portée ;
- Le lovage des câbles au niveau du kit n'est pas recommandé ;
- L'identification par étiquette est préconisée.

Il va de soi que le câble sera maintenu de part et d'autre du kit par des dispositifs d'ancrage (utilisation de suspensions interdite).

Dans les infrastructures souterraines :

- Le nombre de kits en chambre est limité aux règles d'ingénierie de la convention d'usage du gestionnaire de l'infrastructure ;
- Le lovage des câbles est réduit au strict minimum pour la manœuvre du dispositif ;
- L'identification par étiquette est préconisée.

5.6. Raccordement de sites techniques

5.6.1. Rappel réglementaire

Dans le cadre de la fermeture du réseau de boucle locale cuivre exploitée par Orange, des sites techniques bénéficiant d'une ligne cuivre devront migrer leurs services vers d'autres solutions de connectivité. L'obligation de complétude des réseaux en fibre optique jusqu'à l'abonné (article 3 de la décision n°2010-1312 de l'Arcep) impose en dehors des zones très denses à l'opérateur d'infrastructure FttH de déployer un réseau permettant de raccorder l'ensemble des logements et locaux à usage professionnel dans un délai raisonnable. Bien que cet article ne mentionne pas les sites techniques, le raccordement de tels sites à la boucle locale optique mutualisée représente une des solutions privilégiées pour la migration des services qui leurs sont actuellement fournis sur le réseau de boucle locale cuivre.

Indépendamment de la fermeture du réseau cuivre, d'autres services de connectivité pourraient également être fournis depuis les réseaux de boucle locale optique mutualisée aux sites techniques, notamment aux stations de base des réseaux mobiles. À cet égard, dans sa recommandation du 8 décembre 2020, l'Autorité a considéré « qu'il serait a priori souhaitable que les offres d'accès aux lignes à très haut débit en fibre optique avec qualité de service renforcée d'un opérateur d'infrastructure FttH permettent à un opérateur commercial de raccorder des stations de base mobiles via les fibres optiques surnuméraires du réseau FttH déployé ou exploité par cet opérateur d'infrastructure, dans la limite de leur disponibilité ».

5.6.2. Exemple de solution pour le raccordement des sites techniques

La solution technique décrite dans ce paragraphe constitue un exemple qui a été décliné par plusieurs opérateurs d'infrastructure dans leurs offres d'accès et spécifications techniques d'accès aux services pour le raccordement de sites mobiles.

Cette solution technique pour le raccordement à la boucle locale optique mutualisée de sites techniques consiste en l'installation d'un câble à fibre optique depuis un boîtier spécifique destiné au raccordement du site technique.

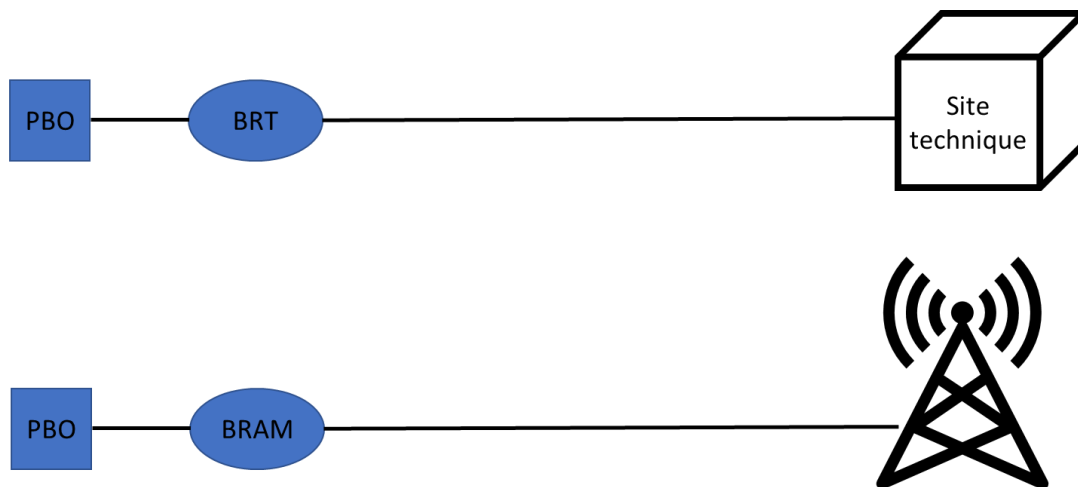
Nota : les spécifications techniques de ce câble à fibre optique sont à l'étude par le comité d'experts fibre.

Ce boîtier spécifique dédié au raccordement de sites techniques (BRT) est installé entre un PBO et le site technique. Il est relié au réseau PM-PBO par l'intermédiaire d'un lien en fibre optique monofibre ou multifibres.

Le BRT correspond au point de livraison pour le raccordement du site technique dans les solutions actuelles. Afin d'éviter toute ambiguïté sur la fonction du boîtier utilisé en tant que BRT, il est préconisé :

- de recourir à une méthode d'identification systématique du boîtier utilisé en tant que BRT ;
- et/ou de permettre de distinguer visuellement un PBO d'un boîtier utilisé en tant que BRT.

Le schéma d'ingénierie pour l'installation du BRT est le suivant :



Légende :

— Câbles à fibre optique pour le raccordement du site technique (monofibre ou multifibres)

Dans le cas particulier du raccordement d'une antenne mobile ou d'un point haut, le boîtier de raccordement utilisé est un boîtier de raccordement d'antennes mobiles (BRAM).

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 (voir paragraphe « *Autres Publications* »).

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 (voir paragraphe « *Autres Publications* »).

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 (voir paragraphe « *Autres Publications* »), 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 5.2.2**. Si l'on envisage de fournir des services de type « fibre dédiée » il sera nécessaire de dimensionner le transport optique en conséquence.

6.3.2. Besoin en fibres pour les opérateurs PON.

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

Le nombre de fibres prévues pour les besoins PON peut être calculé en divisant le nombre de locaux de la zone arrière du PM par le taux de couplage moyen. Le comité d'expert considère aujourd'hui qu'un **taux de couplage 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 *a 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 5.2.2**).

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> ³	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.

³ Des besoins complémentaires en fibres peuvent également être nécessaires pour assurer l'évolutivité des systèmes optiques des OC.

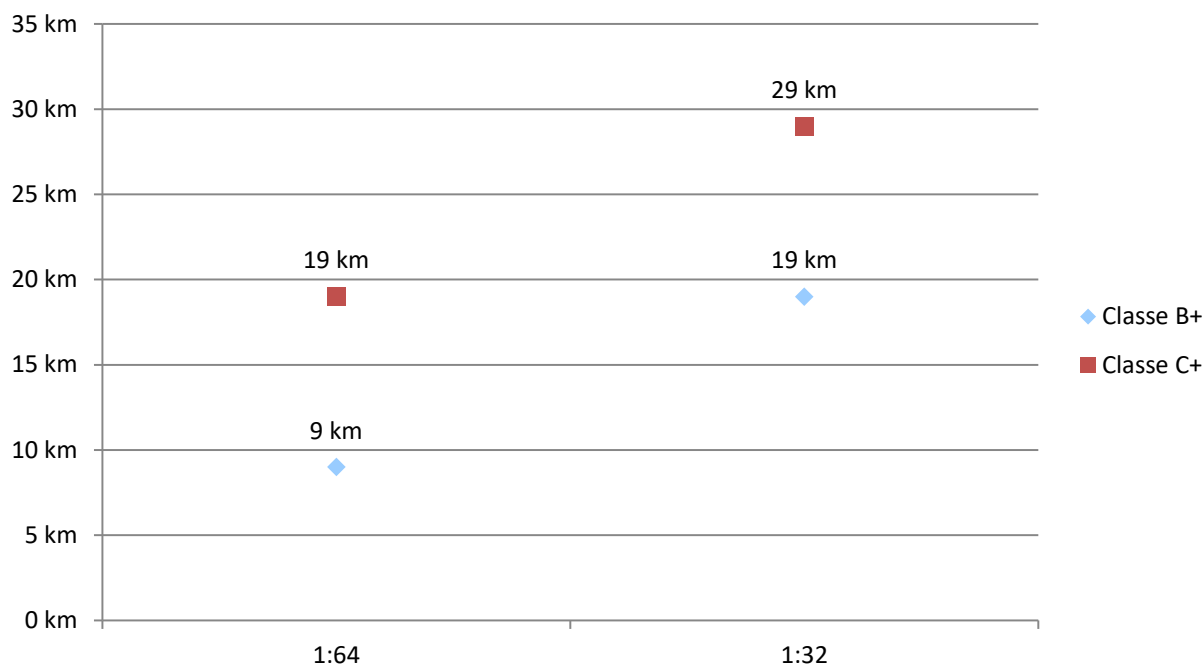
7. Les contraintes d'affaiblissement optique GPON et nouvelles technologies

L'Arcep a publié en septembre 2012 une synthèse des travaux menés sur l'affaiblissement optique en-dehors des zones très denses (voir paragraphe « *Autres Publications* »).

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 termes 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 (vieillissement 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 **Annexe 6**.

Une marge de vieillissement d'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 – DTlo, 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.

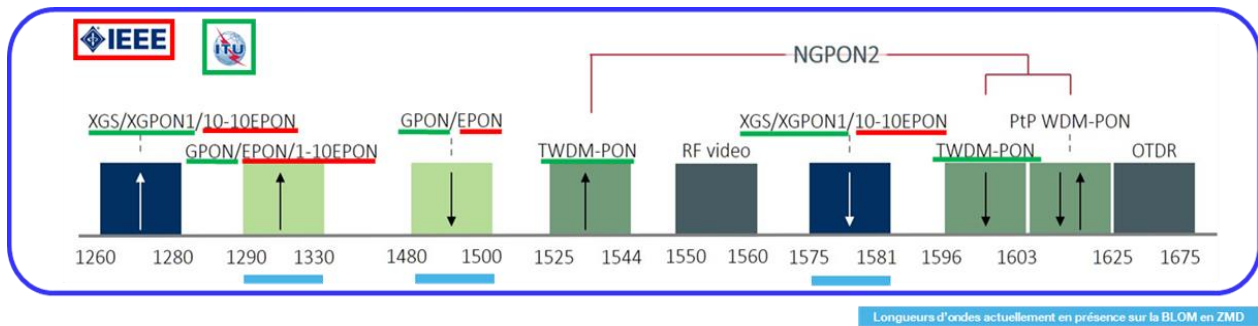
7.2. Impact de l'introduction des nouvelles technologies sur les contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FttH

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

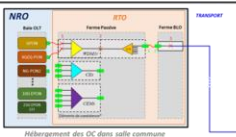
Pour toute introduction de nouvelle technologie d'activation de la fibre, il convient de vérifier la coexistence possible des longueurs d'onde de chaque technologie.

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 :

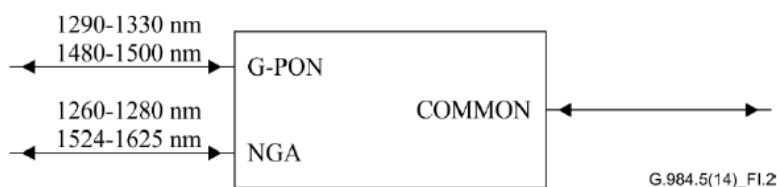
Option 1	Injection sur fibres de transport dédiées	Avantage: - Pas d'éléments atténuants supplémentaire sur le chemin optique Inconvénients: - Nécessite 2 fois plus de fibres en transport (<i>Non prévu dans les dimensionnements actuels, ni sur les réseaux déjà déployés</i>) - Opération de brassage au PMZ en cas de churn clients GPON ↔ techno. Post GPON
Option 2	Recours à des éléments de coexistence	 Avantage: - Introduction progressive des technologies post-GPON pour l'Opérateur Commercial Inconvénients: - Introduction d'éléments atténuants 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	 Eléments de coexistence embaqués sur cartes ligne PON Recours à des cartes COMBO** ***) Cartes dites « Multi-PON Modules » au niveau de la norme ITU-T	Avantage: - Introduction progressive des technologies post-GPON pour l'Opérateur Comemrciale , par activation (ou pas) de la technologie post-GPON. - Maintien des portées « originelles » GPON Inconvénients: - 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*).

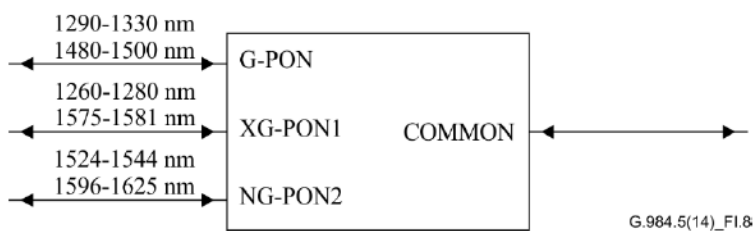
Option 2 : introduction d'un élément de coexistence

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) :



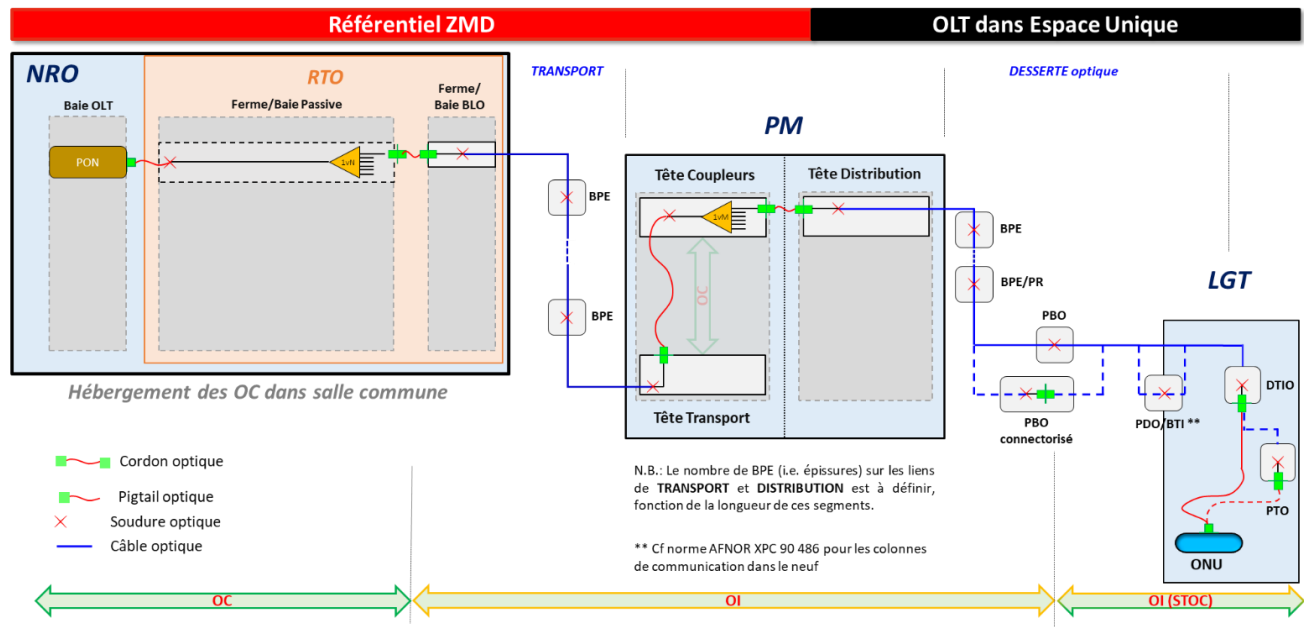
Cas WDM1r – Support GPON et XG(S)-PON



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



Cas CEMx – 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 l'option 2 (i.e. éléments de coexistence) et l'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 et la plus contraignante a priori quant à la portée de la BLOM. Le canal remontant à 1260 nm, tel que spécifié par les standards ITU-T, oblige à travailler sur une fenêtre dans laquelle la fibre présente une atténuation linéique plus importante qu'en GPON (caractérisé par un canal remontant à 1310 nm).

L'évaluation des distances $RTO \leftrightarrow DTlo$ a été réalisée en prenant comme hypothèse, le référentiel suivant basé sur :

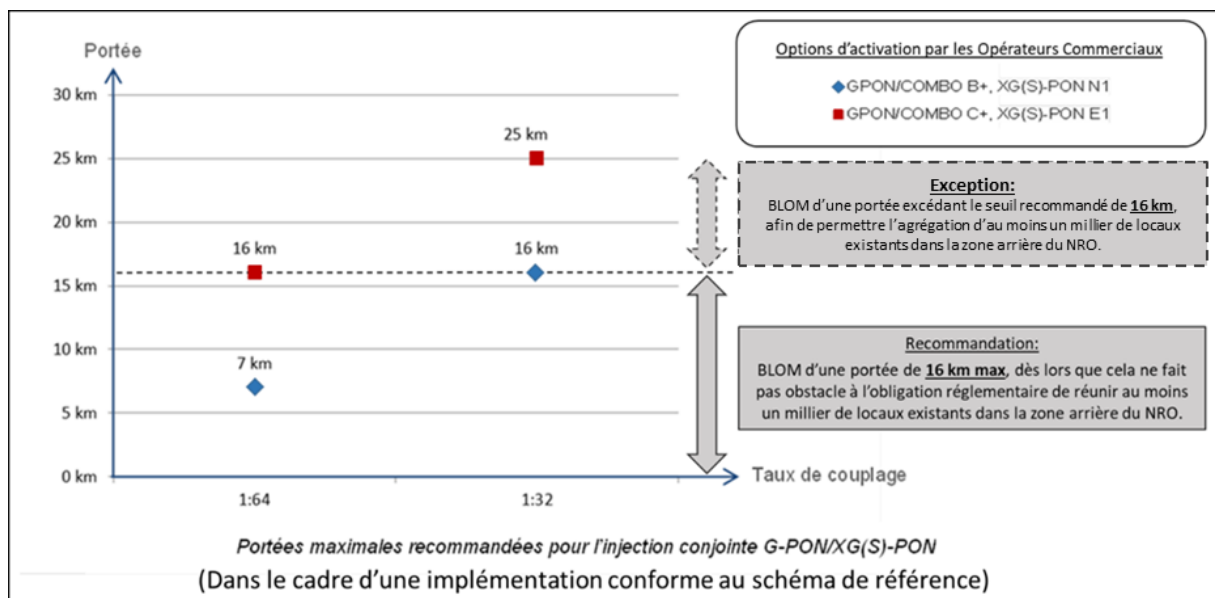
- ✓ L'hébergement des Opérateurs Commerciaux en espace unique au sein du NRO proposé par l'Opérateur d'Infrastructure
- ✓ L'utilisation exclusive (transport + distribution) de fibres G.657.A2 dont les atténuations linéiques, après mise en câble, sont inférieures ou égales aux valeurs max typiques proposées par le comité d'experts en Annexe 6
- ✓ L'application des pertes d'insertion des différents éléments passifs constituant la BLO présentées en Annexe 6
- ✓ La prise en compte des hypothèses de calcul du bilan de liaison décrites au **chapitre 7.1**.

N.B.: Les résultats présentés s'appuient sur une configuration simple (dite de référence) de constitution de la BLOM (cf. §1.3).

Les calculs de longueur max de la BLOM, combinant les tronçons $RTO \leftrightarrow PM$ et $PM \leftrightarrow DTlo$, ont été réalisés pour des couplages optiques standards (i.e. 1:32, 1:64) tels que généralement 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+), sur la base d'un budget optique maximal de 32 dB, à répartir entre l'Opérateur d'Infrastructure d'une part et les différents Opérateurs Commerciaux d'autre part.

Les portées maximales recommandées pour la BLOM (i.e. segment $RTO \leftrightarrow DTlo$), dans le cadre d'une implémentation conforme au schéma de référence, sont précisées dans le graphique ci-après :



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 (i.e. segment RTO ↔ DTIO) 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 des contingences locales justifiables (ex : très faible densité de population à l'échelle d'un territoire, déploiement FttH d'une île ou d'un îlot, couverture d'un hameau très excentré...) contraignent l'Opérateur d'Infrastructure à étendre la portée de la BLOM FttH au-delà de 16 km les Opérateurs Commerciaux pourront être amenés à prendre des dispositions particulières (ex : diminution du taux de couplage optique en deçà des taux de couplages 1 :64 ou 1 :32 déjà mentionnés dans ce paragraphe et/ou augmentation de la classe de puissance lasers) pour permettre l'activation de la BLOM. Dans ce cas, l'Opérateur d'Infrastructure devra prévoir les aménagements nécessaires, notamment en adaptant le dimensionnement du lien de transport (en nombre de fibres) au taux de couplage que les Opérateurs Commerciaux seraient éventuellement amenés à utiliser.

Les 16 km recommandés au moment de l'ingénierie de conception et du maillage en ZAPM, quant à la portée maximale de la BLOM, s'appuient :

1. Sur un schéma d'implémentation dit « de référence » :

A budget d'atténuation constant consommé par l'OI et sur la base du schéma de référence, l'intégration d'éventuelles variantes décrites en **Annexe 20**, a un impact négatif sur la portée maximale préconisée.

L'Opérateur d'Infrastructure est donc invité à prendre en compte ces éléments, lors de la conception initiale de sa boucle locale optique, en limitant, le cas échéant, la portée de la BLOM en-deçà des 16 km recommandés pour respecter un budget optique minimal garanti à usage exclusif des OC ; il en va de la capacité de Opérateurs Commerciaux à activer ces réseaux, de manière classique, répétitive/industrielle et indépendante des choix d'implémentation éventuellement retenus par l'Opérateur d'Infrastructure.

2. Une juste répartition entre les contraintes imposées à la fois à l'OI et aux OC, à savoir :

➤ Dans le cas d'une BLOM d'une portée maximale de 16 km :

➤ 10 dB réservés à l'OI, répartis comme suit :

- 9 dB (Calculés à 1260 nm) pour la constitution initiale de la BLOM incluant le segment de transport (i.e. tronçon entre le connecteur du tiroir de transport du RTO et le tiroir de transport du PM) et le segment de distribution (i.e. tronçon entre le connecteur du tiroir de distribution au PM et le connecteur du DTIo).

N.B. : ces 9 dB permettront à l'OI un parcours maximum de 16 km, à moins que des contraintes locales ne l'obligent à étendre la BLOM au-delà de cette recommandation.

- 1 dB de marge opérationnelle permettant d'anticiper les événements liés à la vie du réseau (ex : réparations, dévoiements, vieillissement de la BLOM passive).

Ainsi, lors du 1^{er} établissement réseau, l'atténuation optique de la BLOM ne devra excéder 9 dB (estimée à 1260 nm) et, en tout état de cause, ne jamais présenter une atténuation excédant les 10 dB (estimée à 1260 nm), durant la durée totale de son exploitation par l'OI.

➤ 22 dB réservés aux OC, incluant le(s) coupleur(s), deux connecteurs et les soudures intermédiaires afin de leur permettre d'activer la BLOM, sur la base de configurations techniques (i.e. taux de couplage optique et classe de puissance lasers) présentées au §7.2.2, et permettant des implémentations efficaces des technologies PON.

Le tableau ci-dessous résume la **clé de répartition OI/OC recommandée**, dans le cadre d'une BLOM d'une portée maximale de 16 km :

Répartition OI/OC d'un budget optique de 32 dB permettant l'activation de BLOM allant jusqu'à 16 km Calcul à 1260 nm			
Part OI		Part OC	Global OI + OC
Budget optique maximal réservé à l'OI* (Segment RTO ↔ DTIo)	Marge Opérationnelle OI**	Budget optique minimal garanti réservé aux OC (Segment RTO ↔ DTIo)	Budget optique maximal utilisé (Segment RTO ↔ DTIo)
9 dB	1 dB	22 dB	32 dB

*) Valeur calculée à 1260 nm, lors du 1^{er} établissement réseau

**) Vie du réseau: réparations, dévoiements, vieillissement du réseau passif

Sur la base de cette répartition, les OC pourront procéder à l'activation de la BLOM, en proposant la technologie de leur choix (ex : GPON, XG(S)-PON, 10G-EPON, etc.), via des implémentations simples, répétitives et efficaces (ex : [B+, 28 dB, 1:32] ou [C+, 32 dB, 1:64]).

Les hypothèses détaillées des calculs sont présentées en **Annexe 20**.

➤ **Dans le cas d'une BLOM dont la portée excède 16 km :**

Si pour des contingences locales justifiables, l'Opérateur d'Infrastructure est amené à déployer des BLOM (i.e. segment RTO → DTlo) excédant la distance de 16 km, l'atténuation optique globale de la BLOM devra néanmoins rester contenue et maîtrisée; dans ce contexte, il est recommandé que l'activation de la BLOM puisse se faire avec un budget optique global de 32 dB (à 1260 nm), sur la base de la répartition OI/OC suivante :

Répartition OI/OC d'un budget optique de 32 dB permettant l'activation de BLOM allant au-delà de 16 km Calcul à 1260 nm			
Part OI		Part OC	Global OI + OC
Budget optique maximal réservé à l'OI* (Segment RTO ↔ DTlo)	Marge Opérationnelle OI**	Budget optique minimal garanti réservé aux OC (Segment RTO ↔ DTlo)	Budget optique maximal utilisé (Segment RTO ↔ DTlo)
13 dB	1 dB	18 dB	32 dB

*) Valeur calculée à 1260 nm, lors du 1^{er} établissement réseau

**) Vie du réseau: réparations, dévoiements, vieillissement du réseau passif

Les hypothèses détaillées des calculs sont présentées en **Annexe 20**.

Que l'on soit dans un contexte de longueur de BLOM inférieure ou supérieure à 16 km, un processus de contrôle de l'atténuation effective de la BLOM « consommée » par l'OI et visant à garantir que les OC puissent en assurer l'activation, est décrit au § 8.2.4.

8. Contrôle et recette des réseaux BLOM déployés

Afin de s'assurer une qualité optimale des réseaux FTTH mis en œuvre, 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* » (voir paragraphe « *Autres Publications* »).

L'introduction des nouvelles technologies de transmission nécessite un ajustement des contrôles et recettes pris en compte dans les paragraphes suivants.

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 (Boîtiers de Protection d'Epissures)
- 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.

8.2. Recette de liens optiques

Si l'usage veut que les tronçons de transport (i.e. segment RTO $\leftrightarrow$ PM) et de distribution (i.e. segment PM $\leftrightarrow$ PBO) soient contrôlés de manières disjointes et non-concomitantes, l'objectif est clairement de mettre sous-contrôle l'atténuation globale de la BLOM (cf. paragraphe 7.2.4).

8.2.1. Mesure des fibres de transport optique (RTO - PM)

Les méthodes de mesure par réflectométrie sont décrites dans les documents normatifs NF EN 61280-4-2 et IEC TR 62316. Les fibres de transport étant installées sur connecteurs de part et d'autre de la liaison, il est recommandé d'effectuer les tests suivants sur l'intégralité des fibres de transport optique :

- mesures de réflectométrie dans les 2 sens ;
- 2 longueurs d'onde mesurées (1310 nm et 1550 nm) ;
- utilisation d'une bobine amorce et, si méthode par bouclage, utilisation d'une bobine intermédiaire et d'une bobine de terminaison.

Valeurs limites recommandées :

	Valeur limite (moyenne des mesures dans les deux sens)	Longueur d'onde
Demi-cordon optique ou pigtail (connecteur + épissure) – valeur individuelle	$\leq 0,6$ dB	à 1310 nm et 1550 nm
Demi-cordon optique ou pigtail (connecteur + épissure) - moyenne de la tête de câble	$\leq 0,4$ dB	à 1310 nm et 1550 nm
Epissure - valeur individuelle	$\leq 0,15$ dB	à 1310 nm et 1550 nm
Epissure - moyenne d'un boîtier	$\leq 0,10$ dB	à 1310 nm et 1550 nm
Atténuation linéique d'un tronçon (entre 2 boîtiers)	$\leq 0,38$ dB/km $\leq 0,25$ dB/km	à 1310 nm à 1550 nm
Atténuation linéique du segment (du RTO au PM)	$\leq 0,36$ dB/km $\leq 0,25$ dB/km	à 1310 nm à 1550 nm
Réflectance connecteur	≤ -55 dB	à 1310 nm et 1550 nm
Réflectance épissure	Aucune	à 1310 nm et 1550 nm

Si l'Opérateur d'Infrastructure ne souhaite pas mesurer l'ensemble des fibres par OTDR, alors un taux d'échantillonnage *a minima* de 1/3 des fibres par module (exemple : minimum de 4 fibres par module de 12 fibres) est alors recommandé.

Si les mesures de cet échantillonnage révèlent un taux d'échec supérieur ou égal à 50% par module, alors une mesure par OTDR de l'ensemble des fibres du module concerné sera réalisée.

Quoiqu'il en soit, la continuité par laser devra être effectuée sur les fibres non caractérisées en OTDR.

Les valeurs limites recommandées (OTDR bidirectionnel) sont alors les suivantes :

	Valeur limite (moyenne des mesures dans les deux sens)	Longueur d'onde
Demi-cordon optique ou pigtail (connecteur + épissure) – valeur individuelle	$\leq 0,5$ dB	à 1310 nm et 1550 nm
Demi-cordon optique ou pigtail (connecteur + épissure) - moyenne de la tête de câble	$\leq 0,35$ dB	à 1310 nm et 1550 nm
Epissure - valeur individuelle	$\leq 0,15$ dB	à 1310 nm et 1550 nm
Epissure - moyenne d'un boîtier	$\leq 0,10$ dB	à 1310 nm et 1550 nm
Atténuation linéique d'un tronçon (entre 2 boîtiers)	$\leq 0,38$ dB/km $\leq 0,25$ dB/km	à 1310 nm à 1550 nm
Atténuation linéique du segment (du RTO au PM)	$\leq 0,36$ dB/km $\leq 0,25$ dB/km	à 1310 nm à 1550 nm
Réflectance connecteur	≤ -55 dB	à 1310 nm et 1550 nm
Réflectance épissure	aucune	à 1310 nm et 1550 nm

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 autres :

- la longueur et l'affaiblissement global ;
- le nombre d'évènements (épissures, connecteurs ...) avec pour chaque évènement sa position sur la ligne, son affaiblissement et sa réflectance.

Les éventuels défauts détectés sur les liens optiques devront obligatoirement être corrigés et les corrections validées par de nouvelles mesures par réflectométrie.

8.2.2. Mesure des fibres de distribution optique (PM – PBO)

Concernant les fibres de distribution optique, il peut être contraignant (en raison du nombre de mesures et de bouclages nécessaires dans chacun des PBO répartis sur le terrain) 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 temps consacré aux mesures, il est préconisé d'agir sur plusieurs axes :

- procéder uniquement à des mesures OTDR dans un seul sens ;
- utiliser des rapports de mesures simplifiés issus des courbes de réflectométrie au format SOR recommandé (notamment l'horodatage, la distance entre les événements et l'atténuation de chaque événement). Ces rapports simplifiés peuvent être produits par l'appareil de mesure (OTDR). Un fichier de synthèse au format tableur exploitable (exclu format PDF) reprenant l'ensemble des rapports sera établi ;
- réduire le nombre de fibres mesurées à un échantillon significatif (1 ou 2 fibres par tube).

Il convient d'avoir conscience qu'une mesure par réflectométrie dans un seul sens n'est pas une technique de mesure exacte car elle peut faire apparaître pour chaque évènement un gain ou une perte apparente qui s'ajoute à la perte réelle, en l'amplifiant ou en la réduisant.

En cas de doute sur une perte due à un évènement, lors d'une expertise, seules des mesures dans les 2 sens et une moyenne de ces mesures permettent de déterminer la perte réelle et de caractériser un éventuel problème.

Pour les mesures par réflectométrie dans un seul sens, les valeurs limites suivantes sont proposées :

	Valeurs limites (Valeur brute OTDR mesurée dans un seul sens)		Longueur d'onde
	Min	Max	
Demi-cordon optique ou pigtail (connecteur + épissure) valeur individuelle	- 0,5 dB	0,7 dB	quelle que soit la longueur d'onde
Epissure - valeur individuelle	- 0,5 dB	0,3 dB	quelle que soit la longueur d'onde
Atténuation linéique		0,38 dB/km	à 1310 nm
		0,25 dB/km	à 1550 nm
Réflectance connecteur		- 55 dB	quelle que soit la longueur d'onde
Réflectance épissure	aucune		quelle que soit la longueur d'onde

Dans le cas des valeurs d'atténuation négatives (gain), aucune reprise n'est demandée. Pour les valeurs inférieures à -0,5 dB (gain supérieur à 0,5 dB), il est recommandé de noter le nom des fabricants des deux câbles en présence.

Méthode de mesures de réflectométrie PM – PBO :

Pour les liens PM-PBO mesurés, une courbe de réflectométrie par lien est horodatée et sauvegardée dans un format recommandé de type SOR, permettant une exploitation des données, ainsi que le fichier de synthèse décrit précédemment.

Dès lors que les valeurs limites ne sont pas respectées et compte tenu de l'imprécision inhérente à la réflectométrie unidirectionnelle, la méthodologie suivante est recommandée :

- l'épissure est cassée et refaite ;
- une nouvelle mesure de réflectométrie est effectuée et sa courbe de réflectométrie est horodatée et sauvegardée dans un format recommandé de type SOR, permettant une exploitation des données, ainsi que le fichier de synthèse décrit précédemment.

La nouvelle épissure est considérée comme correcte si :

- la nouvelle valeur mesurée respecte les valeurs limites mentionnées dans le tableau

Ou

- la nouvelle valeur mesurée est analogue à la première mesure à +/- 0,1 dB sans dépasser les seuils mentionnés ci-dessous :

	Seuils limites (valeur brute OTDR mesurée dans un seul sens)		Longueur d'onde
	Min	Max	
Demi-cordon optique ou pigtail (connecteur + épissure) valeur individuelle	- 0,5 dB	0,8 dB	quelle que soit la longueur d'onde
Epissure - valeur individuelle	- 0,5 dB	0,4 dB	quelle que soit la longueur d'onde

Dans le cas des valeurs d'atténuation négatives (gain), aucune reprise n'est demandée. Pour les valeurs inférieures à -0,5 dB (gain supérieur à 0,5 dB), il est recommandé de noter le nom des fabricants des deux câbles en présence.

Dans le cas contraire, il sera alors nécessaire de reproduire une nouvelle et dernière fois la méthode décrite ci-dessus.

Note :

1. Cette méthodologie de mesure par réflectométrie dans un seul sens ne permet pas de garantir avec certitude que la soudure est bonne ou mauvaise.

En cas de mesure par réflectométrie dans les deux sens (i.e. Rapport de mesures complets), les limites d'acceptation du **paragraphe 8.2.1**, sur le segment transport sont utilisées.

8.2.3. *Concordance des fibres de distribution optique (PM – PBO)*

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 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'indice⁴).

8.2.4. Contrôle de l'atténuation globale de la BLOM (RTO – PBO)

En résumé, dans le cas d'une BLOM d'une portée maximale de 16 km :

L'atténuation globale de la BLOM sur le segment RTO ↔ DTIO n'excède pas :

- 9 dB*, calculé à 1260 nm, lors du 1^{er} établissement réseau
- 10 dB*, calculé à 1260 nm, durant toute la vie du réseau

➤ **dans le cas d'une BLOM dont la portée excède 16 km :**

L'atténuation globale de la BLOM sur le segment RTO ↔ DTIO n'excède pas :

- 13 dB*, calculé à 1260 nm, lors du 1^{er} établissement réseau
- 14 dB*, calculé à 1260 nm, durant toute la vie du réseau

(*) N.B. : En cas de mesures effectuées sur une portion restreinte de la BLOM (ex : segment RTO ↔ PBO) et à 1310 nm, ces valeurs sont à adapter à la baisse en conséquent.

Les hypothèses détaillées des calculs sont présentées en **Annexe 20**.

8.2.4.1. Adaptation du processus de contrôle de l'atténuation de la BLOM aux pratiques actuelles, en matière de mesures/recettes

Préconisations quant au périmètre et conditions de contrôle de l'atténuation globale de la BLOM :

1. Plutôt qu'une caractérisation/mesure de l'atténuation à 1260 nm, qui serait éloignée des pratiques terrain actuelles (i.e. mesure en réflectométrie généralement effectuées à 1310 nm et/ou 1550 nm), il est proposé que le contrôle de l'atténuation globale de la BLOM se fasse à 1310 nm et s'appuie, autant que possible, sur les mesures déjà effectuées dans le cadre de la caractérisation des segments de transport (i.e. entre les connecteurs des tiroirs de transport au RTO et au PM) (cf. § 8.2.1) et de distribution (i.e. entre le connecteur du tiroir de distribution au PM et le PBO) (cf. § 8.2.2).
2. De même, et afin de prendre en compte le mode STOC (Sous-Traitance Opérateur Commercial) et parce-que lors du premier établissement réseau, le déploiement de la BLOM s'arrête généralement au niveau du PBO, il est proposé que le contrôle de l'atténuation globale de la BLOM se fasse sur un segment légèrement restreint de la BLOM, à savoir le segment RTO → PBO.

NOTA :

La présence éventuelle de raccordements longs PBO ↔ DTIO (notamment dans le cadre du processus RAD / Raccordement A la Demande) est susceptible d'introduire un biais dans l'appréciation de l'atténuation globale sur le segment complet RTO ↔ DTIO, si le contrôle de

⁴ Un bain dans du liquide adaptateur d'indice doit faire disparaître le pic de Fresnel visible au réflectomètre.

celle-ci ne porte effectivement que sur le segment RTO ↔ PBO. Afin de minimiser ce biais, l'OI est invité à anticiper la présence d'éventuels raccordements longs, dans la phase de 1^{er} établissement réseau, en anticipant le phénomène et en réduisant dans ce cas la portée maximale du segment RTO ↔ PBO.

Compte-tenu des deux préconisations qui précèdent et du fait que l'atténuation linéique de la fibre G.657-A2 est plus élevée à 1260 nm qu'à 1310 nm (Cf. **Annexe 6**) :

➤ **Cas d'une BLOM d'une portée maximale de 16 km :**

Les 9.0 dB d'atténuation maximale préconisés à 1260 nm sur le segment RTO ↔ DTlo pour l'atténuation globale de la BLOM, lors du 1^{er} établissement réseau, équivalent à 7.5 dB à 1310 nm sur le segment RTO ↔ PBO.

Compte-tenu des différents événements qui pourraient survenir sur la BLOM, tout au long de son exploitation et de la marge opérationnelle de 1 dB considérée pour en tenir compte, ceci signifie que l'OI doit garantir qu'une BLOM n'excédant pas 16 km ne doit jamais présenter **une atténuation totale supérieure à 8.5 dB à 1310 nm, sur le segment RTO ↔ PBO**.

Cette valeur doit être garantie par l'OI durant toute la durée d'exploitation du réseau.

Les hypothèses détaillées des calculs sont présentées en **Annexe 20**.

➤ **Cas d'une BLOM dont la portée excède 16 km :**

Les 13.0 dB d'atténuation maximale préconisés à 1260 nm sur le segment RTO ↔ DTlo pour l'atténuation globale de la BLOM, lors du 1^{er} établissement réseau, équivalent à 11.0 dB à 1310 nm sur le segment RTO ↔ PBO.

Compte-tenu des différents événements qui pourraient survenir sur la BLOM, tout au long de son exploitation et de la marge opérationnelle de 1 dB considérée pour en tenir compte, ceci signifie que l'OI doit garantir qu'une **BLOM excédant 16 km ne doit jamais présenter une atténuation totale supérieure à 12 dB à 1310 nm, sur le segment RTO ↔ PBO**.

Cette valeur doit être garantie par l'OI durant toute la durée d'exploitation du réseau.

Les hypothèses détaillées des calculs sont présentées en **Annexe 20**.

8.2.4.2. *Processus de contrôle de l'atténuation globale de la BLOM à 1310 nm :*

Segment RTO ↔ PM :

Les mesures effectuées dans le cadre de la caractérisation du transport (cf. §8.2.1) permettent une caractérisation complète et précise (en longueur et en atténuation) du tronçon RTO ↔ PM :

Ne sachant pas a priori à quelle fibre de transport sera affectée à tel ou tel PBO, **il est recommandé de retenir l'atténuation RTO ↔ PM la plus forte***, parmi l'ensemble des mesures d'atténuation RTO ↔ PM à 1310 nm collectées.

Cette valeur est notée « **Att_Max_T** ».

**) Valeur moyenne d'atténuation en dB la plus élevée, résultant d'une mesure dans les 2 sens, à 1310 nm, de tout ou partie des fibres de transport, conformément aux préconisations du §8.2.1*

Segment PM ↔ PBO :

Concernant le segment PM ↔ PBO, le §8.2.2 précise que l'Opérateur d'Infrastructure dispose d'une certaine liberté quant au processus de caractérisation des fibres. On rencontre deux cas de figures sur le terrain :

1. L'Opérateur d'Infrastructure mesure au moins 1 fibre par PBO, à 1310 nm, dans un seul sens :

Cette méthode, plus rapide et moins onéreuse dans sa mise en œuvre qu'une mesure dans les deux sens, ne permet pas d'apprécier avec autant de précision qu'une caractérisation dans les deux sens, l'atténuation effective du lien PM ↔ PBO. Néanmoins, considérant le biais induit comme acceptable, cette mesure unilatérale est jugée recevable, cela notamment afin de ne pas alourdir le processus de recette du réseau.

Cette valeur est notée « **Att_Max_D** ».

2. L'Opérateur d'Infrastructure mesure au moins 1 fibre par PBO, à 1550 nm, dans un seul sens :

Certains Opérateurs d'Infrastructures font le choix d'une caractérisation du segment PM ↔ PBO, à 1550 nm, dans un seul sens, sur un minimum d'une fibre par tube desservant chacun des PM.

Compte-tenu de l'écart de pente qui peut exister entre différentes fibres en câble, en matière d'atténuation linéique (i.e. écart notamment dû au processus de fabrication), y compris pour des fibres de même type (ex : G.657-A2), une mesure à 1550 nm rend difficile l'estimation de l'atténuation supposée à 1310 nm.

Pour cette raison, une mesure à 1550 nm n'est pas recommandée, dans le cadre de l'appréciation globale de l'atténuation PM ↔ PBO ; à noter que la mesure à 1550 nm présente néanmoins un intérêt vis-à-vis d'une mesure à 1310 nm, notamment lors d'une phase de recette, car elle permet de détecter d'éventuels problèmes de mise en œuvre (ex : rayons de courbure trop faibles de câbles optiques).

Néanmoins, et dans l'hypothèse où certains OI font, par convenance, le choix de la caractérisation du segment PM ↔ PBO à 1550 nm, l'atténuation supposée à 1310 nm, pourra être appréciée en ajoutant **0,15 dB/km (valeur moyenne)** de fibre à la mesure effectuée à 1550 nm, dans un seul sens.

Cette valeur est notée « **Att_Max_D** ».

Segment RTO ↔ PBO :

L'atténuation globale RTO ↔ PBO est calculée en additionnant l'atténuation maximale relevée sur le transport à 1310 nm (i.e. **Att_Max_T**) à l'atténuation maximale mesurée (ou estimée) à 1310 nm sur le segment de distribution (i.e. **Att_Max_D**).

Cette valeur « **Att_Max_T + Att_Max_D** » est notée « **Att_Max_BLOM** »

- Cas d'une BLOM d'une portée maximale de 16 km :

Compte-tenu des éléments qui précèdent, Att_Max_BLOM à 1310 nm devra rester inférieure à **8.5 dB** durant toute la durée d'exploitation de la BLOM.

- Cas d'une BLOM dont la portée excède 16 km :

Compte-tenu des éléments qui précèdent, Att_Max_BLOM à 1310 nm devra rester inférieure à **12.0 dB** durant toute la durée d'exploitation de la BLOM.

N.B. : Les 12.0 dB d'atténuation max de la BLOM à 1310 nm permettent typiquement :

- A un Opérateur d'Infrastructure de déployer des BLOM avoisinant les 25 km, pour des réseaux FttH déployés dans les règles de l'art.
- Aux Opérateurs Commerciaux d'activer ces réseaux, y compris via la technologie XG(S)-PON, via une combinaison (Puissance Laser / Taux de couplage) de type (C+, 1/32).

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 segments 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.

9.1.2. 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 8**. 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'Infrastructure 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 « densité⁵ » 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. À titre d'informations, les couleurs utilisées par les opérateurs FttH nationaux à ce jour sont les suivantes :
 - o Free : rouge ;
 - o SFR : bleu ou cyan
 - o Bouygues Telecom : vert ;
 - o Orange : orange ;

⁵ 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'**Annexe 15** 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 (2x28U) ou de 2,30 m (2x40U) ce qui permet d'installer deux colonnes de 19 pouces. 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).

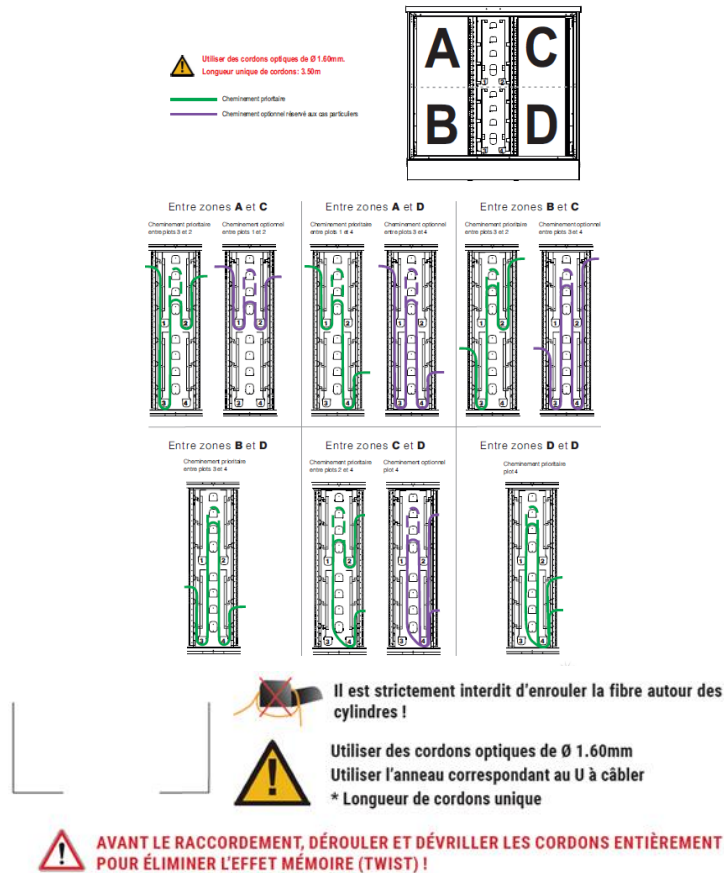
De plus, l'armoire doit avoir une profondeur suffisante pour héberger des tiroirs opérateurs *a minima* de 280 mm de profondeur, en particulier :

- *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.

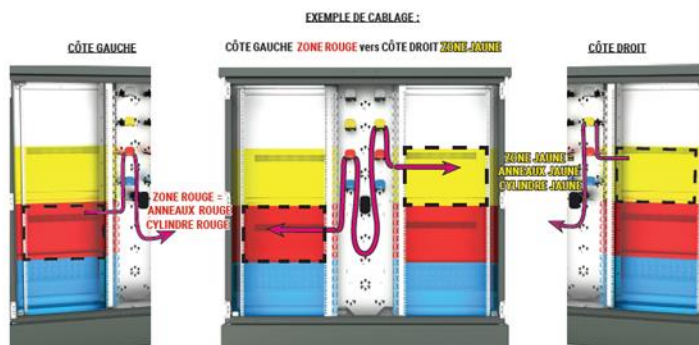
Il est recommandé, d'utiliser des cordons respectant les points suivants :

- longueur unique de 3,5m pour les armoires 2x28U en « W » ou en « M » ;
- longueur unique de 4,0m pour les armoires 2x40U en « M » ou en « W » ;
- 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 ou en M 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.



Ce document illustre un exemple de la technique du câblage en «M».

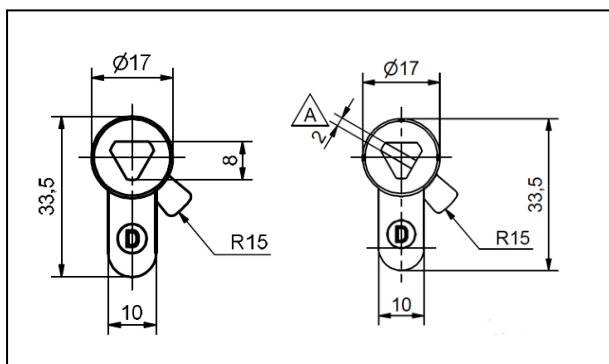
Le câblage fonctionne avec des zones de couleurs indépendantes, les zones sont liées aux éléments de la même couleur (anneaux passe-fils, cylindre).



Exemples de principe de câblage en W et en Mpouvant être affiché dans une armoire de rue

Système de fermeture de l'armoire :

Pour faciliter l'intervention des techniciens réseau, il est préconisé d'utiliser un format de serrure mâle triangle 8 mm, éventuellement avec une fente de 2 mm pour tournevis plat, dont les gabarits sont décrits 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 :

armoire de couleur claire si possible (sauf demande contraire des services techniques) ;

double peau pour l'armoire d'extension pour équipements actifs ;

en zone de préférence non exposée en permanence (pour la zone d'accueil de l'armoire d'extension active) ;

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 ENEDIS⁶, 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 :

⁶ 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 :

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 ;

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) ;

un système de chauffage peut être nécessaire pour élever la température dans la plage de fonctionnement optimale des équipements ;

éventuellement : sonde de température / hygrométrie, système de GTC (remontée d'alarmes), parafoudres, contacteurs de porte, néons, tablette PC, etc. ;

- bruit généré par les systèmes de ventilation ;
- habilitation des personnes à intervenir sur équipements électriques.

Les spécifications 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 IEC 62485-2 (séparation des volumes, renouvellement d'air), ainsi que de la réglementation ATEX.	N/A
Protection contre microcoupures	Respect de la norme NF EN 300132-3, § 5.4.2 (durée maxi de la microcoupure = 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 microcoupure) + 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	<i>A minima</i> , IP 55 de la norme NF EN 60529

	l'indice IP, (filtres et protections sur ouvertures, design 'double peau' , etc.) pour armoires sur socle	
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	Limitation des effets des radiations solaires: - armoire de couleur claire par exemple : RAL9001 (blanc crème), RAL1015 (ivoire clair), RAL7035 (gris clair) - en zone de préférence non exposée en permanence	Limitation des effets des radiations solaires: - 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 1260-1625 nm 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	Température de fonctionnement: -10 °C à $+60\text{ °C}$ 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	Température de fonctionnement: -25 °C à $+70\text{ °C}$ 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.
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 $+75\text{ °C}$ 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.
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.	Température de fonctionnement: -25 °C à $+85\text{ °C}$ 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 et 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.

Note :

- L'utilisation de cordons ayant des diamètres de 1,6 mm permet de réduire l'encombrement aux panneaux de brassage. On veillera cependant à ce qu'ils respectent les caractéristiques mécaniques de tenue à la traction et en courbure.
- 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 ou en M 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.

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 deux 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...).

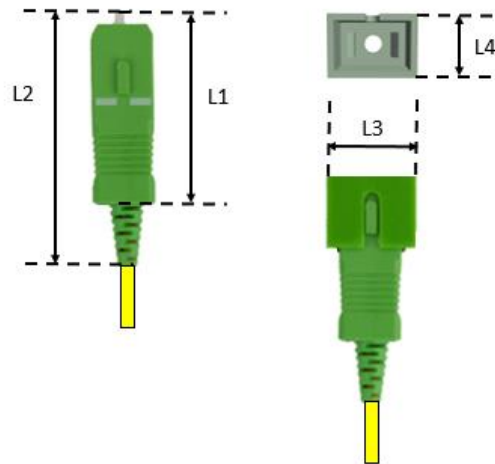
Fiche sécurisée SC/APC :

La fiche sécurisée répond aux caractéristiques des fiches SC/APC et dispose en outre d'un verrouillage mécanique des deux fiches dans le raccord assuré via un système encliquetable de type Push/Pull et déverrouillable uniquement à l'aide d'un outil.

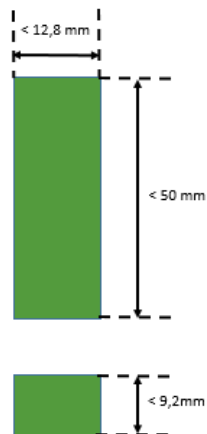
Elle peut par ailleurs présenter les caractéristiques suivantes complémentaires :

- longueur L1 de la fiche sécurisée SC/APC (hors boot) au plus égale à la longueur de la fiche SC/APC : $L1 < 27,5 \text{ mm}$;
- longueur totale L2 de la fiche sécurisée SC/APC (incluant le boot) $< 47 \text{ mm}$ (idéalement $< 40 \text{ mm}$ pour respecter les longueurs de connecteurs SC/APC boot court) ;
- largeur L3 de la fiche sécurisée SC/APC inférieure à la largeur du raccord SC/APC, afin de permettre son usage sur les tiroirs optiques de haute densité utilisés dans les points de mutualisation : $L3 < 12,8 \text{ mm}$;
- hauteur L4 de la fiche sécurisée SC/APC inférieure à la hauteur du raccord SC/APC, afin de permettre son usage sur les tiroirs optiques de haute densité utilisés dans les points de mutualisation : $L4 < 9,2 \text{ mm}$;

- respect des performances du rayon de courbure des câbles sur les faces avant des tiroirs optiques utilisés dans les points de mutualisation ;
- identification par une couleur spécifique à sa fonction permettant de la distinguer des autres fiches SC/APC ;



La fiche sécurisée SC/APC est déverrouillable grâce à un outil spécifique de dimensions adaptées aux tiroirs optiques de l'opérateur d'infrastructure.



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* (ou classes⁷) sont définis dans la NF EN 61753-1 Ed 2 (2019) et sont résumés dans le tableau ci-après.

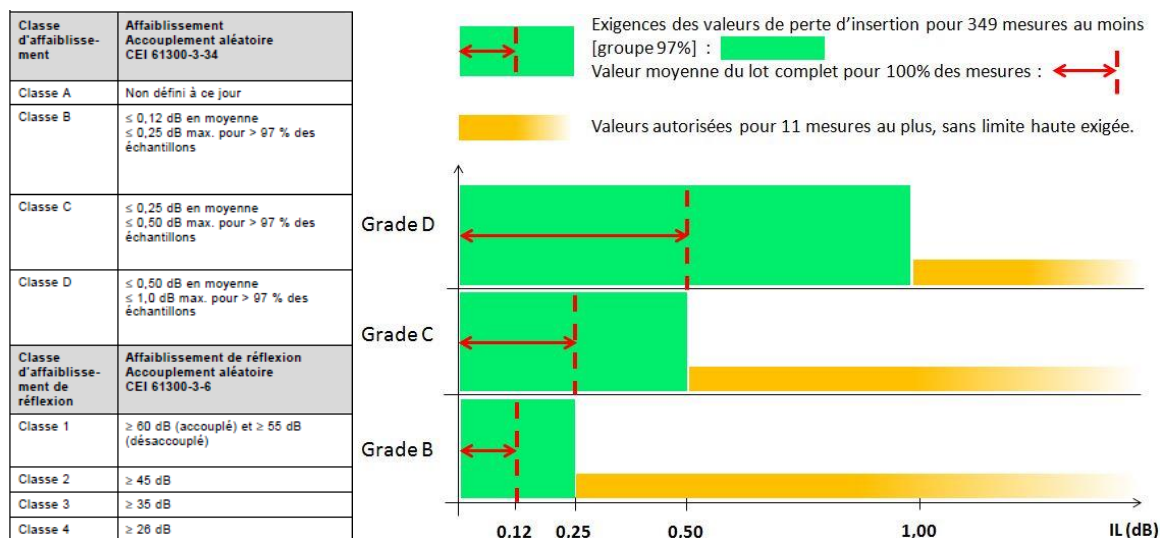
Il est à noter que ces *grades* sont définis par rapport à des méthodes de mesures normalisées. En particulier pour la mesure de IL, la NF EN 61300-3-34 permet de définir une qualité de fabrication sur un lot (10 cordons soit 20 fiches → 360 mesures) selon deux paramètres statistiques (moyenne sur l'ensemble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

⁷ *Grade* est le terme utilisé en anglais pour désigner la classe des connecteurs. Comme le terme anglais est celui le plus souvent employé et donc le plus connu par la profession, le comité préfère y recourir dans le présent recueil.

- 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	Température de fonctionnement: -10°C à $+60^{\circ}\text{C}$ 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	Température de fonctionnement: -25°C à $+70^{\circ}\text{C}$ 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.
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 $+75^{\circ}\text{C}$ 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.
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.	Température de fonctionnement: -25°C à $+85^{\circ}\text{C}$ 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 et 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.

- 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 :

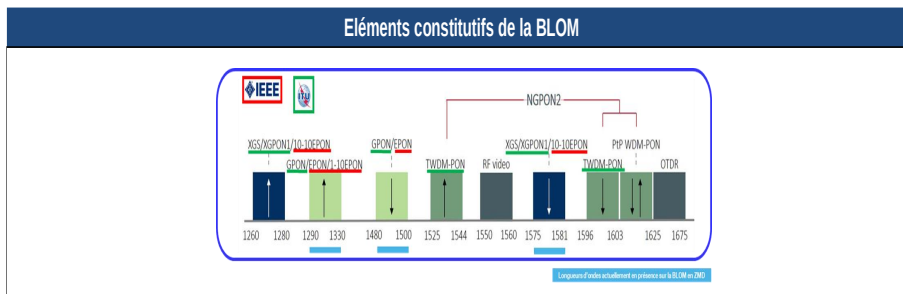
Il est important de maintenir un parfait état de propreté du connecteur sur toute sa durée de vie afin de conserver une qualité de liaison optique optimum (IL et RL). Toutes salissures, altérations des fiches et/ou du raccord engendrent des pertes d'insertion supplémentaires qui viennent se rajouter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



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
Eléments de co-existence (non connectorisés)										
WDMr	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
CEr	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
	GPON → Sortie	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	dB Norme G.984.5
CEMx	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
	PP-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 G809.2
Coupleurs optiques (non connectorisés)										
Base : norme IEC 61753-031-3 édition 2 - Classe B - Bande spectrale 1 / 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 G.657-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	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	
	3 * 0.14dB pour caractériser l'impact de la variation en T° des 3 connecteurs optiques d'un PMZ extérieur	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	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	

Annexe 7. Caractéristiques des fibres utilisées.

La fibre G.657.A2 est la fibre utilisée sur l'ensemble de la BLOM du NRO au DTIO / PTO.

Cette fibre optique est de type B-657.A2 (selon EN 60793-2-50, correspondant à ITU-T G.657.A2) permettant de sécuriser la plage de transmission 1260-1625nm jusqu'à des rayons de courbure aussi faibles que 7,5 mm.

Ses performances en macro-courbures et en micro-courbures sont en effet particulièrement intéressantes lors d'opérations d'installation et de maintenance de la fibre en intérieur (NRO, immeubles, appartements, maisons) mais aussi en extérieur (boîtiers d'épissure recouvrables, armoires de rue...), ainsi que pour améliorer la robustesse des infrastructures dans leur environnement.

Ces fibres optiques, mises en câbles, respecteront également les spécifications des hypothèses de pertes d'insertion de l'**Annexe 6**.

Les études menées par le comité d'experts pour la boucle locale en fibre optique jusqu'à l'abonné constitué par l'Arcep, du mois de septembre 2018 au mois de juin 2020, ont démontré que dans un contexte de boucle locale optique mutualisée, l'utilisation de fibres G.652.D conduirait à un système globalement moins robuste ; l'avis du comité d'experts de juillet 2020⁸ présente les travaux et les résultats ayant amené à cette conclusion.

⁸ Avis du comité d'experts pour la boucle locale en fibre optique jusqu'à l'abonné constitué par l'Arcep sur l'utilisation des fibres optiques normalisées G.652.D sur le seul segment de transport optique (NRO-PM) des nouveaux réseaux FttH (juillet 2020) pouvant être téléchargé ici : <https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1600420872/reprise/dossiers/fibre/avis-CE-utilisation-G652D-sur-transport.pdf> .

Annexe 8. Caractéristiques des câbles utilisés

1. Normes françaises de référence pour les câbles :

Le tableau suivant établit la relation entre les normes françaises de référence sur les câbles et le domaine d'emploi de ces câbles.

NOTA 1 : lorsqu'une norme couvre plusieurs domaines d'emploi, les spécifications particulières peuvent différer d'un domaine emploi à l'autre, il convient de se référer dans la norme au tableau de spécifications particulières propre au domaine d'emploi considéré.

NOTA 2 : l'utilisation en micro-conduit de câbles pour micro-conduit ou de câbles conventionnels est assujettie à l'adéquation entre le diamètre extérieur du câble et le diamètre intérieur du micro-conduit (voir partie 5 ci-dessous).

Tableau

Normes	Transport Extérieur			Distri. Extérieur				Distri. intérieur		Branchement extérieur			Branchement intérieur		
	Conduite	Aérien	micro-conduit	Conduite	Aérien	Façade	micro-conduit	Conduite	Chemin de câbles	Conduite	Aérien - façade	micro-conduit	Gaine ICTA	Chemin de câbles	Apparent
NF C93-850-3-25 : Câbles à fibres optiques - Partie 3-25 : spécification particulière - câbles de distribution d'extérieur, en aérien ou en souterrain	X	X	X	X	X	X	X			X*	X*	X*			
XP C93-850-5-10 : Câbles à fibres optiques – Partie 5-10 : Spécification particulière – câble de transport et distribution à usage extérieur dans des micro-conduits en souterrain			X				X								
NF C93-850-6-25 : Câbles à fibres optiques - Partie 6-25 : Câbles mixtes (intérieurs et extérieurs) - Spécification particulière pour les câbles de distribution à usage mixte				X		X	X	X	X	X*	X*	X*	X*	X*	X*
NF C93-850-2-25 : Câbles à fibres optiques - Partie 2-25 : spécification particulière - Câbles de distribution d'intérieur à éléments de base ou micromodules adaptés au piquage tendu								X	X						
NF C93-850-3-22 : Câbles à fibres optiques - Partie 3-22 : spécification particulière - Câble optique de branchement à usage extérieur, en aérien, en façade ou en conduite										X	X	X			
NF C93-850-6-22 : Câbles à fibres optiques - Partie 6-22 : spécification particulière - Câble optique de branchement à usage mixte (intérieur et extérieur)										X	X	X	X	X	X
NF C93-850-2-22 : Câbles à fibres optiques - Partie 2-22 : spécification particulière – Câble optique de branchement à usage intérieur													X	X	X
XP C93-925-2-23 : Câbles à fibres optiques - Partie 2-23 : spécification particulière - Câble de branchement pour pose en conduite par pousage à usage intérieur													X		

* : cas exclusif pour le raccordement de site mobile PBO-BRT

2. Caractéristiques de comportement au feu des câbles intérieurs ou intérieurs/extérieurs :

2.1. Avant-propos réglementaire

Tous les fils et câbles installés de façon permanente dans un bâtiment relèvent du Règlement Produits de Construction (RPC) depuis le 1er juillet 2017.

À ce titre, les câbles intérieurs et intérieurs/extérieurs utilisés pour le déploiement FttH, y compris les câbles de raccordement à double gaine dont la gaine extérieure est amovible, relèvent du Règlement Produits de Construction.

Pour être conformes, ces câbles doivent impérativement :

- être certifiés suivant une Euroclasse par un laboratoire notifié (une Euroclasse caractérise les performances du câble en matière de comportement au feu),
- faire l'objet d'une déclaration de performance (DdP) mise à disposition par le fabricant (ou l'importateur introduisant le produit sur le marché européen), cette DdP mentionne entre autres l'Euroclasse à laquelle le câble satisfait et la référence du laboratoire notifié
- porter un marquage CE.

Sans ces éléments de conformité, un câble ne doit pas être utilisé à l'intérieur du bâtiment car il est impossible de juger de sa conformité aux exigences du RPC

En cas d'incendie entraînant des blessures, voire des décès, l'impact des câbles est susceptible d'être étudié. L'utilisation de produits non conformes aux exigences du Règlement Européen Produits de Construction ou des textes législatifs français engage la responsabilité juridique des acteurs de l'ensemble de la chaîne de valeur, que ce soit celle des donneurs d'ordre et des fabricants ou celle des distributeurs et installateurs.

2.2. Niveau de performance au feu

Pour les ERP (Etablissements Recevant du Public) et les IGH (Immeuble de Grande Hauteur) dont le permis de construire a été déposé après le 23 mai 2025, les câbles doivent être à minima de classe Cca-s2, d2, a2 selon l'arrêté du 17 mai 2024 modifiant diverses dispositions des règlements de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public, et pour la construction des immeubles de grande hauteur pris respectivement par l'arrêté du 25 juin 1980 et l'arrêté du 30 décembre 2011.

Pour les autres bâtiments non couverts par cet arrêté, conformément à leurs normes produits les câbles seront à minima de classe Cca s1, d1, a1 ou Dca S2, d2, a2 (voir Guide Sycabel : « Les câbles dans la construction - réaction au feu et Euroclasses »).

3. Caractéristiques des câbles extérieurs ou intérieurs/extérieurs :

3.1. Caractéristiques générales

Les câbles utilisés en extérieur doivent être étanches et résistants aux UVs.

3.2. Caractéristiques des câbles pour conduits :

Les câbles utilisés en France pour le déploiement conduit sont le plus souvent diélectrique (pas d'élément métallique) avec fibres en micromodules pour une meilleure accessibilité aux fibres.

Les principales caractéristiques mécaniques des câbles sont :

- **la charge de traction maximum** : 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 lors de l'installation ;
- **le rayon de courbure minimum** : rayon minimum auquel le câble peut être courbé sans compromettre ses propriétés optiques et mécaniques.
- **L'écrasement maximal** : le câble ne doit pas subir de force d'écrasement supérieure à cette valeur, cette force d'écrasement ne peut être qu'accidentelle et sur une courte période de temps

3.3. Caractéristiques des câbles, des armements, ancrages et suspensions pour le déploiement en aérien :

3.3.1. Caractéristiques des câbles pour le déploiement en aérien :

Les câbles utilisés en France pour le déploiement en aérien sont généralement de structure ADSS⁹ avec fibres en micromodules 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 ;

⁹ All Dielectric Self Supporting (câbles auto-porteurs entièrement diélectriques).

- **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.

3.3.2. 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/et les normes ci-après :

- XP C93-931-1 Accessoires pour câbles à fibres optiques de structure ronde de distribution d'extérieur en aérien - Partie 1 : Dispositifs d'ancrage (ou dispositifs d'arrêt)
- XP C93-931-2 Accessoires pour câbles à fibres optiques de structure ronde de distribution d'extérieur en aérien - Partie 2 : Dispositifs de suspension

Pour la validation des câbles, il est recommandé d'effectuer les essais ci-après des normes NF C93-850-3-22 ou NF C 93-850-3-25 :

- Essai de résistance aux pinces ;
- Essais éoliens (vibration/galop).

3.4. Caractéristiques des câbles pour micro-conduits

La plupart des câbles extérieurs conduite peuvent être utilisés en micro-conduit du moment que leur diamètre extérieur est adapté au diamètre intérieur du micro-conduit. Pour obtenir de bonnes performances en déploiement, il est recommandé que :

- le rapport entre le diamètre du câble et le diamètre intérieur du conduit soit compris entre 0,50 et 0,80 (jusqu'à 0,87 sur des parcours relativement rectilignes) ;
- les câbles aient une rigidité suffisante et démontrent un faible coefficient de frottement.

Pour maximiser le nombre de fibre, des câbles spécifiques pour micro-conduit ont été développés (XP C93-850-5-10). Ils permettent généralement de meilleures performances en installation. Par contre, par construction, ils présentent seuls des propriétés mécaniques moindre que les câbles conventionnels. La résistance mécanique du système est donnée par la combinaison de la résistance mécanique du câble et celle du micro-conduit. Ainsi, ces câbles ne peuvent être utilisés seuls et se doivent d'être protégés tout au long de leurs parcours y compris dans les chambres.

Le déploiement des câbles en micro-conduit se fait par soufflage à l'air ou portage à l'eau.

Une description sommaire de ces techniques est faite dans le document du Programme France Très Haut Débit de l'Agence Nationale de la Cohésion des Territoires de 2015 « Travaux d'harmonisation de la Mission THD - Préconisations techniques : Génie-civil et déploiement de la boucle locale optique mutualisée ».

3.5. Caractéristiques des câbles de raccordement BRT

Les câbles de raccordement BRT doivent répondre à au moins l'une des normes suivantes :

- pour les câbles de 4 fibres optiques au plus : normes NF C93-850-2-22 (câble de branchement intérieur), NF C93-850-3-22 (câble de branchement extérieur) ou NF C93-850-6-22 (câble de branchement intérieur/extérieur), selon leur environnement d'utilisation ;
- pour les câbles de 4 à 12 fibres optiques : NF C93-850-3-25 (câble de distribution extérieur) ou NF C93-850-6-25 (câble de distribution intérieur/extérieur), selon leur environnement d'utilisation.

Notes : la conformité aux normes des câbles de distribution n'assure pas un diamètre de câble inférieur à 6,2 mm et donc la compatibilité avec tous les PBO déployés (toutefois certains PBO peuvent accepter des diamètres de câbles supérieurs à 6,2 mm). Il existe cependant sur le marché des câbles 6 ou 12 FO répondant aux normes des câbles de distribution et de diamètre inférieur ou égal à 6,2 mm.

Notes : eu égard aux normes précitées, un câble optique de distribution utilisé pour le raccordement d'un site mobile doit, soit présenter un diamètre inférieur ou égal à 6,2mm, soit être raccordé à un boîtier disposant d'entrées et/ou de sorties compatibles avec un diamètre de câble supérieur ou égal à 6,2mm.

3.6. Points de vigilance pour les câbles de branchements

La conception des câbles est guidée par la nécessité absolue de limiter l'élongation des fibres tout au long de la durée de vie de l'infrastructure. En effet l'élongation de la fibre optique, même transitoire, a un impact direct sur la durée de vie de la liaison optique.

Afin d'assurer la pérennité des raccordements, pour les câbles de branchement extérieurs ou intérieurs/extérieurs déployés en aérien, pour une valeur de traction de 80 daN (800N) sur le câble, l'élongation de la fibre optique ne doit pas dépasser 0,3 % et l'élongation du câble 0,5 %.

Une attention particulière devra être portée sur ce critère d'élongation de la fibre à une contrainte de traction sur le câble. Pour expliciter les conditions des tests et leurs résultats, les rapports de tests des fournisseurs devront comprendre a minima :

- longueur du câble sous traction ;
- type d'épissures fibres utilisé pour le test (le cas échéant) ;
- longueur de fibres mesurées en atténuation ;
- longueur d'onde de mesure ;
- références des appareils de mesure ;
- graphique allongement fibre et câble en fonction de la traction ;
- graphique ou tableau atténuation en fonction de la traction ;

afin de s'assurer que les performances du câble sont conformes aux exigences des normes sur ce critère.

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 composé 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 et mise en œuvre des PBO

1. 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 :

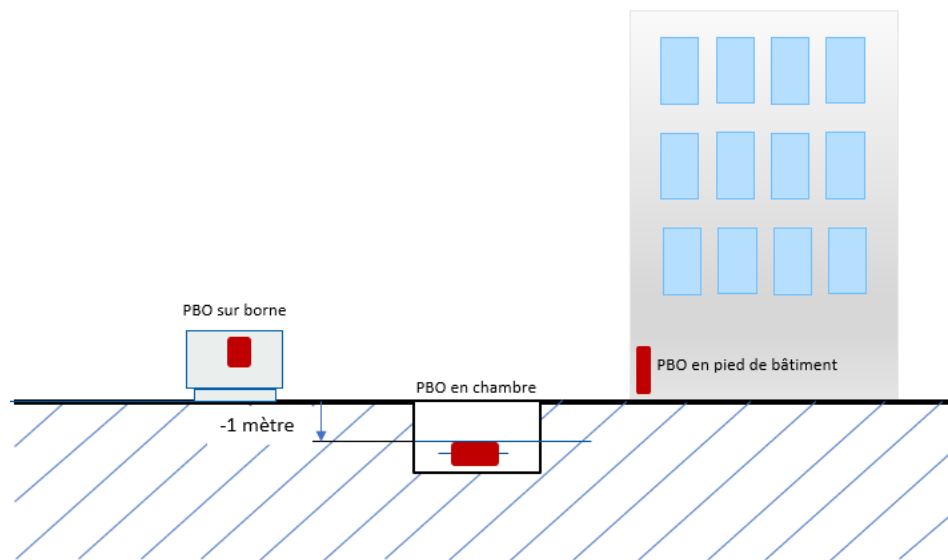
Comme stipulé dans les normes AFNOR XP C 93-923-1, XP C 93-923-2-1 et XP C 93-923-2-2 (voir aussi **l'Annexe 18** sur la norme 61753-1), les PBO accueillent, sans adaptateurs particuliers, des câbles de branchement de diamètre compris dans les plages suivantes (la tolérance sur le diamètre des câbles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

2. Bonnes pratiques d'installation et de maintenance des PBO souterrains

Les points de branchements optiques souterrains ont été développés pour respecter la norme XP C 93-923-2-2, pour un environnement extérieur au niveau du sol très exposé : montage juste au-dessus du sol ou au niveau de celui-ci avec possibilité d'inondation, ou en dessous du niveau du sol (dans la limite de -1m).



Ces PBO doivent respecter les règles d'installation de leur constructeur en suivant leur mode opératoire.

Ce paragraphe rappelle :

- les bonnes pratiques d'installation ;
- les risques encourus en cas d'endommagement du PBO ;
- la maintenance préventive.

Il est rappelé qu'il est indispensable que les intervenants soient bien formés (formation par les fournisseurs ou par des centres de formation).

2.1.1. Bonnes pratiques d'installation

Etanchéité :

Chaque boîtier possède un système mécanique d'étanchéité dédié et il est important de vérifier les points suivants :

- Câbles :
 - système d'étanchéité en accord avec les diamètres des câbles selon prescriptions du fabricant du boîtier ;
 - surfaces des câbles non altérées et propres ;
 - axes des câbles alignés en entrée et en sortie du dispositif d'étanchéité (pas de courbures excessives en chambre, respect des rayons de courbure préconisés pour les câbles).
- Etanchéité :
 - joints corps / couvercle et systèmes d'étanchéité des entrées / sorties de câbles bien installés et non pollués par des corps extérieurs (boue, graviers, feuilles, branchages, ...) ou par des éléments de câbles (mèches aramides, filin de déchirement, ...).
- Intégrité du boîtier :
 - fermeture du capot de boîtier avec l'ensemble des dispositifs de verrouillage ;
 - toutes les entrées/sorties non utilisées obturées.

Attaches mécaniques des câbles :

- vérifier la bonne fixation des câbles en passage pour éviter tout glissement du câble pendant les manipulations ;
- vérifier la bonne fixation des câbles de branchement, selon la préconisation du fabricant et en accord avec les recommandations de l'opérateur d'infrastructure pour assurer la tenue mécanique et éviter tout glissement pendant les manipulations.

Fixation du boîtier :

- la fixation du boîtier est nécessaire afin qu'il ne repose pas sur le fond de la chambre (endroit où le boîtier est le plus exposé aux inondations et au piétinements) et ainsi qu'il soit plus facile à retrouver, à identifier et à exploiter ;
- le positionnement du boîtier doit permettre de respecter les rayons de courbure des câbles.

Conclusion :

Chaque boîtier conforme à la norme XP C 93-923-2-2 qui est installé conformément au mode opératoire de son fabricant reste étanche à l'eau et aux agressivités extérieures. Un contrôle visuel de sa bonne installation permet de détecter la majeure partie des erreurs (*) de mise en œuvre et réduit le risque d'entrée d'eau.

(*) En cas de doute, par la présence ou la possibilité d'ajout d'une valve de gonflage, il est conseillé de pratiquer un test de mise en pression à 200 mbar (voir Annexe 26) selon les préconisations du fabricant pour vérifier la qualité de fermeture du boîtier et les éventuels oublis de mise en place de bouchons sur des entrées / sorties de câble non utilisées et nécessitant des bouchons.

2.1.2. Les risques encourus en cas d'endommagement du PBO

Ce paragraphe décrit les risques en cas :

- de PBO endommagés ;
- ou mal refermé ;
- ou mal monté (pièce manquante : capot de cassette, bouchons d'entrée de câbles, ...).

Risques chimiques (eau, boue, produits et matières polluantes) :

- vieillissement du revêtement des fibres optiques :
 - Impossibilité de distinguer les couleurs ;
 - Diminution de la protection du verre (voir ci-après).
- vieillissement accéléré des fibres :
 - difficulté de soudure ;
 - fibre cassante, lors de manipulation, voire en statique avec les vibrations.
- propagation de l'eau et des agents polluants dans les câbles en entrée et en sortie :
 - endommagement des extrémités de câble ;
 - besoin de rafraîchir les câbles (éliminer les parties contaminées) qui nécessitera une interruption de service.
- risque de gel pour les chambres de faible profondeur (L1T et L2T) :
 - casse des fibres.
- risque de boues séchées dans les boîtiers :
 - casse des fibres ;
 - boîtier inexploitable.
- Risque de corrosion des éléments métalliques contenus dans le boîtier.

Risques mécaniques :

- fibres non protégées :
 - risque de piétinement ;
 - risque de chute d'objet ;
 - accessibilité des rongeurs.
- câbles mal maintenus (éléments de renfort non arrimé, présence d'éléments étrangers dans le dispositif d'étanchéité, ...) :
 - risque de traction, de torsion et de flexion excessives sur les fibres (vieillesse prématurée, casse, ...) ;
 - risque de pénétration d'eau si glissement de la gaine.

2.1.3. Maintenance préventive des PBO

L'objectif d'une maintenance préventive est de limiter les coûts de réparation et la criticité des ruptures de service :

- besoin de contrôle régulier par échantillonnage grâce à un plan d'audit opérationnel (voir norme ISO 2859-1) ;
- contrôle visuel lors des interventions :
 - boîtier ouvert :
 - bonne organisation des modules et des éléments de renfort en sortie de câbles ;
 - respect du cheminement des modules dans l'organiseur jusqu'à la cassette ;
 - Respect du cheminement des fibres dans les cassettes : repérage des fibres, maintien des protections d'épissures ;
 - Vue d'ensemble : absence de saletés.
 - boîtier fermé :
 - bonne fermeture du PBO et bonne fixation du PBO sur la paroi de la chambre ;
 - voir aussi point 1.

Cette phase de contrôle doit être accompagnée de phases de remise à niveau des PBO :

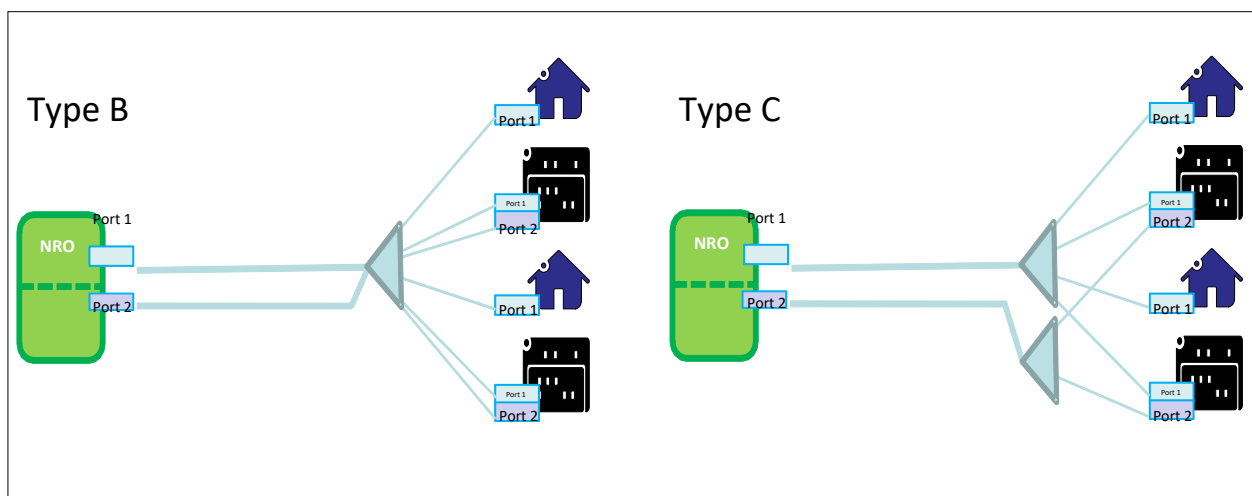
- remise en état des PBO défectueux si leur état le permet :
 - remplacement des éléments défectueux (joints, entrées de câbles, ...) ;
 - reprise des entrées de câbles (dont l'arrimage des éléments de renfort) ;
 - reprise des cheminements et lavage des câbles, des micromodules et des fibres unitaires.
- sinon changement du PBO.

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'usager 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 Cout 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			
Routeur IP/MPLS  Routeur IP/MPLS	Catégorie de qualité de fonctionnement	Description	Environnement de service ou de fonctionnement
	C	Environnement intérieur contrôlé	Température de fonctionnement: -10°C à $+60^{\circ}\text{C}$ 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	Température de fonctionnement: -25°C à $+70^{\circ}\text{C}$ 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.
	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 $+75^{\circ}\text{C}$ 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.

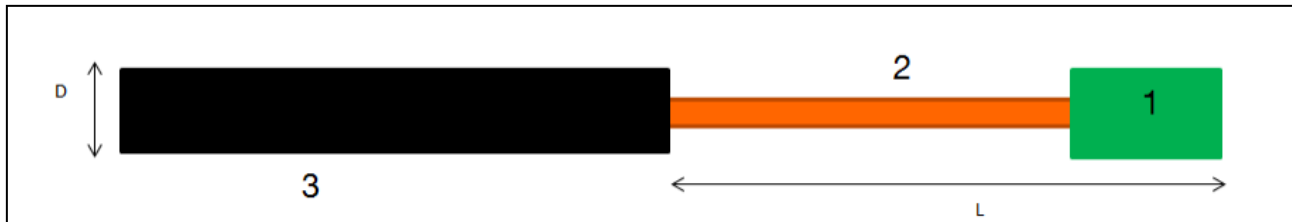
3. Les drops connectorisés

- 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 900 µm de la fibre ne peut être considéré comme une gaine intérieure
- Leur diamètre extérieur doit être compris entre 3 mm et 5 mm pour les câbles simple-gaine et jusqu'à 6,2 mm 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 connectivisation peut se faire sur :
 - La gaine extérieure
 - La gaine intérieure
 - le revêtement 900 µm (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.

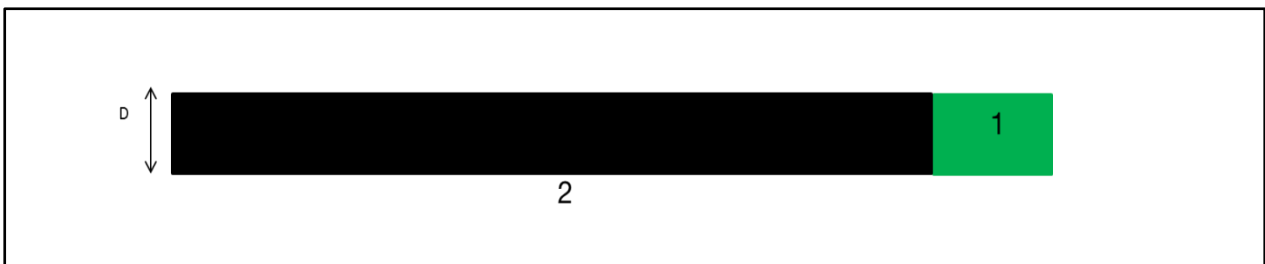
- Le diamètre de la gaine intérieure (2) est compris entre 1,6 mm et 3,2 mm.
- La connectivisation se fait sur la gaine intérieure.
- Cette gaine intérieure connectivisée doit être laissée nue sur une longueur de 20 cm (L) fiche comprise
- La transition entre la gaine intérieure et la gaine extérieure 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

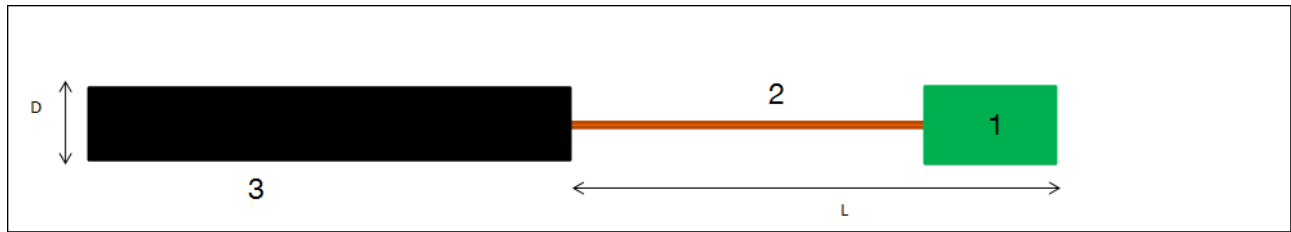
3.2.1. La connectivisation sur la gaine extérieure

- Le câble comporte une seule gaine, souple et non polarisée
- Le diamètre de la gaine extérieur est ≤ 5 mm
- La connectivisation se fait sur la gaine extérieure ou sur le revêtement 900 μ m de la fibre



3.2.2. La connectorisation sur le 900µm

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



3.3. La connectorisation

D'une manière générale, la connectique 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 IEC 61300-2-44 : « 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 μm : F = 5,0 N **pendant 60 s.**
 - Torsion, valeur selon IEC 61300-2-5 :
 - 900 μm : F = 2,0 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 de communication et aux réseaux résidentiels

Nota :

- *Les normes françaises sont éditées et diffusées par l'Association Française de Normalisation (AFNOR)*

4. Normes de câblage et de contrôle

4.1. 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.

4.2. Normes des systèmes de communication¹⁰

Plusieurs normes ont été publiées et sont applicables en France, elles font l'objet de référencement aux niveaux Européens :

- Norme AFNOR NF C90-483 (Mars 2024) est intitulée « Systèmes de câblage résidentiels secondaires 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. Sa dernière version a été publiée en novembre 2020.
- La norme AFNOR XP C90-486 (Décembre 2022) est intitulée « Systèmes de câblage résidentiels primaires des réseaux de communication (Colonnes de communication, réseaux d'accès au logement ou au local à usage professionnel) » (cette norme 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.

¹⁰

Tableau A14-1 : Tableau récapitulatif des principales normes de câblage et de contrôle

Réseaux	Normes		Partie du réseau			
	Titre	Référence	Transport	Distribution	Branchement	Interne du local
Réseaux de communication	Les colonnes de communication (réseau d'accès au logement ou au local à usage professionnel)	XP C90-486		X	X	
	Systèmes de câblage résidentiels secondaires des réseaux de communication	NF C90-483				X
Réseaux électriques et de communication	Installations électriques à basse tension	NF C 15-100 décembre 2002, avec sa mise à jour de juin 2005 et ses amendements : A1 de 08/2008, A2 de 11/2008, A3 de 02/2010, A4 de 05/2013 et A5 de 06/2015.		X	X	X

5. Normes relatives aux produits

Les produits mis en œuvre dans la BLOM ou dans le logement font aussi l'objet de normes applicables :

Tableau A14-2 : Tableau récapitulatif des principales normes des câbles cuivre pour l'intérieur du logement

Produits cuivre	Guide		Partie du réseau			
	Titre	Référence	Transport	Distribution	Branchement	Interne du local
Produits pour l'intérieur						
Câble intérieur	Câbles pour installations intérieures de télécommunications - Partie 16 : câbles avec écran pour applications télévision radio fréquence incluant la bande intermédiaire satellite (DVB-S/S2) - Grade 2 TV	NF C93-531-16				X
	Câbles pour installations intérieures de télécommunications - Partie 17 : câbles avec écran pour applications télévision radio fréquence incluant la bande intermédiaire satellite (DVB-S/S2) - Grade 3 TV	NF C93-531- 17				X

Tableau A14-3 : Tableau récapitulatif des principales normes des câbles optiques ou accessoires optiques pour l'intérieur du logement ou la BLOM

Produits optiques	Guide		Partie du réseau			
	Titre	Référence	Transport	Distribution	Branchement	Interne du local
Produits pour l'extérieur						
Câble extérieur	Câbles à fibres optiques - Partie 3-22 : spécification particulière - Câble optique de branchement à usage extérieur, en aérien, en façade ou en conduite	NF C93-850-3-22			X	
	Câbles à fibres optiques - Partie 3-25 : spécification particulière - câbles de distribution d'extérieur, en aérien ou en souterrain	NF C93-850-3-25	X	X		
Boîtier extérieur	Point de branchement optique - Partie 2-1 : boîtier - Usage extérieur – En aérien (Environnement A)	XP C93-923-2-1		X	X	
	Point de branchement optique - Partie 2-2 : boîtier - Usage extérieur – En chambre ou au niveau du sol (Environnement G)	XP C93-923-2-2		X	X	

Produits optique	Guide		Partie du réseau			
	Titre	Référence	Transport	Distribution	Branchement	Interne du local
Produits pour la transition intérieur / extérieur						
Câble mixte intérieur/extérieur	Câbles à fibres optiques - Partie 6-22 : spécification particulière - Câble optique de branchement à usage mixte (intérieur et extérieur)	NF C93-850-6- 22			X	
	Câbles à fibres optiques - Partie 6-25 : Câbles mixtes (intérieurs et extérieurs) - Spécification particulière pour les câbles de distribution à usage mixte	NF C93-850-6- 25		X		

Produits optique	Guide		Partie du réseau			
	Titre	Référence	Transport	Distribution	Branchement	Interne du local
Produits pour l'intérieur						
Câble intérieur	Câbles à fibres optiques - Partie 2-22 : spécification particulière – Câble optique de branchement à usage intérieur	NF C93-850-2-22			X	X
	Câbles à fibres optiques - Partie 2-23 : spécification particulière - Câble de branchement pour pose en conduite par poussage à usage intérieur	XP C93-925-2-23			X	X
	Câbles à fibres optiques - Partie 2-25 : spécification particulière - Câbles de distribution d'intérieur à éléments de base ou micromodules adaptés au piquage tendu	NF C93-850-2-25		X		
Boîtier intérieur	Boîtiers pour points de raccordement optique - Partie 1 : usage intérieur	XP C93-924-1		X		
	Boîtiers pour points de branchement optique - Partie 1 : usage intérieur	XP C93-923-1		X	X	
	Dispositif de terminaison intérieure avec Interface de connexion optique (DTIo) - Norme de produit	XP C93-927			X	X
Kit intérieur	Kit de terminaison intérieure avec interface de connexion optique	XP C 93-928			X	X

Produits optique	Guide		Partie du réseau			
	Titre	Référence	Transport	Distribution	Branchement	Interne du local
Autres références normatives applicables						
Fibre optique	Fibres optiques - Partie 2-50 : Spécifications de produits - Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B	NF EN 60793-2-50	X	X	X	X
	<i>Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable</i>	ITU-T G.657	X	X	X	X
Boîtier et connecteur	Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibre optique - Norme de performance – Partie 1 : Généralités et recommandations	NF EN IEC 61753-1 Ed2	X	X	X	X
	Organiseurs et boîtiers de fibres destinés à être utilisés dans les systèmes de communication par fibres optiques - Spécifications de produits - Partie 3-3 : protecteurs d'épissures par fusion de fibres optiques unimodales	NF EN 50411-3-3	X	X	X	X

6. Normes relatives aux recettes et repérages

- Le contrôle de la colonne de communications est effectué conformément à l'XP C 90-486.

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 DTio et l'emplacement/local télécom associé, fait partie des exigences de la norme XP C 90-486.
- 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 : Déclarations Environnementales Produits des câbles et accessoires passifs de réseau

1. Objet de l'annexe

Cette annexe définit le type de déclaration qu'il est recommandé d'établir sur les différents composants Câbles et Accessoires (passifs) du Réseau (CAR), 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 de ces CAR, celle-ci soit basée sur une méthodologie commune et reconnue au niveau international.

Chaque maître d'ouvrage devra utiliser cette méthodologie commune pour réaliser ou faire réaliser ses déclarations environnementales pour ses CAR.

2. Objectifs principaux

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

- de permettre l'évaluation environnementale des CAR d'un système / réseau complet via une Analyse de Cycle de Vie (ACV) ;
- de permettre, pour les maîtres d'ouvrage, d'identifier les composants ou étapes du cycle de vie du système/réseau les plus impactant.e.s d'un point de vue environnemental ;
- développer des CAR dit « éco-conçus », à savoir ayant un impact environnemental réduit par rapport à un composant existant. Cette réduction d'impact pourra être quantifiée grâce aux déclarations environnementales fournies.

3. L'Analyse de Cycle de Vie

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est une méthodologie définie par les normes NF EN ISO14040 et NF EN ISO 14044. L'ACV permet de quantifier l'impact du produit sur son environnement. Cette analyse est basée sur deux principes spécifiques :

- la prise en compte de toutes les étapes du cycle de vie du produit, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à sa fin de vie ;
- une approche multicritère permettant de quantifier l'impact environnemental selon des critères définis (contribution au réchauffement climatique, impact sur qualité de l'air, du sol, consommation des ressources, impact sur la santé humaine, ...).

4. Les Déclarations Environnementales Produit (DEP)

Les bilans des ACV des produits sont communiqués sous le format de Déclarations Environnementales Produits (DEP) appelées aussi Profil Environnemental Produit (PEP).

Le contenu des DEP est défini par les PCR, règles de définition des catégories de produits (Product Category Rules), complétées des PSR (Product Specific Rules), règles spécifiques additionnelles par familles de produit.

Pour les réseaux Telecom, les règles PCR et PSR sont définies dans les documents suivants :

- PCR-ed4-FR-2021 09 06 (PCR-ed3-FR-2015 04 02*) Règles de définition des catégories de produits pour l'analyse du cycle de vie des produits et systèmes électriques et électroniques ;
- PSR-0001-ed4-FR-2022 11 16 (PSR-0001-ed3-FR-2015_10_16*) – Règles spécifiques aux fils, câbles et matériels de raccordement.

Les déclarations environnementales peuvent être mono ou multicritères, par exemple pour connaître uniquement l'empreinte carbone des CAR sans extraire l'ensemble des critères existants. Dans le cas de déclarations monocritères, il est recommandé de sélectionner le critère de contribution au réchauffement climatique (GWP Global Warming Potential en kCO₂eq).

*Des déclarations environnementales existent, à ce jour, dans un format antérieur aux dernières versions PCR/PSR édition 4 (2022). Ces déclarations environnementales réalisées sous PCR/PSR édition 3 sont valables jusqu'en 2027.

Ces DEP sont dites de type III en conformité avec la norme NF EN ISO 14025 dans le cas où les DEP sont vérifiées par une tierce partie indépendante.

5. Glossaire

ACV: Analyse du Cycle de Vie

CAR : Câbles et Accessoires (passifs) du Réseau

DEP : Déclaration Environnementale Produit

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. Sécurité liée aux risques de présence 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 (Edition Octobre 2014), permet de classer les appareils à source laser selon les risques.

La norme IEC 60825-2 Sécurité des appareils à laser - Partie 2 : Sécurité des systèmes de télécommunications par fibres optiques (STFO) (Edition 4.0 Mars 2021), définit les directives pour l'exploitation et la maintenance de la norme précédente appliquées aux systèmes de télécommunication par fibres optiques.

Elle concerne en particulier :

- 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, vis-à-vis des risques potentiels liés aux Systèmes de Télécommunication par Fibre Optique, données aux individus par le biais d'une signalisation, d'étiquettes et d'instructions.

2. Rappel sur les classes des lasers et leur dangerosité

Les niveaux de puissances maximum mesurés à l'extrémité des fibres et les risques encourus délimitant les différents niveaux de risque dans le cadre des STFO utilisés sur les réseaux BLOM FTTH, suivant la norme IEC 60825-2 Edition 4, qui deviendra bientôt aussi NF EN, sont récapitulés ci-dessous.

Note 1 : VFL

Sont aussi mentionnés à titre indicatif les valeurs concernant la longueur d'onde 633 nm (sur fibre multimode*) correspondant aux VFL, bien que ceux-ci relèvent plutôt de la partie 1 de la norme lorsqu'ils ne sont pas connectés à la fibre.

**Le risque sur fibre monomode peut-être plus élevé que sur fibre multimode : par exemple, à 980nm, il suffit d'une puissance quatre fois moins élevée pour être exposé au même niveau de risque.*

	NIVEAU DE RISQUE			
LONGUEUR D'ONDE ET TYPE DE FIBRE	1	1M	2	2M
633 nm MMF (Note 1: VFL)	1,95 mW +2,9 dBm	3,77 mW +5,8 dBm	5,00 mW +7 dBm	9,66 mW +9,9 dBm
980 nm SMF	1,80 mW +2,5 dBm	2,66 mW +4,2 dBm	-	-
1270 nm SMF	46,2 mW +16,6 dBm	76,5 mW +18,8 dBm	-	-
1310 nm SMF	166 mW +22,2 dBm	277 mW +24,4 dBm	-	-
1420 nm SMF	10,1 mW +10,0 dBm	115 mW +20,6 dBm	-	-
1550 nm SMF	10,2 mW +10,1dBm	136 mW +21,3 dBm	-	-
DESCRIPTION DES RISQUES OCCULAIRES	PRESUME SANS DANGER dans toutes les conditions raisonnablement prévisibles	DANGER potentiel si emploi d'instruments d'optique	PRESUME SANS DANGER	DANGER potentiel si emploi d'instruments d'optique
	Utilisation sans restriction (mais pas d'instrument optique pour niveau 1M), selon les directives du fabricant et sans qualification particulière de l'opérateur		Précautions d'utilisation : Distance de visualisation d'au moins 0,3 m	Précautions d'utilisation : Distance de visualisation d'au moins 0,5 m

3. Consignes & Préconisations

Les équipements actifs connectés au réseau BLOM FTTH (OLT et ONT) présentent dans tous les cas de figure une puissance optique inférieure à 10mW ou 10dBm, pour des longueurs d'ondes typiques de 1490 nm en voie descendante et 1310 nm en voie montante.

Ils correspondent donc au niveau de risque 1 (présupposé sans danger).

Les rayonnements issus d'appareils nécessaires à sa qualification (OTDR) sont eux aussi de CLASSE 1 ou 1M et à ce titre ne présentent donc pas de risque particulier pour les intervenants.

Par contre, une attention particulière doit être portée sur l'emploi des stylos optiques lasers émettant une lumière rouge (VFL), du fait d'un nombre important de modèles aux capacités étendues. Il est préconisé :

- d'utiliser uniquement des sources laser dont la classe et la puissance optique sont clairement indiquées et qui correspondent *de facto* à des normes de construction et sont accompagnées 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) ;
- de 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 2 kms, le recours à un VFL de classe 2 (5 mW) s'avérera suffisant ;
- de recommander une distance de visualisation minimale de 30 cm pour un VLF de 5 mW, ce qui correspond à une lunette de densité 0.6 sur une fibre monomode et 0.9 sur une fibre multimode.

4. Proposition de fiche signalétique 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.

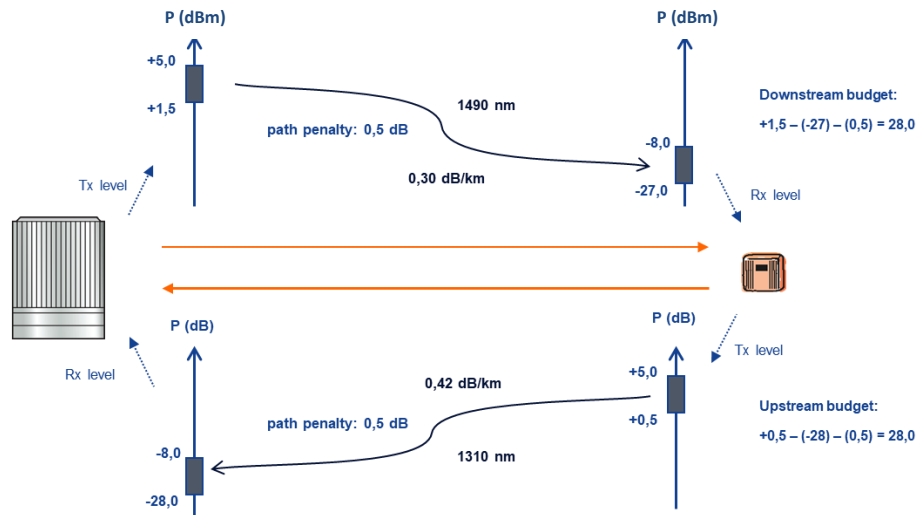


Exemple de signalétique pouvant être affiché dans une armoire de rue

Annexe 17. Budgets optiques des équipements GPON

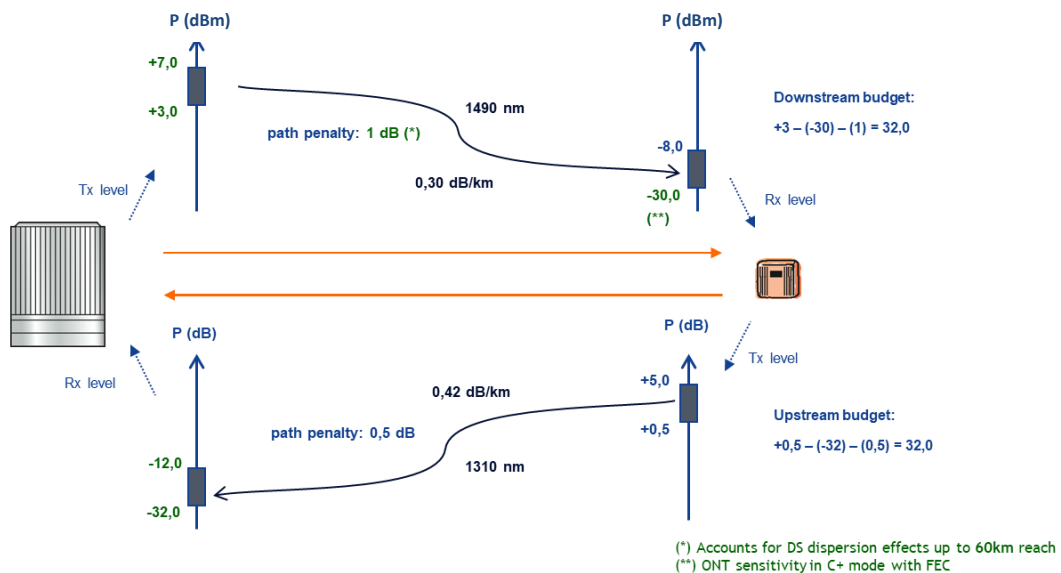
Spécifications des équipements OLT /ONT de classe B+:

Data transceiver specifications (GPON class B+)



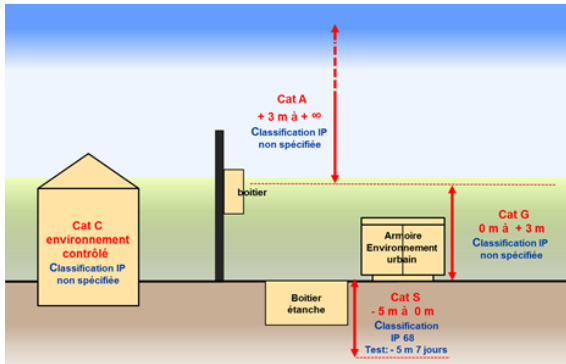
Spécifications des équipements OLT /ONT de classe C+ :

Data transceiver specifications (GPON class C+)

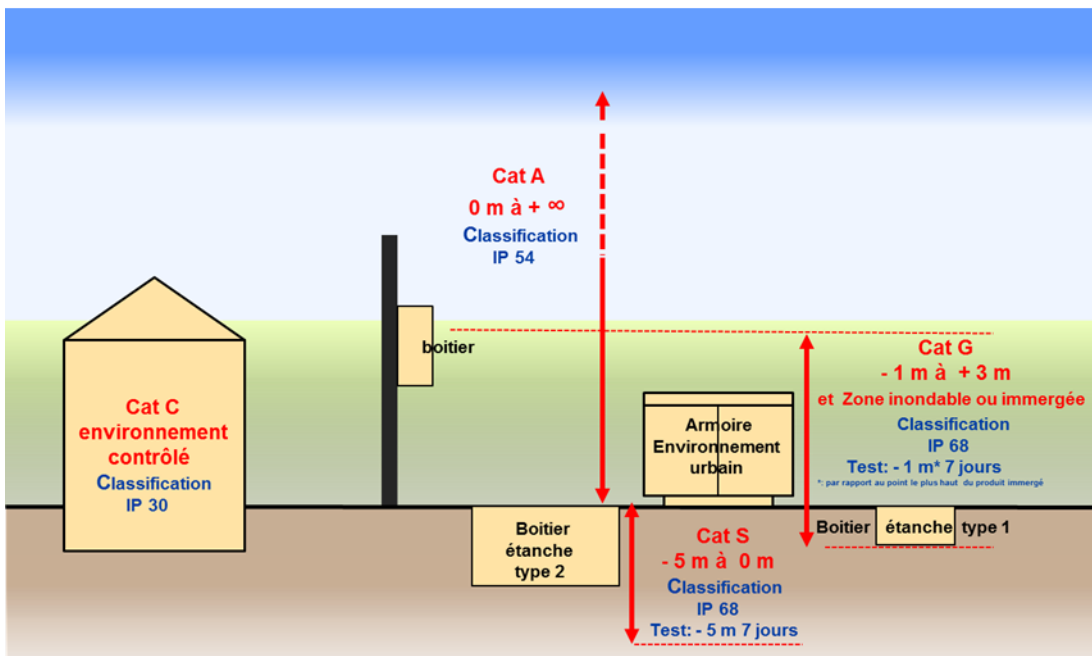


Annexe 18. Evolution de la norme IEC 61753-1 (Ed2): évolution de la classification des environnements d'utilisation des contenants

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'Edition 2
- NOTA2: les composants intégrés dans les contenants mentionnés (boîtier, boîtier 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	Eviter 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	1	exploitation
			Perturbation de la ligne concernée sans interruption du service	Basse	Moyenne	Non applicable	0/36	Positionner le DTIO dans un endroit protégé	2	exploitation
								Information des usagers	1	exploitation
								Positionner le DTIO dans un endroit protégé	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 - DTlo	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'élitage 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 renforcée. 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.

Éléments 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 c	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

Annexe 20. Impacts des choix d'implémentation de l'Opérateur d'Infrastructure (OI)

(Par rapport au schéma de référence de la BLOM)

Description :

Pour différentes raisons (choix économiques, praticité opérationnelle, obligations légales, contraintes d'espace au NRO ...), l'Opérateur d'Infrastructure peut être amené à faire des choix en matière de matériels et/ou de règle d'ingénierie de déploiement, qui peuvent l'amener à s'éloigner du schéma de référence de la BLOM, tel que défini au paragraphe 1.3 du présent document.

Quatre types d'événements principaux peuvent en particulier impacter négativement la portée maximale de la BLOM :

Types de mise en œuvre opérationnelle		Commentaires	Préconisation de réduction de la portée maximale de la BLOM**
1	Hébergement des Opérateurs Commerciaux (OC) dans des espaces dédiés	Le schéma de référence de la BLOM est basé sur l'hébergement des différents OC en <u>espace unique</u> (i.e. espace commun regroupant à la fois les fermes passives de gestion des câbles optiques au départ du NRO et les équipements d'activation de la BLOM installés par chacun des OC); ce principe évite notamment le passage de la fibre par des fermes de renvoi (ou câbles <i>breakout</i>), destinées à desservir des baies actives distantes. Dans l'hypothèse où l'Opérateur d'Infrastructure prévoit d'héberger les différents OC dans un espace dédié, via une infrastructure locale spécifique (i.e. fermes de renvoi ou câbles <i>breakout</i>), il doit en tenir compte et ajuster la portée maximale de la BLOM en conséquence.	- 1,5 km
2	Présence de DTIO (Dispositif de Terminaison Intérieure Optique) et de PTO distincts	Dans le cas de présence de DTIO et PTO distinct (notamment sur les cas immeubles neufs), l'Opérateur d'Infrastructure est invité à ajuster la portée maximale de la BLOM en conséquence.	- 0,5 km
3	Présence de PBO connectorisés	Les PBO connectorisés peuvent être opérationnellement intéressant pour faciliter le processus de raccordement terminal des clients à la fibre; l'Opérateur d'Infrastructure peut donc décider d'y recourir. La présence de ces dispositifs induit par contre des pertes optiques additionnelles qui grèveront sensiblement la portée de la BLOM; l'OI est invité à en tenir compte lors de la phase initiale de dimensionnement de la BLOM.	- 0,5 km
4	Mixité de fibres sur le segment de transport NRO → PMZ - Type 1	La mixité de "type 1" prend en compte la vie du réseau (typiquement le remplacement d'une portion de câble sur l'axe de transport suite à une rupture accidentelle du câble ou la nécessité de dévoiement du parcours fibre). Bien que réalisé à iso-type de fibres (ex: G.657-A2), le recours à des fibres en provenance de constructeurs différents ou issues de processus de production ayant évolués au cours du temps, peut engendrer des pertes en excès qu'il convient éventuellement de provisionner en limitant la portée maximale de la BLOM dans sa phase de construction initiale.	- 0,5 km

**) Par rapport à la portée maximale de 16 km associée au schéma de référence et aux hypothèses de pertes d'insertion de l'annexe 6 et dans le cas de NRO réunissant au moins 1 000 locaux.

N.B. : Les différentes dispositions prises par l'Opérateur d'Infrastructure (OI) par rapport au schéma de référence (Ex: hébergement OC en espaces dédiés, implémentation de PBO connectorisés,...) ont un effet cumulatif sur la réduction de la portée maximale préconisée pour la BLOM ; l'OI est invité à en tenir compte afin de permettre aux différents Opérateurs Commerciaux, clients de leurs réseaux FTTH, de produire leurs services dans des conditions optimales (i.e. technologies d'activation actuelles et futures).

Hypothèses prises en compte pour les calculs (pour information) :

Evènements	Constitution	Pertes standards (dB)	Equivalent distance à 1260 nm(km)	Valeur retenue
1) Hébergement OC	2 connecteurs + 2 épissures (mais -1 épissure)	0,60	1,43	- 1,5 km
2) Présence de DTlo et de PTO distincts	1 connecteur + 1 épissure (mais -1 épissure)	0,25	0,60	- 0,5 km
3) Présence de PBO connectorisés	1 connecteur + 1 épissure (mais -1 épissure)	0,25	0,60	- 0,5 km
4) Mixité de fibre sur le segment de transport NRO → PMZ - Type 1	2 épissures produisant 0,1 dB d'atténuation supplémentaire chacune	0,2	0,48	- 0,5 km

atténuation linéique : 0,42dB/km à 1260 nm soit 0,35dB/km à 1310 nm

Connecteurs de grade B1 :

A contrario, des choix de composants peuvent permettre d'augmenter lorsque besoin la portée de la BLOM (« poche longue distance »). Le choix de connecteur de grade B1 est une option possible. Ce choix peut permettre de diminuer en moyenne les pertes de 0,12 dB par connecteur. Si le choix ne concerne qu'un nombre très limité de connecteurs sur la liaison, il est prudent de considérer que le gain n'est que de l'ordre de 0,05 dB (0,20 dB de perte dans le calcul du bilan au lieu de 0,25). Il faut, de toute façon, rappeler que, pour que le bénéfice soit effectif, il faut absolument que :

- l'ensemble des composants du connecteur (les deux fiches et le raccord, voir annexe 5) soient de grade B1. Si un seul de ces composants est de grade inférieur, exemple C1, seules les performances optiques du grade inférieur (C1 dans l'exemple) peuvent être considérées ;
- la mise en œuvre et le contrôle des connecteurs se fassent dans les règles de l'art (voir annexe 5), avec notamment une parfaite maîtrise de la propreté.

Pour juger de la pertinence de l'utilisation de l'option grade B1, il faut prendre en compte :

- la part du parc installé et le grade des demi-cordons optique (ou *pigtails*) et raccords installés ;
- le contrôle des produits utilisés (demi-cordons et cordons optiques) ;
- la maîtrise de la mise en œuvre.

De manière générale, il peut être considéré :

	NRO	PM	DTIo/PTO
Part du parc installé	moyen	fort	faible
Contrôle des produits utilisés	très fort	fort (installation) à faible (raccordement)	très faible
Maîtrise de la mise en œuvre	très forte	forte (installation) à faible (raccordement)	très faible

Annexe 21. Spécification technique du Kit de Raccordement Optique Etanche (KROE)

Tableau 1 – Caractéristiques Techniques

Caractéristique	KROE
Dimensions	Installable dans un regard 30x30
Volume	< 0,5 litre
Nombre d'épissures	2 minimum, 4 maximum
Type	Fusion
Protection d'épissure	Thermo-rétractable, conforme NF EN 50411-3-3
Nombre d'entrées	Minimum 2
Câbles	Câble de branchement, dia. 3,8 à 6,2 mm
Configurations	En ligne ou épi

Tableau 2 – Exigences de performances

Essai	Détails
Immersion dans l'eau	IP68 hauteur 1 m, durée : 7 jours ; exigences selon NF EN IEC 60529
Variation de température (VRT)	sans pression interne (-20°C / + 60°C) selon NF EN IEC 61300-2-22; 12 cycles; test optique à 1550 nm : variation ≤ 0, 1 dB
Réintervention	1 ouverture / fermeture. Contrôle de l'étanchéité
Impact	IK08 (5 joules); bille d'acier 1 kg 0,5 m selon NF EN IEC 62262
Rétention du câble	Charge (N) = 10×ØCable (mm); test optique à 1550 nm : variation ≤ 0, 1 dB

Torsion	(+90/-90° à 400 mm), selon NF EN IEC 61300-2-5; test optique à 1550 nm : variation ≤ 0, 1 dB
Courbure du câble	(+30/-30° à 400 mm) selon NF EN IEC 61300-2-37; test optique à 1550 nm : variation ≤ 0, 1 dB
Essai chimique	Selon NF EN IEC 61300-2-34
Résistance aux UV	Selon NF EN ISO 4892-3/ Méthode A Cycle N° 1 ; durée d'exposition: 2160 heures ; 30% de variation sur les propriétés mécaniques mesurées.

Etanchéité à contrôler après VRT, réintervention, choc, traction, torsion, flexion, essai chimique

Etanchéité	Selon NF EN IEC 61300-2-38; méthode A; pas de présence d'eau dans le boîtier
------------	---

Annexe 22. Références pour l'utilisation des câbles pour micro-conduits

Les schémas ci-dessous indiquent les différentes configurations possibles pour l'installation des câbles pour micro-conduits suivant les segments de réseaux.

A noter que les micro-conduits seront arrêtés en limite du domaine public pour l'ensemble des schémas décrivant les configurations PM-DTIO.

Les principaux points d'ingénierie sont les suivants :

- Les câbles pour micro-conduits doivent obligatoirement être protégés mécaniquement lorsqu'ils sont associés à des infrastructures classiques PVC ou PEHD.
- Entre le PM et la chambre d'adduction du PM, il est obligatoire de sous tuber le PVC ou PEHD pour acheminer le câble pour micro-conduit au PM. Dans le cas contraire, il faut poser un câble standard entre la chambre d'adduction du PM et l'armoire PM.
- Pour garantir des conditions de pose optimales des câbles, les micro-conduits peuvent être posés en sections de 1200 m maximum sans interruption et sans chambres intermédiaires.

<u>Légende</u>			
	Micro-conduits	NRO	Noeud de raccordement optique
	PVC ou PEHD Ø standard	PM	Point de mutualisation
	Infrastructures privées: Chemin de câble, colonne montante, gaines ...	PR	Point de raccordement
BPE	Boitiers de protection d'épissures	PDO	Point de démarcation
PBo	Point de branchement optique	DTIo	Dispositif terminal intérieur optique

Figure 1 : Schéma de principe NRO-PM

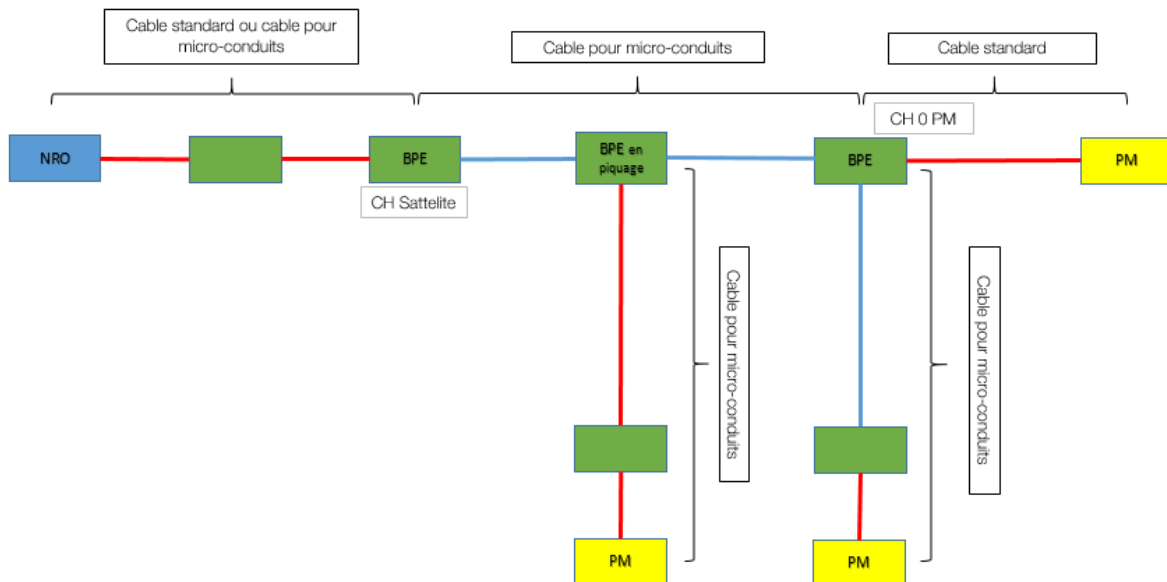


Figure 2 : Schéma de principe PM DTIO zone de logements individuels isolés adductions souterraines

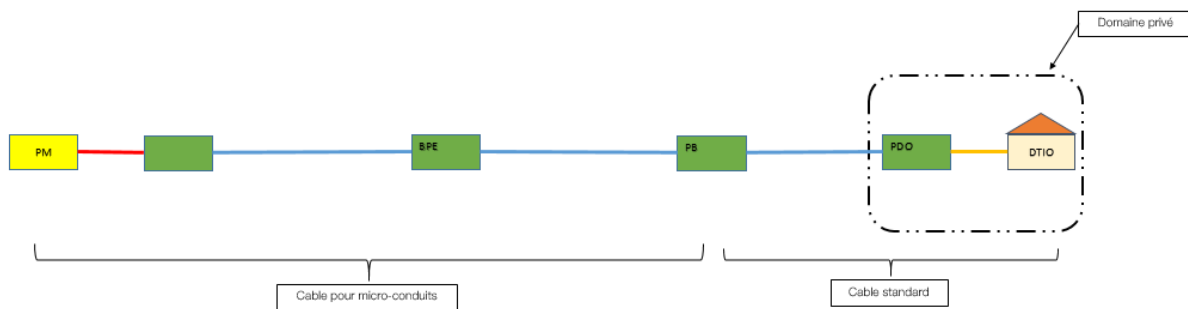


Figure 3 : Schéma de principe PM DTIO zone de logements individuels isolés, raccords terminaux en aérien

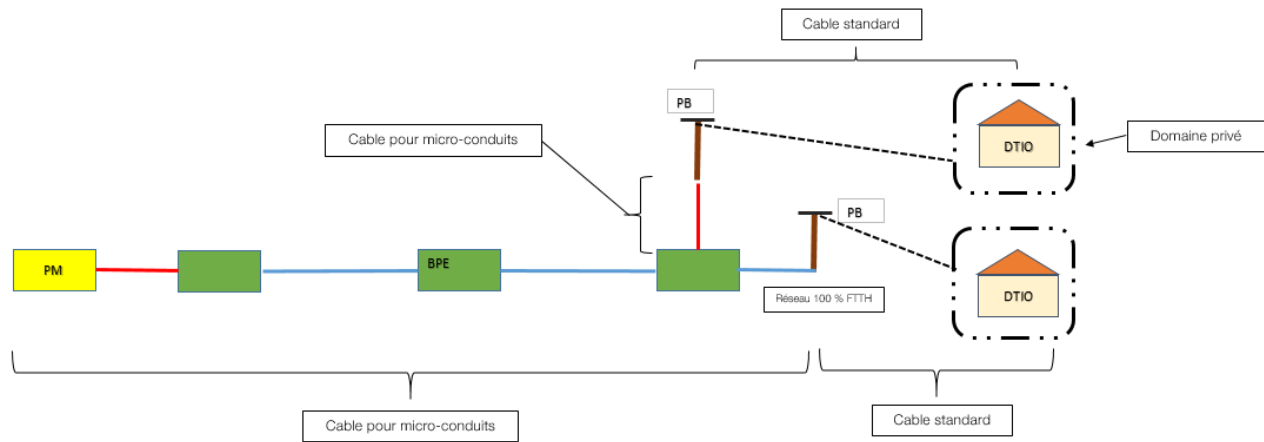


Figure 4 : Schéma de principe PM DTIO zone de logements individuels collectifs (lotissements)

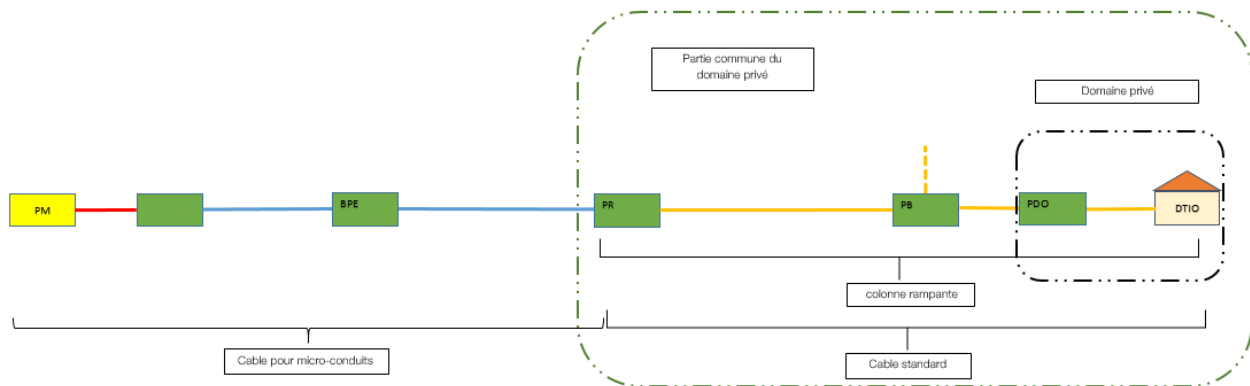
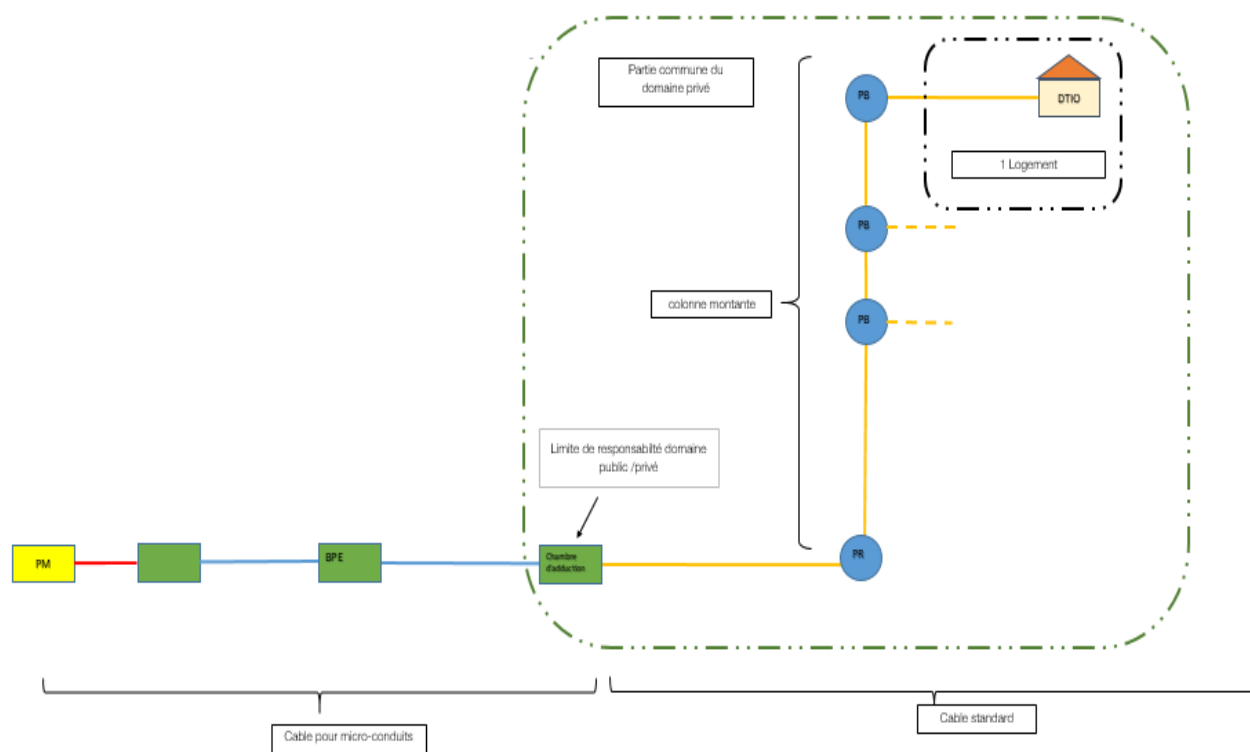


Figure 5 : Schéma de principe PM DTIO zone immeubles collectifs



Annexe 23. Interface câble pour micro-conduit et boîtier (BPE et PBO) ou armoire

1 Introduction

Les câbles spécifiquement développés pour utilisation exclusive en micro-conduit (voir **Annexe 8**) demandent des précautions particulières.

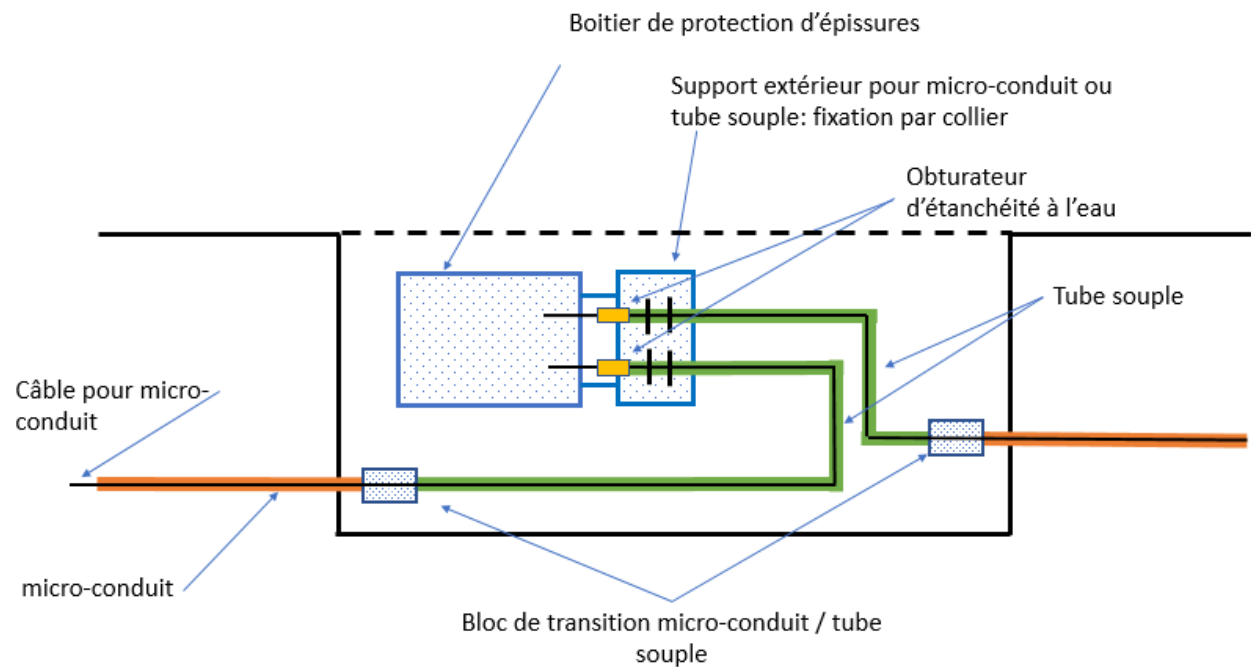
Cette annexe présente la gestion des interfaces et définit les tests nécessaires pour valider ces interfaces.

2 Gestion des câbles pour micro-conduits aux différents points d'interfaces

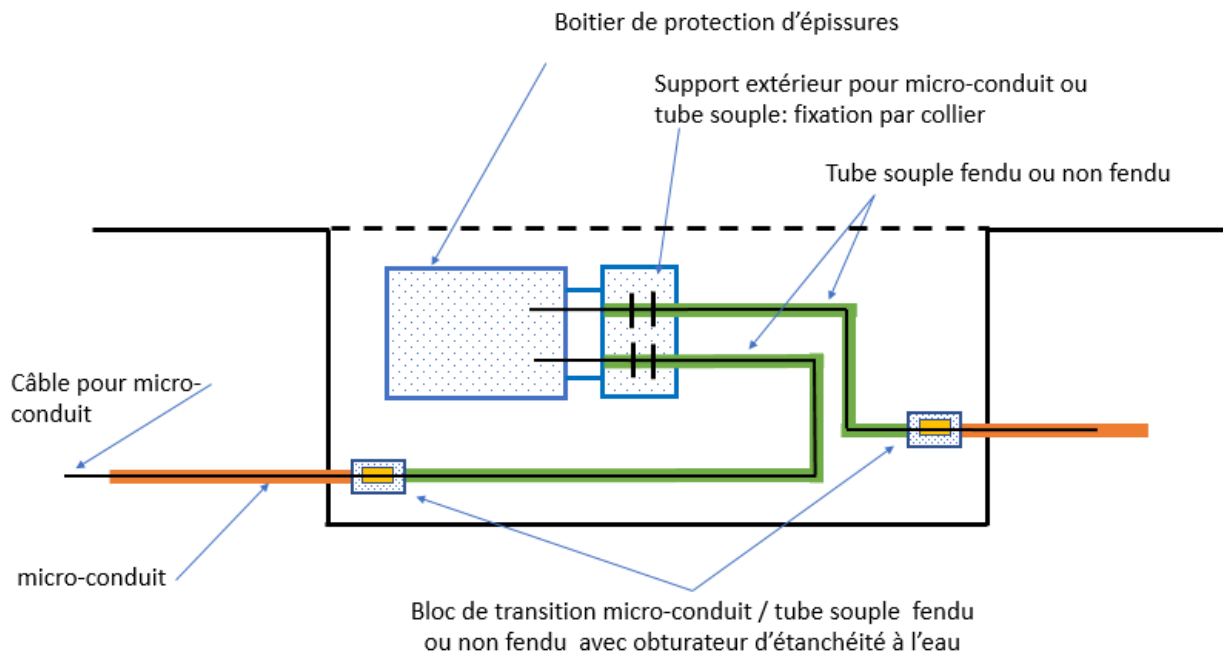
2.1 Câbles pour micro-conduits en chambre

Les schémas définissent les configurations à respecter.

Cas N°1: Tube souple non fendu



Cas N°2: Tube souple fendu ou non fendu



Définition des éléments :

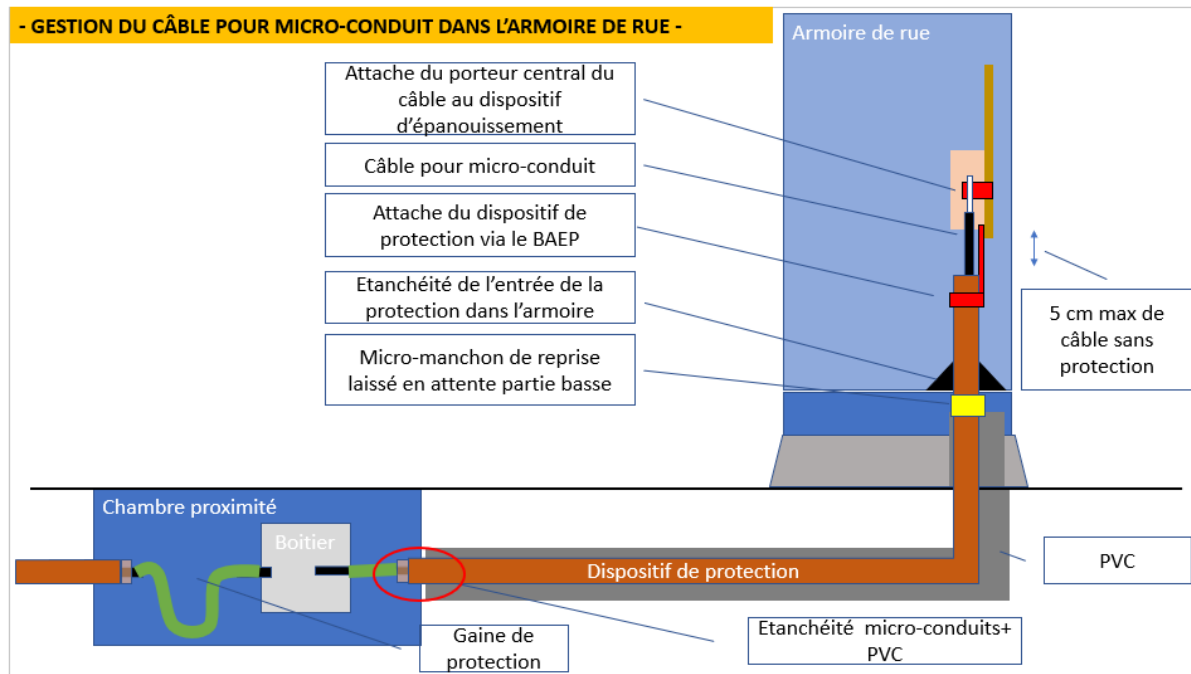
- Câble selon XP C 93-850-5-10 avec fibre en G.657.A2
- Boîtier : Boîtier de protection d'épissure (BPE) ou Point de Branchement Optique (PBO)
 - o BPE : NF EN IEC 61753-1 Ed2 - Catégorie d'environnement G
- PBO souterrain : XP C 93-923-2-2
- Support extérieur pour micro-conduit ou tube souple:
 - o Solidaire de l'embase
 - o fixation par colliers métalliques ou plastiques des tubes souples
- Tube souple fendu ou non fendu: Les tubes assurent la protection du câble et doivent permettre d'obtenir pour l'ensemble tube et câbles pour micro-conduits une tenue à l'écrasement équivalent à un câble conduite traditionnelle (XP C 93-850-3-25)
- Bloc transition micro-conduit / tube souple avec obturateur :Ils doivent assurer l'étanchéité à l'eau (« Water block »)

2.2 Câbles pour micro-conduits sur poteau

Non encore défini, travaux en cours.

2.3 Câbles pour micro-conduits dans les armoires de rue extérieures

Le schéma définit les configurations à respecter :



Définition des principaux éléments :

- Câble selon XP C 93-850-5-10 avec fibre en G.657.A2
- Dispositif de protection :
 - Il peut être du micro-conduit mais peut être aussi d'un type différent tant que les fonctions suivantes sont assurées :
 - étanchéité radiale afin de limiter l'humidité à l'intérieur de l'armoire (Gaine fendue non recommandée)
 - protection du câble : l'ensemble tube et câble pour micro-conduits permet une tenue à l'écrasement équivalente à celle d'un câble conduite traditionnel (XP C 93-850-3-25)
 - Il protège le câble de l'entrée de la conduite PVC jusque dans l'armoire. La section de câble non protégée juste avant le dispositif d'épanouissement ne doit pas dépasser 5 cm.
- Boîtier d'arrimage et d'épanouissement primaire (BAEP), il doit permettre :
 - La fixation du dispositif de protection ; la rétention du dispositif s'effectue par la pose de deux colliers, dont l'un doit être métallique afin d'empêcher tout phénomène de glissement. Le second collier, moins sollicité en traction, permet d'empêcher la rotation du dispositif.

- La fixation du câble par ces éléments d'arrimage (généralement le porteur central) ; les tests de rétention du câble et de compression axiale décrits respectivement aux paragraphes 3.2.1 et 3.2.2 de cette même annexe doit être satisfaits

Note : La gaine du câble pour micro-conduit n'est pas fixée au boîtier d'arrimage

- Etanchéité micro-conduits + PVC :
 - L'étanchéité de l'ensemble dispositif de protection -câble, doit être garantie par l'ajout d'un obturateur en amont dans la chambre de proximité. Le dispositif de protection doit alors être étanche jusqu'à son extrémité dans l'armoire.
 - L'étanchéité de l'entrée du dispositif de protection / PVC doit être aussi réalisée comme dans le cas d'un câblage standard.

Mise en œuvre :

- Le câble doit être protégé jusque dans l'armoire. La section de câble non protégée en amont du dispositif d'épanouissement ne doit pas dépasser 5 cm.
- La pénétration dans les armoires se fait en tubant, par un dispositif de protection, les PVC préexistants. Cette opération se fait en 2 phases :
 - Phase 1 : On passe le ou les dispositifs de protection dans le PVC puis on fait un recape (couper l'excédent de tube) dans la partie « infra » du PM, (au-dessus de l'arrêt des PVC et sous les têtes) – voir photos ci-dessous. On pose un bouchon de protection. Les tubes sont alors en attente et ne sont pas attachés. (Tubes bleus photo ci-dessous).
 - Phase 2 : Lorsque l'on a besoin d'utiliser un des dispositifs de protection ; on le prolonge pour le faire sortir dans la partie supérieure du PM (tube jaune photo ci-dessous).

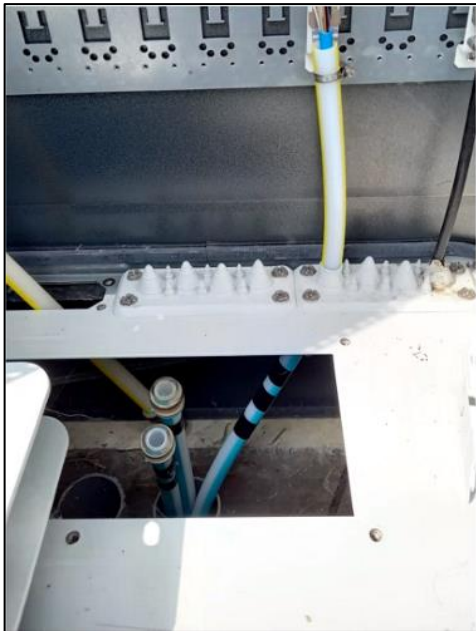


Photo phase 1

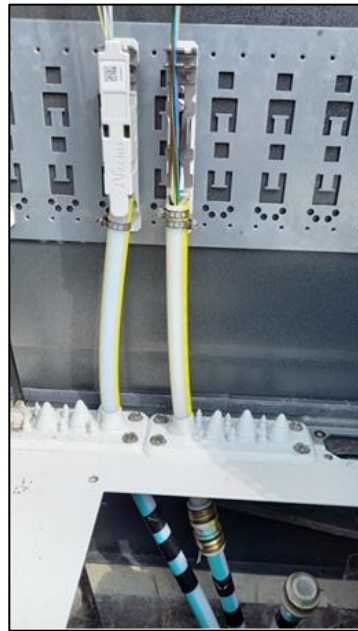


Photo phase 2

3 Tests de l'interface câble pour micro-conduit / boîtier

Pour s'assurer de la bonne compatibilité des câbles pour micro-conduit et des boîtiers, il est recommandé de réaliser l'ensemble des tests décrits ci-dessous pour chaque couple câble/boîtier.

3.1 Test de mise en œuvre

Mise en œuvre des entrées de câble selon la notice d'installation à température ambiante avec monitoring optique. L'objectif est de détecter les variations du signal optique pendant et après la mise en œuvre.

3.2 Tests IEC

Les tests peuvent être cumulatifs dans l'ordre ci-dessous. Les détails des tests et des sanctions sont définis dans l'IEC 61753-1 Ed2.

3.2.1 Rétention du câble

Etanchéité de l'interface boîtier câble :

Méthode d'essai: IEC 61300-2-4 Test à -15 °C et + 45 °C Charge en N: 20 * ØCable (mm) pour ØCable > 7 mm 10 * ØCable (mm) pour ØCable ≤ 7 mm Pression interne du boîtier: 20 kPa Durée: 1 h par câble et par température d'essai	Sanctions • Contrôle visuel • Etanchéité après essai • Variation de la pression interne après essai
--	---

Test Optique de l'interface boîtier câble :

Méthode d'essai: IEC 61300-2-4 Test à + 23 °C Charge en N: 20 * ØCable (mm) pour ØCable > 7 mm 10 * ØCable (mm) pour ØCable ≤ 7 mm Durée: 1 h par câble et par température d'essai	Sanctions • Contrôle visuel • Perte transitoire • Pendant l'essai • Après l'essai
---	--

3.2.2 Compression axiale

Test mécanique de l'interface boîtier câble :

Méthode d'essai: IEC 61300-2-11 Test à +23 °C Charge en N: 10 N pour $\varnothing\text{Cable} < 3\text{mm}$ 20 N pour $3\text{ mm} \leq \varnothing\text{Cable} < 6\text{ mm}$ 50 N pour $6\text{ mm} \leq \varnothing\text{Cable} < 10\text{ mm}$ 100 N pour $10\text{ mm} \leq \varnothing\text{Cable} < 20\text{ mm}$ Durée: 30 mn par câble	Sanctions • Contrôle visuel • Pas de mouvement du câble de plus de 5 mm
--	--

Note : Pas de Test Optique de l'interface boîtier câble

3.2.3 Courbure du câble

Etanchéité de l'interface boîtier câble :

Méthode d'essai: IEC 61300-2-37 Test à -15 °C et + 45 °C Cycle avec angle de courbure: +30° et -30° Pression interne du boîtier: 20 kPa Cycles: 5 cycles par câble et par température d'essai Durée: 5 mn dans chaque position extrême	Sanctions • Contrôle visuel • Etanchéité après essai • Variation de la pression interne après essai
---	--

Test Optique de l'interface boîtier câble :

Méthode d'essai: IEC 61300-2-37 Test à + 23 °C Cycle avec angle de courbure: +30° et -30° Cycles: 5 cycles par câble Durée: 5 mn dans chaque position extrême	Sanctions • Contrôle visuel • Perte transitoire • Pendant l'essai • Après l'essai
---	---

3.2.4 Torsion du câble

Etanchéité de l'interface boîtier câble :

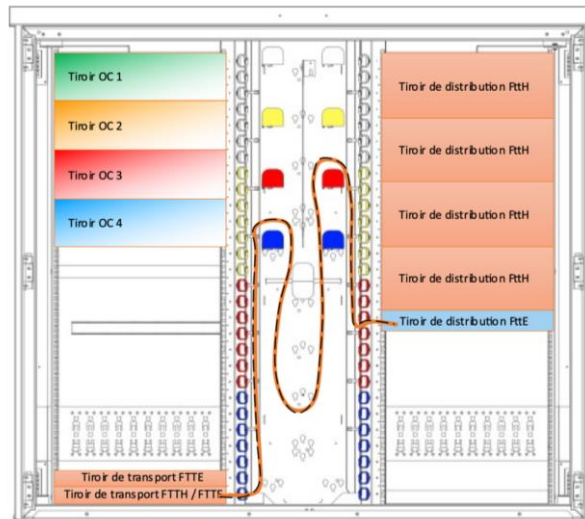
Méthode d'essai: IEC 61300-2-5 Test à -15 °C et + 45 °C Cycle avec angle de torsion: +90° et -90° Pression interne du boîtier: 20 kPa Cycles: 5 cycles par câble et par température d'essai Durée: 5 mn dans chaque position extrême	Sanctions • Contrôle visuel • Etanchéité après essai • Variation de la pression interne après essai
---	---

Test Optique de l'interface boîtier câble :

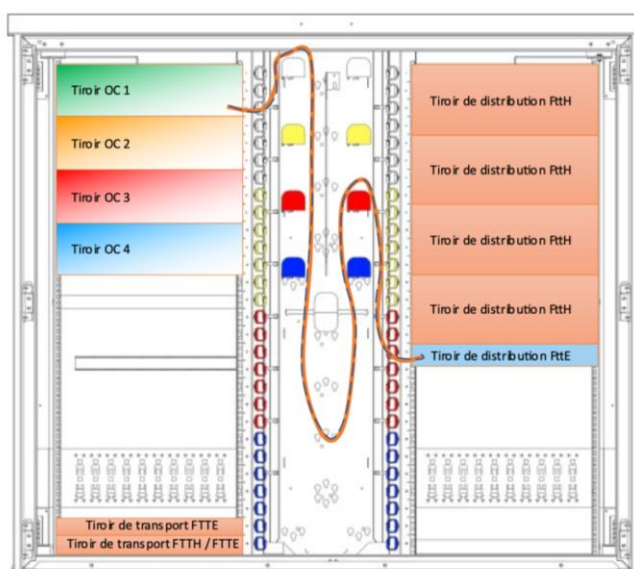
Méthode d'essai: IEC 61300-2-37 Test à + 23 °C Cycle avec angle de torsion: +90° et -90° Cycles: 5 cycles par câble Durée: 5 mn dans chaque position extrême	Sanctions • Contrôle visuel • Perte transitoire • Pendant l'essai • Après l'essai
--	--

Annexe 24. Schémas de raccordement du FttE au PM

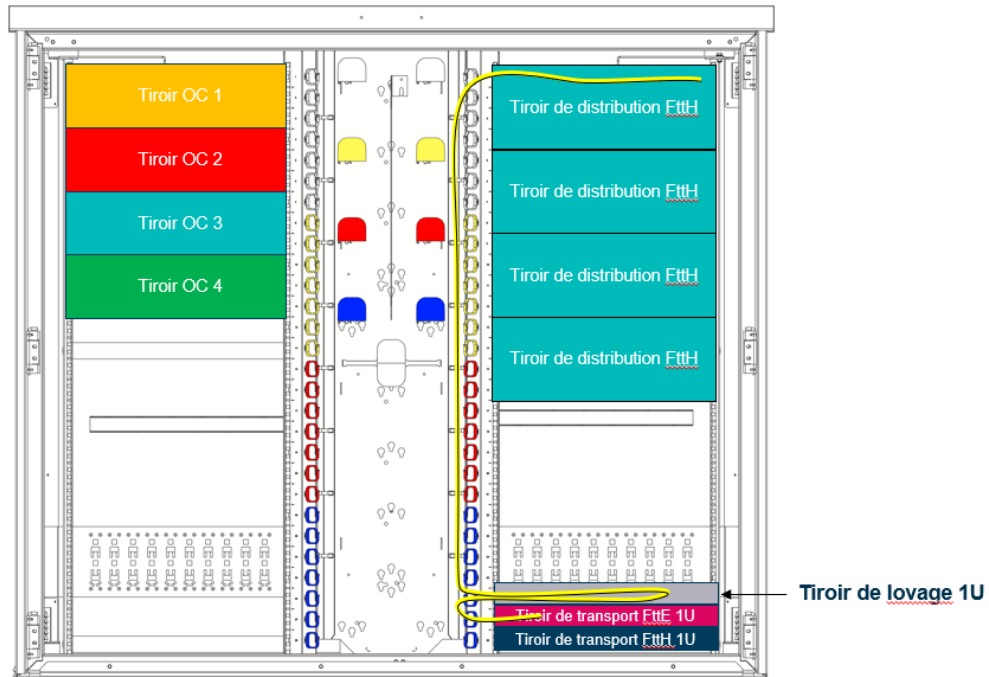
Cas 1 : Liaison FttE livrée au PRDM via un cordon sécurisé de 2mm de diamètre qui chemine par la zone de brassage standard (pas de risque de débrancher le cordon car un outil spécifique est nécessaire)



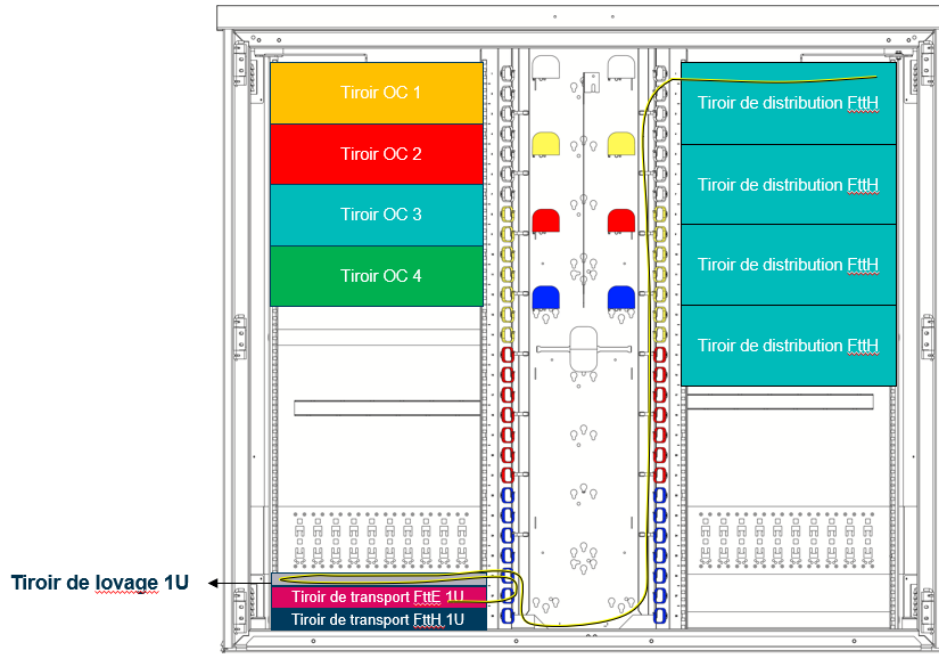
Cas 2 : Fourniture du lien FttE au PM en face avant du module OC. Cordon sécurisé (autant pour PMZ 2x28U que 2x40U) et 2mm de diamètre qui chemine par la zone de brassage standard (pas de risque de débrancher le cordon car un outil spécifique est nécessaire)



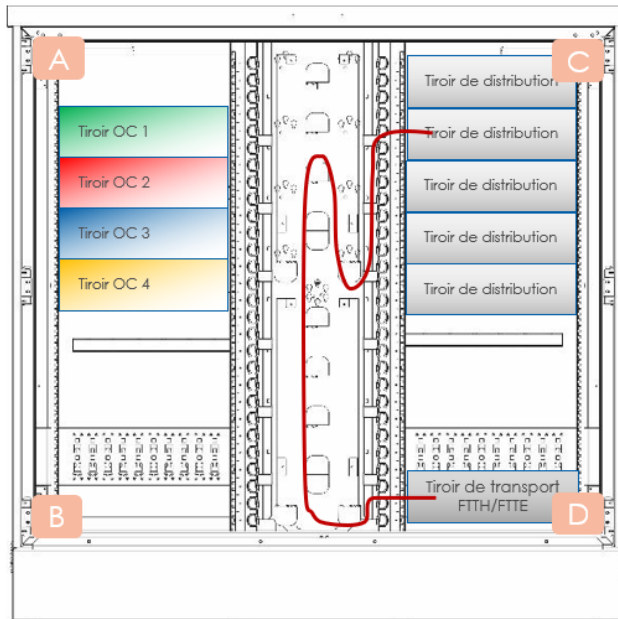
Cas 3 : fourniture du lien FttE au PRDM via un cordon sécurisé empruntant un cheminement dédié (anneaux en fond d'armoire côté droit) où le **lovage** de la surlongueur du cordon se fait via un **tiroir de lovage 1U**.



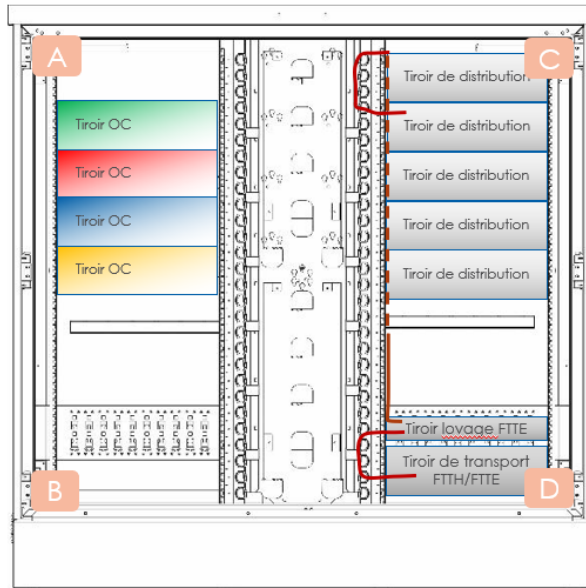
Cas 4 : fourniture du lien Ftt au PRDM via un cordon sécurisé empruntant un cheminement dédié (anneaux en fond d'armoire côté droit) où le lovage de la surlongueur du cordon se fait via un tiroir de lovage 1U



Cas 5 : fourniture du lien FttE au PRDM via un cordon sécurisé de diamètre 2mm empruntant depuis le tiroir de transport installé dans la zone de baie de droite en partie basse, la zone de brassage standard. Ce cordon sécurisé ne peut être enlevé sans la présence d'un outil dédié (ce cas est valable pour les baies en 28U et 40U avec brassage en W)

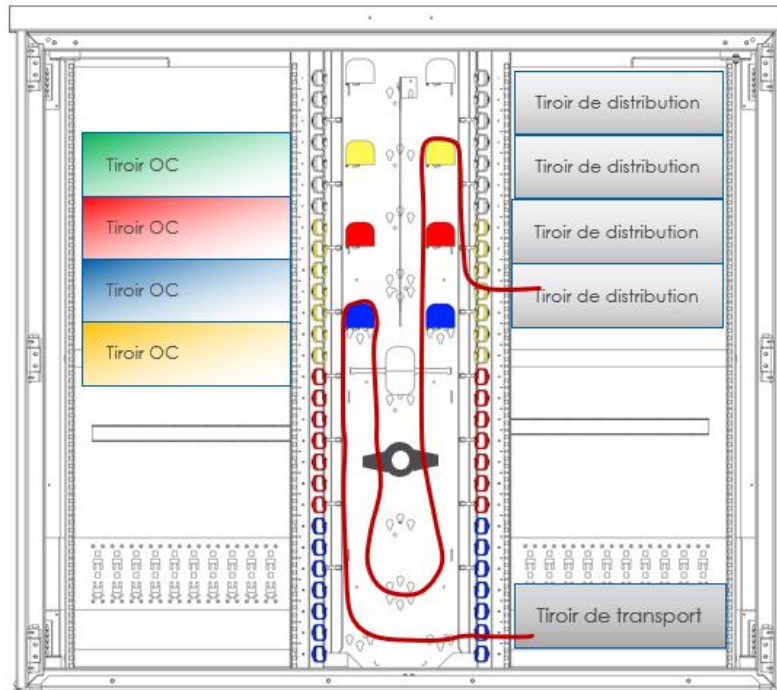


Le cordon sorti du tiroir de transport rejoint un tiroir de lovage (1U, pour absorber la surlongueur du cordon) par le biais des anneaux puis, ressort du tiroir de lovage et chemine dans le fond de la zone de baie de droite, au dos des tiroirs de distribution – ce parcours isole le cordon des cordons existants en zone de brassage. Ce cordon adresse le tiroir de distribution en empruntant par le haut de l'armoire les anneaux en face avant et chemine en fond de baie de la zone de brassage jusqu'à l'entrée du tiroir de distribution. Ce cordon sécurisé ne peut être enlevé sans la présence d'un outil dédié (ce cas est valable pour les baies en 28U et 40U avec brassage en W)



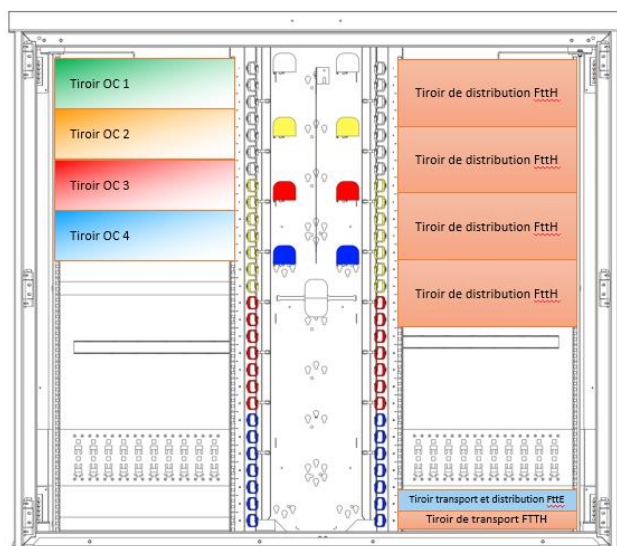
Cas 7 : fourniture du lien FttE au PRDM via un cordon sécurisé de diamètre 2mm.

Le cordon emprunte depuis le tiroir de transport installé dans la zone de baie de droite en partie basse, la zone de brassage standard. Ce cordon sécurisé ne peut être enlevé sans la présence d'un outil dédié (ce cas est valable pour les baies en 28U et 40U avec brassage en M)



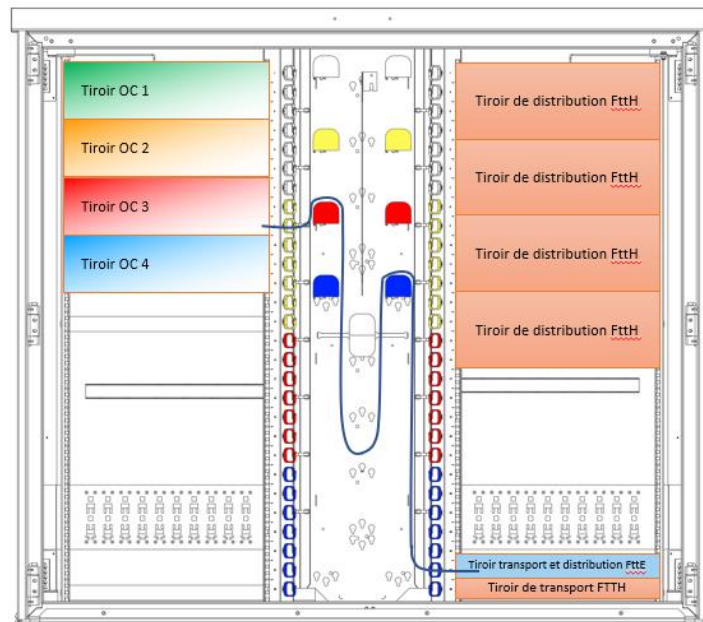
Cas 8 : Liaison FttE avec livraison au PRDM. Les fibres des câbles de distribution FttE sont soudées aux fibres des câbles de transport dans le tiroir « transport et distribution FttE »

Les fibres des câbles PM-BRE sont soudées aux fibres des câbles PRDM-PM dans le tiroir transport et distribution FttE



Cas 9 : Liaison FttE avec livraison au PM. Les fibres des câbles de distribution FttE sont soudées à un **demi-cordon dans le tiroir « Transport et Distribution FttE »**

: Liaison FttE avec livraison au PM. Les fibres des clients PM-BRE sont soudées à un demi-cordon dans le tiroir Transport et Distribution FttE



Annexe 25. Protection d'épissure thermo rétractable pour réseaux FTTH

Préambule :

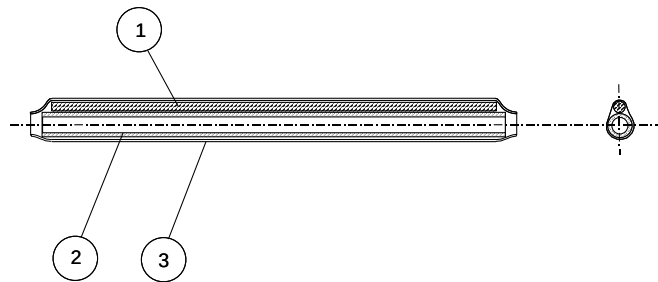
Quelle que soit la topologie du réseau, les épissures par fusion sont utilisées partout dans les réseaux optiques pour interconnecter les fibres optiques de différents câbles FTTH ou les différents composants entre eux.

La protection d'épissure thermo rétractable monofibre appelée plus communément Smouv™ est souvent considérée comme du consommable et non comme un élément important de la chaîne de liaison entre le NRO et l'abonné. Son manque de contrôle dans l'écosystème du FTTH entraîne des atténuations non négligeables à court et à long terme. Les défauts plus communément répertoriés restent le non-respect des dimensions, des composants ne tenant pas les performances (pas d'adhésif ou de piètre performance).

La protection d'épissure thermo rétractable doit respecter les performances selon la norme NF EN 50411-3-3 (Edition 2019).

Composition d'une protection d'épissure thermo rétractable :

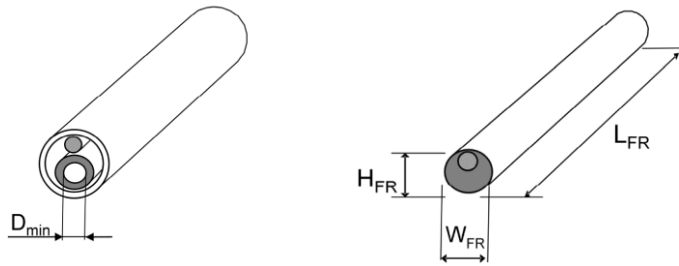
Elle est composée de trois éléments importants dans la réalisation du produit :



- 1) Barre métallique (élément mécanique) : Assure la tenue mécanique de la soudure
- 2) Tube d'adhésif : reconstitue la protection du 250μ de la fibre
- 3) tube thermo rétractable : il permet d'assembler et de maintenir l'ensemble des composants.

Dimensions requises pour la conformité à la norme précitée :

- D min, dimension mini pour insertion fibres : 1,2 mm
- Dimension W : 2,4 mm Tolérance +0,2 – 0,2 mm
- Dimension H : 2,4 mm Tolérance +0,2 – 0,2 mm
- Dimension L : 20/23/25/35/40/45/60 mm Tolérance +2 – 1 mm



Qualité des composants :

- les barres métalliques doivent être bien polies et aux bonnes dimensions ;
- l'adhésif doit-être de qualité pour passer les tests de température et adhérer sur le 125 et 250 μm pour un maintien mécanique efficace ;
- le thermo rétractable doit se rétreindre d'une manière uniforme, il garantira des forces de cisaillement autour de la fibre pendant le processus de rétraction et il en résultera des forces de contractions thermiques ou des contraintes inférieures à l'intérieur du protecteur lorsque le protecteur d'épissure est refroidi après l'installation ;
- la protection d'épissure doit être transparente pour bien visualiser le centrage du point de fusion.

Mise en œuvre des protections d'épissures :

- respect des températures des temps de chauffe et de refroidissement ;
- ne pas couper la protection d'épissure (danger : amorce de rupture) ;
- propreté lors de l'installation ;
- test de traction.

Installation de la protection d'épissure thermo rétractable dans les équipements passifs FTTH :

Chaque fournisseur d'équipements passifs doit indiquer le type de protection d'épissure thermo rétractable à utiliser car les conséquences d'une mauvaise utilisation peuvent être conséquentes :

- rayon de courbure de la fibre non respectée, non conforme aux types de fibres utilisées ;
- casse des fibres à la sortie du thermo rétractable ;
- contrainte sur le corps du thermo rétractable si dimensions non respectées ;
- non maintien aux vibrations si dimensions non respectées.

Conclusion :

Chaque protection d'épissure thermo rétractable installée sur les infrastructures passives du FTTH doit être conforme à la norme EN 50411-3-3 (Edition 2019) et doit être installée conformément au mode opératoire de chaque fabricant afin de réduire les risques d'atténuations. Le respect de cette norme va permettre d'obtenir la pérennité de ces composants dans l'environnement extérieur et intérieur.

Annexe 26. Test terrain des boîtiers étanches de protection d'épissures

L'objectif de ce document est de proposer aux installateurs une procédure de test unique utilisable pour les boîtiers étanches de protection d'épissures optiques, lorsqu'un tel test est demandé par l'opérateur.

Ce test est destiné à vérifier la bonne mise en œuvre du boîtier et de ses entrées de câbles.

En aucun cas, ce test terrain doit être considéré comme une qualification du boîtier, que ce soit en tenue à l'immersion ou en étanchéité.

Champ d'application :

Ce test peut s'appliquer à tous les types de boîtiers étanches de protection d'épissures optiques installés en souterrain, équipés d'une valve ou conçus pour être équipés d'une valve.

Conditions requises à la réalisation du test :

Le test s'effectue boîtier fermé. Se conformer à la notice d'installation pour fermer le boîtier et, notamment, vérifier l'état de propreté du boîtier et des entrées de câbles avant la fermeture :

- Corps
- Couvercle
- Joints
- Dispositif de fermeture
- Entrées de câbles

L'équipement de test nécessaire :

- Un équipement de mise en pression avec un contrôle de mise en charge muni d'une soupape de surpression tarée à 200 mbar.
- Un manomètre gradué à 10 mbar et couvrant au moins la plage de 0 à 200 mbar
- Agent moussant de pH neutre (proche de 7)

Procédure de test :

1. Monter une valve si le boîtier n'en est pas équipé
2. Raccorder le dispositif de mise en pression sur la valve du boîtier
3. Introduire l'air dans le boîtier jusqu'à obtenir une pression de test comprise entre 180 et 200 mbar sans dépasser cette dernière valeur
4. Maintenir cette pression
5. Pulvériser un agent moussant neutre qui réagira en cas de fuite au contact des filets d'air

- Création de bulles dans la zone de fuite
 - Il est recommandé de pulvériser le produit uniquement sur les zones d'étanchéité du produit :
 1. Joints périphériques
 2. Entrées et sorties de câbles
6. Dégonfler le boîtier et reboucher la valve
 7. En l'absence de fuite placer le boîtier dans la chambre. Fixer le boîtier.

En présence de fuite, l'étanchéité de la zone incriminée devra être refaite et un nouveau test réalisé.

Liste des Normes

Composants passifs – Câbles et fibres optiques :

Françaises

- NF C93-531-16 : *Câbles pour installations intérieures de télécommunications - Partie 16 : câbles avec écran pour applications télévision radio fréquence incluant la bande intermédiaire satellite (DVB-S/S2) - Grade 2 TV*
- NF C93-531-17 : *Câbles pour installations intérieures de télécommunications - Partie 17 : câbles avec écran pour applications télévision radio fréquence incluant la bande intermédiaire satellite (DVB-S/S2) - Grade 3 TV*
- NF C93-850-2-22 : *Câbles à fibres optiques - Partie 2-22 : spécification particulière – Câble optique de branchement à usage intérieur*
- NF C93-850-2-25 : *Câbles à fibres optiques - Partie 2-25 : spécification particulière - Câbles de distribution d'intérieur à éléments de base ou micromodules adaptés au piquage tendu*
- NF C93-850-3-22 : *Spécification particulière - Câble optique de branchement à usage extérieur, en aérien, en façade ou en conduite*
- NF C93-850-3-25 : *Câbles à fibres optiques - Partie 3-25 : spécification particulière - câbles de distribution d'extérieur, en aérien ou en souterrain*
- NF C93-850-6-22 : *Câbles à fibres optiques - Partie 6-22 : spécification particulière - Câble optique de branchement à usage mixte (intérieur et extérieur)*
- NF C93-850-6-25 : *Câbles mixtes (intérieurs et extérieurs) - Spécification particulière pour les câbles de distribution à usage mixte*
- XP C93-850-5-10 : *Câbles à fibres optiques – Partie 5-10 : Spécification particulière – câble de transport et distribution à usage extérieur dans des micro-conduits en souterrain*
- XP C93-925-2-23 : *Câbles à fibres optiques - Partie 2-23 : spécification particulière - Câble de branchement pour pose en conduite par poussage à usage intérieur*

Internationales

- ITU-T G.657 : *Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable*
- NF EN IEC 60793-2-50 : *Fibres optiques - Partie 2-50 : Spécifications de produits - Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B*

Composant passifs – Connecteurs, boîtiers, armoire

Françaises

- XP C93-923-1 : *Boîtiers pour points de branchement optique - Partie 1 : usage intérieur*

- XP C93-923-2-1 : *Boîtiers pour points de branchement optique - Partie 2-1 : usage extérieur - En aérien*
- NF C93-923-2-2 : *Boîtiers pour points de branchement optique - Partie 2-2 : usage extérieur - En chambre ou au niveau du sol*
- XP C93-924-1 : *Boîtiers pour points de raccordement optique - Partie 1 : usage intérieur*
- XP C93-927 : *Dispositif de terminaison intérieure avec Interface de connexion optique (DTIo) - Norme de produit*
- XP C93-928 : *Kit de terminaison intérieure avec interface de connexion optique*
- XP C93-931-1 *Accessoires pour câbles à fibres optiques de structure ronde de distribution d'extérieur en aérien - Partie 1 : Dispositifs d'ancrage (ou dispositifs d'arrêt)*
- XP C93-931-2 *Accessoires pour câbles à fibres optiques de structure ronde de distribution d'extérieur en aérien - Partie 2 : Dispositifs de suspension*

Européennes

- ETSI EN 300 019-1-3 : *Equipment Engineering (EE); Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment Part 1-3: Classification of environmental conditions Stationary use at weatherprotected locations*
- ETSI EN 300 019-2-1 : *Environmental Engineering (EE); Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment; Part 2-1: Specification of environmental tests; Storage*
- ETSI EN 300 019-2-2 *Environmental Engineering (EE); Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment; Part 2-2 : Specification of environmental tests; Transportation*
- ETSI EN 300 019-2-4 : *Environmental Engineering (EE); Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment; Part 2-4 : Specification of environmental tests; Stationary use at non-weatherprotected locations*
- NF EN 50411-3-3 : *Organiseurs et boîtiers de fibres destinés à être utilisés dans les systèmes de communication par fibres optiques - Spécifications de produits - Partie 3-3 : protecteurs d'épissures par fusion de fibres optiques unimodales*

Internationales

- ASTM G154 : *Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Materials*
- NF EN 60068-2-6 : *Essais d'environnement - Partie 2-6 : essais - Essai Fc : vibrations (sinusoïdales)*
- NF EN 60068-2-11 : *Essais d'environnement - Partie 2-11 : essais - Essai Ka : brouillard salin*
- NF EN 60068-2-14 : *Essais d'environnement - Partie 2-14 : essais - Essai N : variation de température*

- NF EN 60068-2-27 : *Essais d'environnement - Partie 2-27 : essais - Essai Ea et guide : chocs*
- NF EN 60529 : *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*
- NF EN IEC 61300-2-4 : *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques - Procédures fondamentales d'essais et de mesures - Partie 2-4 : essais - Rétention de la fibre ou du câble*
- NF EN IEC 61300-2-5 : *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques - Méthodes fondamentales d'essais et de mesures - Partie 2-5 : essais - Torsion*
- NF EN IEC 61300-2-22 : *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques - Méthodes fondamentales d'essais et de mesures - Partie 2-22 : essais - Variations de température*
- NF EN IEC 61300-2-34 : *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques - Procédures fondamentales d'essais et de mesures - Partie 2-34 : essais - Résistance des composants d'interconnexion et des boîtiers aux solvants et aux fluides contaminants*
- NF EN IEC 61300-2-37 : *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques - Procédures fondamentales d'essais et de mesures - Partie 2-37 : essais - Courbure du câble pour les boîtiers pour fibres optiques*
- NF EN IEC 61300-2-38 : *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques - Méthodes fondamentales d'essais et de mesures - Partie 2-38 : essais - Étanchéité pour les boîtiers à fibres optiques à surpression interne*
- NF EN IEC 61300-2-42 : *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques - Procédures fondamentales d'essais et de mesures - Partie 2-42 : essais - Charge latérale statique pour serre-câble*
- NF EN IEC 61300-2-44 : *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques - Procédures fondamentales d'essais et de mesures - Partie 2-44 : essais - Flexion du serre-câble des dispositifs à fibres optiques*
- NF EN IEC 61300-2-50 : *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques - Méthodes fondamentales d'essais et de mesures - Partie 2-50 : essais - Essai de résistance des connecteurs à fibres optiques sous charge statique - Unimodal et multimodal*
- NF EN IEC 61300-3-1 : *Dispositifs d'interconnexion et composants à fibres optiques - Méthodes fondamentales d'essais et de mesures - Partie 3-1 : examens et mesures - Examen visuel*
- NF EN IEC 61300-3-34 : *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques - Méthodes fondamentales d'essais et de mesures - Partie 3-34 : examens et mesures - Affaiblissement dû à l'accouplement de connecteurs quelconques*
- NF EN IEC 61753-1 : *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques - Norme de performance – Partie 1 : Généralités et recommandations*

- NF EN IEC 61969-3 : *Structures mécaniques pour équipement électrique et électronique - Enveloppes de plein air - Partie 3 : exigences et essais d'environnement, et aspects liés à la sécurité*
- NF EN 62262 : *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK)*
- NF EN ISO 4892-3 : *Plastiques - Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire - Partie 3 : lampes fluorescentes UV*

Installation et mesures :

Françaises

- NF C15-100 : *Installations électriques à basse tension*
- NF C90-483 : *Systèmes de câblage résidentiels secondaires des réseaux de communication*
- XP C90-486 : *Systèmes de câblage résidentiels primaires des réseaux de communication (Colonnes de communication, réseaux d'accès au logement ou au local à usage professionnel)*
- Guide UTE C15-443 : *Installations électriques à basse tension - Guide pratique - Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres - Choix et installation des parafoudres*

Européennes

- ETSI EN 300 132-3 : *Environmental Engineering (EE); Power supply interface at the input of Information and Communication Technology (ICT) equipment; Part 3: Up to 400 V Direct Current (DC)*
- ETSI EN 300 753 : *Equipment Engineering (EE); Acoustic noise emitted by telecommunications equipment*
- NF EN IEC 62485-2 : *Exigences de sécurité pour les batteries d'accumulateurs et les installations de batteries - Partie 2 : batteries stationnaires*

Internationales

- ISO/IEC 11801-x : *Information technology — Generic cabling for customer premises : series*
- ISO/IEC 14763-3 : *Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Part 3: Testing of optical fibre cabling*
- NF EN 60825-1 : *Sécurité des appareils à laser - Partie 1 : classification des matériels et exigences*
- NF EN IEC 60825-2 : *Sécurité des appareils à laser - Partie 2 : sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO)*

- NF EN IEC 61000-6-x : *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 6-x : normes générales - série*
- NF EN IEC 61280-4-2 : *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques - Partie 4-2 : installations câblées - Mesure de l'affaiblissement de réflexion optique et de l'affaiblissement des fibres unimodales*
- NF EN IEC 61587-1 : *Structures mécaniques pour équipement électronique - Essais pour les séries IEC 60917 et IEC 60297 - Partie 1 : exigences environnementales, montage d'essai et aspects liés à la sécurité des baies, bâtis, bacs à cartes et châssis dans des conditions d'utilisation intérieure ou de transport*
- NF EN IEC 61643-11 : *Parafoudres basse-tension - Partie 11 : parafoudres connectés aux systèmes basse tension - Exigences et méthodes d'essai*
- NF EN IEC 62305-2 : *Protection contre la foudre - Partie 2 : évaluation des risques*

Composants et systèmes actifs :

Internationales

- IEEE 802.3ah : *IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Part 3: CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications Amendment: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for Subscriber Access Networks*
- IEEE 802.3av : *IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 3: CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications Amendment 1: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Gb/s Passive Optical Networks*
- ITU-T G.984.x : *Gigabit-capable passive optical networks (GPON) : series*
- ITU-T G.984.1 : *Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics*
- ITU-T G.984.2 : *Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification*
- ITU-T G.987.x : *10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems : series*
- ITU-T G.9807.1 : *10-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON)*
- ITU-T G.987.2 : *Réseaux optiques passifs de 10 gigabits (XG-PON): Spécification de la couche dépendante du support physique*
- ITU-T G.989.x : *40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): series*

Qualité et environnement :

Internationales

- NF EN ISO 14025 : *Marquages et déclarations environnementaux - Déclarations environnementales de type III - Principes et modes opératoires*
- NF EN ISO14040 : *Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre*
- NF EN ISO 14044 : *Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices*

Autres Publications

Les documents ci-après référencés sont de natures et de portées juridiques différentes.

Cette liste est purement indicative et n'a pas vocation à créer un classement hiérarchisé des publications.

En outre, le contenu de ces publications tierces relève de la responsabilité de leurs auteurs et ne constitue pas une recommandation du Comité d'Experts institué par l'Arcep.

ANCT - Recommandations et travaux d'harmonisation

- Mission Très Haut Débit, Évaluation des projets pilotes FTTH Recueil des bonnes pratiques [en ligne]. 2011.
Disponible sur : https://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/dossiers/fibre/eval-projets-pilotes-ftth_recueil-bonnes-pratiques_dec2011.pdf (consulté le 18.07.2025)
- ANCT, Préconisations techniques Génie civil et déploiement de la boucle locale optique mutualisée [en ligne]. 2015.
Disponible sur : <https://anct-site-prod.s3.fr-par.scw.cloud/ressources/2025-02/preconisations-techniques-genie-civil-deploiement-blom.pdf> (consulté le 18.07.2025)
- ANCT, Recommandations portant sur la conception et la topologie de la boucle locale optique mutualisée [en ligne]. 2015.
Disponible sur : <https://anct-site-prod.s3.fr-par.scw.cloud/ressources/2025-02/recommandations-conception-typologie-blom.pdf> (consulté le 18.07.2025)
- ANCT, Recommandations portant sur une mise en œuvre efficace et efficiente du mode le de données GraceTHD [en ligne]. 2025.
Disponible sur : <https://anct-site-prod.s3.fr-par.scw.cloud/ressources/2025-03/pfthd-recommandations-gracethd-v1.1.0.zip> (consulté le 18.07.2025)

ARCEP

- ARCEP, Décision n° 2009-1106 précisant, en application des articles L. 34-8 et L. 34-8-3 du code des postes et des communications électroniques, les modalités de l'accès aux lignes de communications électroniques à très haut débit en fibre optique et les cas dans lesquels le point de mutualisation peut se situer dans les limites de la propriété privée [en ligne]. 2009.
Disponible sur : https://www.arcep.fr/uploads/tx_gsavis/09-1106.pdf (consulté le 18.07.2025)
- ARCEP, Décision n° 2010-1312 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 [en ligne]. 2010.
Disponible sur : https://www.arcep.fr/uploads/tx_gsavis/10-1312.pdf (consulté le 18.07.2025)
- ARCEP, Avis du comité sur l'affaiblissement entre point de raccordement ou point de mutualisation en pied d'immeuble et dispositif terminal intérieur optique, et métrologie de mesure [en ligne]. 2012.
Disponible sur : <https://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/dossiers/fibre/20120213-concluce-fibre-aff.pdf> (consulté le 18.07.2025)

ARCEP, Synthèse Ingénierie de réseau demandée aux opérateurs de réseau par les opérateurs de service en dehors des zones très denses - Affaiblissement optique sur les réseaux en fibre optique jusqu'à l'abonné [en ligne]. 2012. http://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/dossiers/fibre/synth_contraintes_ingenierie_reseau-sept2012.pdf (consulté le 18.07.2025)

- ARCEP, Avis du comité pour la cohabitation des systèmes PON et Point-à-Point [en ligne]. 2013. **Disponible sur :** <https://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/dossiers/fibre/avis-CE-cohabitation-P2P-PON-dec2013.pdf> (consulté le 18.07.2025)
- ARCEP, recommandation sur l'Identification des lignes en fibre optique jusqu'à l'abonné [en ligne]. 2013. **Disponible sur :** https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/recommand-identification-lignes-FttH-avril2013.pdf (consulté le 18.07.2025)
- ARCEP, Décision n° 2015-0776 sur les processus techniques et opérationnels de la mutualisation des réseaux de communications électroniques à très haut débit en fibre optique [en ligne]. 2015. **Disponible sur :** https://www.arcep.fr/uploads/tx_gsavis/15-0776.pdf (consulté le 18.07.2025)
- ARCEP, Avis du comité sur l'équipement en fibre optique des immeubles neufs [en ligne]. 2019. **Disponible sur :** <https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1677573101/reprise/dossiers/fibre/avis-CE-fibre-immeubles-neufs-septembre2019.pdf> (consulté le 18.07.2025)
- ARCEP, Avis du comité d'experts pour la boucle locale en fibre optique jusqu'à l'abonné constitué par l'Arcep sur l'utilisation des fibres optiques normalisées G.652.D sur le seul segment de transport optique (NRO-PM) des nouveaux réseaux FttH [en ligne]. 2020. **Disponible sur :** <https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1677573101/reprise/dossiers/fibre/avis-CE-utilisation-G652D-sur-transport.pdf> (consulté le 18.07.2025)
- ARCEP, 7ème cycle d'analyses de marchés (2024 - 2028) [en ligne]. 2023. **Disponible sur :** <https://www.arcep.fr/la-regulation/tableau-synthetique-des-analyses-de-marches-1.html> (consulté le 18.07.2025)

CNIG (Conseil national de l'information géolocalisée) - Standards

- CNIG, Standard GraceTHD v3.0.1 [en ligne]. 2024. **Disponible sur :** https://cnig.gouv.fr/IMG/pdf/cnig_standard_ant_v3.0_1_gracethd.pdf (consulté le 18.07.2025)
- CNIG, Annexe 1 du standard GraceTHD v3.0.1 [en ligne]. 2024. **Disponible sur :** https://cnig.gouv.fr/IMG/xlsx/cnig_standard_ant_v3.0.1_gracethd_-_annexe1.xlsx (consulté le 18.07.2025)

ENEDIS

- Enedis, Guide pratique pour la réalisation d'études mécaniques permettant la pose de réseaux aériens de communications électroniques sur le Réseau Public de Distribution d'électricité [en ligne]. 2020. **Disponible sur :** <https://www.enedis.fr/deployer-le-tres-haut-debit> (consulté le 18.07.2025)

- Enedis, Modèle de convention relative à l'usage des supports des réseaux publics de distribution d'électricité basse tension (BT) et haute tension (HTA) aériens pour l'établissement et l'exploitation d'un réseau de communications électroniques [en ligne]. 2020.
Disponible sur : <https://www.enedis.fr/deployer-le-tres-haut-debit> (consulté le 18.07.2025)
- Enedis, Annexe n°5 – Modalités techniques d'utilisation des supports communs de réseaux publics de distribution d'électricité basse tension (BT) et haute-tension (HTA) pour l'établissement et l'exploitation d'un réseau de communications électroniques [en ligne]. 2020.
Disponible sur : <https://www.enedis.fr/deployer-le-tres-haut-debit> (consulté le 18.07.2025)

ORANGE

Orange, Offre d'accès aux installations de génie civil et d'appuis aériens d'Orange (offre destinée aux opérateurs de réseaux optiques ouverts au public) [en ligne]. 2024.

Disponible sur : <https://gallery.orange.com/reseaux/?v=54310ae0-717f-480f-8910-cf0b284a4023#l=row&vp2=true> (consulté le 18.07.2025)

Objectif fibre - Guides

- Objectif Fibre, Déploiement de la Boucle Locale Optique Mutualisée sur support aérien [en ligne]. 2015.
Disponible sur : <https://www.objectif-fibre.fr/bonnes-pratiques/guide-a-telecharger/> (consulté le 18.07.2025)
- Objectif Fibre, Raccordement des services généraux à un réseau de fibre optique mutualisé dans les constructions neuves [en ligne]. 2018.
Disponible sur : <https://www.objectif-fibre.fr/bonnes-pratiques/guide-a-telecharger/> (consulté le 18.07.2025)
- Objectif Fibre, Raccordement des immeubles professionnels et d'entreprise neufs au réseau en fibre optique mutualisée FttH [en ligne]. 2019.
Disponible sur : <https://www.objectif-fibre.fr/bonnes-pratiques/guide-a-telecharger/> (consulté le 18.07.2025)
- Objectif Fibre, Installation d'un réseau en fibre optique FttH dans les immeubles neufs ou rénovés, résidentiels ou mixtes [en ligne]. 2022.
Disponible sur : <https://www.objectif-fibre.fr/bonnes-pratiques/guide-a-telecharger/> (consulté le 18.07.2025)
- Objectif Fibre, Raccordement et câblage des locaux individuels neufs à un réseau en fibre optique Résidentiel ou professionnel, isolé ou en lotissement [en ligne]. 2023.
Disponible sur : <https://www.objectif-fibre.fr/bonnes-pratiques/guide-a-telecharger/> (consulté le 18.07.2025)
- Objectif Fibre, Le raccordement client au réseau en fibre optique FttH dans le parc immobilier existant [en ligne]. 2024.
Disponible sur : <https://www.objectif-fibre.fr/bonnes-pratiques/guide-a-telecharger/> (consulté le 18.07.2025)

Cercle Credo - Dossiers techniques

- Cercle CREDO, Test de continuité : quelle puissance pour les stylos VFL ? [en ligne]. 2020.
Disponible sur : <https://www.cercle-credo.com/test-de-continuite-quelle-puissance-pour-les-stylos-vfl-2020-09-22/> (consulté le 18.07.2025)
- Cercle CREDO, Évolution vers les réseaux PON à 10 Gbit/s symétriques XGS-PON : quels impacts sur les infrastructures actuelles ? [en ligne]. 2023.
Disponible sur : <https://www.cercle-credo.com/fiche-xgs-pon/> (consulté le 18.07.2025)
- Cercle CREDO, Maintenance et maintien en condition opérationnelle des réseaux optiques FttX. [en ligne]. 2023. Disponible sur : <https://www.cercle-credo.com/dossier-technique-maintenance/> (consulté le 18.07.2025)
- Cercle CREDO, Résilience des réseaux FttH. [en ligne]. 2023.
Disponible sur : <https://www.cercle-credo.com/dossier-technique-resilience-des-reseaux-ftth/> (consulté le 14.06.2024)

Cercle Credo - Fiches pérennité

- Cercle CREDO, Fiche n°4a – Recette des réseaux optiques hors mesures de performances des fibres [en ligne]. 2020.
Disponible sur : <https://www.cercle-credo.com/fiche-perennite-des-reseaux-4a-recettes-hors-mesures-optiques-2020-11-12/> (consulté le 18.07.2025)
- Cercle CREDO, Fiche n°4b – Recette des réseaux optiques mesures des réseaux optiques [en ligne]. 2020.
Disponible sur : <https://www.cercle-credo.com/fiche-perennite-des-reseaux-4b-mesures-optiques-2020-11-25/> (consulté le 18.07.2025)
- Cercle CREDO, Fiche n°2 - Qualité des composants [en ligne]. 2021.
Disponible sur : <https://www.cercle-credo.com/fiche-perennite-des-reseaux-2-qualite-des-composants-2021-03-22/> (consulté le 18.07.2025)
- Cercle CREDO, Fiche n°5 – Maintenance préventive et corrective [en ligne]. 2021.
Disponible sur : <https://www.cercle-credo.com/fiche-perennite-des-reseaux-n5/> (consulté le 18.07.2025)
- Cercle CREDO, Fiche n°6 – Vie du réseau [en ligne]. 2022.
Disponible sur : <https://www.cercle-credo.com/fiche-perennite-des-reseaux-n6/> (consulté le 18.07.2025)
- Cercle CREDO, Fiche n°9 – Audit des réseaux optiques [en ligne]. 2023.
Disponible sur : <https://www.cercle-credo.com/fiche-perennite-des-reseaux-n9-audit-des-reseaux-optiques/> (consulté le 18.07.2025)

SYCABEL – Guides

- SYCABEL, Guide : Adapter les produits aux nouvelles infrastructures [en ligne]. 2022.
Disponible sur : https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2022-02/adapter_les_produits_aux_nouvelles_infrastructures_ecbl_trad_sycabel.pdf (consulté le 18.07.2025)

- SYCABEL, Guide : Espérance de vie des infrastructures optiques passives [en ligne]. 2022.
Disponible sur : https://www.sycabel.com/jcms/prd_611839/esperance-de-vie-des-infrastructures-passives-ftth-ecbl-trad-sycabel (consulté le 18.07.2025)
- SYCABEL, Guide : Les normes françaises pour la Boucle Locale Optique Mutualisée, 2ème édition [en ligne]. 2024.
Disponible sur : https://www.sycabel.com/jcms/prd_628527/guide-reseaux-ftth-normes-blom-ed-2-2024-10-bat-web-v1 (consulté le 18.07.2025)
- SYCABEL, Guide : Les câbles dans la construction : réaction au feu et Euroclasses [en ligne]. 2025.
Disponible sur : https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2025-05/guide_cables_dans_la_construction_-_reaction_au_feu_et_euroclasses_ed_mai_2025_2025-05-23_11-41-43_492.pdf (consulté le 18.07.2025)

SYCABEL – Livre blanc

- SYCABEL, Livre blanc : La qualité des infrastructures "Fibre Optique" [en ligne]. 2021.
Disponible sur : https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2021-10/sycabel_livre_blanc_2021_2_col_bat.pdf (consulté le 18.07.2025)

SYCABEL – Lettres d'information : Spécial télécoms et data

- SYCABEL, Lettre d'information n°26 : Impact du lieu de production sur l'empreinte carbone d'un câble à fibre optique [en ligne]. 2024.
Disponible sur : https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2024-04/lis_n26_special_telecoms_et_data.pdf (consulté le 18.07.2025)
- SYCABEL, Lettre d'information n°27 : La maintenance et la résilience des réseaux fibre optique [en ligne]. 2024.
Disponible sur : https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2024-05/lis_n27_special_telecoms_et_data_bat.pdf (consulté le xx.xx.2025)
- SYCABEL, Lettre d'information n°30 : Analyse comparative d'impact carbone des produits [en ligne]. 2024.
Disponible sur : https://www.sycabel.com/jcms/prd_631630/lettre-du-sycabel-n30-special-telecoms-et-data?preview=true&id=prd_631630 (consulté le 18.07.2025)

SYCABEL – Dossiers techniques

- SYCABEL, Fiche n°1 - Fibre optique : structures et caractéristiques. [en ligne]. 2020.
Disponible sur : https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2021-05/dtfo1_structures_et_caracteristiques_edit_2021-03.pdf (consulté le 18.07.2025)
- SYCABEL, Fiche n°2 - A propos de la normalisation des fibres optiques [en ligne]. 2020.
Disponible sur : https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2021-05/dtfo2_normalisation_edit_2021-03.pdf (consulté le 18.07.2025)
- SYCABEL, Fiche n°3 - Fibres optiques G.657.A2 et G.652.D : les principaux types de fibre utilisés dans les réseaux de télécommunication en France [en ligne]. 2020.

- Disponible** sur : [https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2021-05/dtfo3_g657a2 - g652d edit 2021-03.pdf](https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2021-05/dtfo3_g657a2_-_g652d_edit_2021-03.pdf) (consulté le 18.07.2025)
- SYCABEL, Fiche n°4 - Fibres optiques en câbles : performances et pérennité - sanctions d'atténuation [en ligne]. 2022.
Disponible sur : [https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2022-02/dtfo4_attenuation_fibre-en c edit 2022-02 vf.pdf](https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2022-02/dtfo4_attenuation_fibre-en_c_edit_2022-02_vf.pdf) (consulté le 18.07.2025)
 - SYCABEL, Fiche n°5 - Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité - Exemples de produits non conformes [en ligne]. 2022.
Disponible sur : [https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2022-08/dtfo5_fibres optiques en cables - performance et perennite.pdf](https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2022-08/dtfo5_fibres_optiques_en_cables_-_performance_et_perennite.pdf) (consulté le 18.07.2025)
 - SYCABEL, Fiche n°6 - Caractérisation par réflectomètre optique : principes et bonnes pratiques [en ligne]. 2022.
Disponible sur : https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2022-10/dtfo6_2022-12.pdf (consulté le 18.07.2025)
 - SYCABEL, Fiche n°7 - Bonnes pratiques d'installation et de maintenance des Points de Branchements Optiques (PBO) souterrains [en ligne]. 2023.
Disponible sur : [https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2023-07/dtfo7_pbo souterrain bonnes pratiques d.pdf](https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2023-07/dtfo7_pbo_souterrain_bonnes_pratiques_d.pdf) (consulté le 18.07.2025)
 - SYCABEL, Fiche n°8 - Test terrain des boîtiers de protection d'épissures [en ligne]. 2023.
Disponible sur : [https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2023-10/dtfo 8 test terrain boitier de protection depissure edit 2023-10.pdf](https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2023-10/dtfo_8_test_terrain_boitier_de_protection_depissure_edit_2023-10.pdf) (consulté le 18.07.2025)
 - SYCABEL, Fiche n°9 - Protections d'épissures thermo-rétractables pour réseaux FttH [en ligne]. 2024.
Disponible sur : [https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2024-02/dtfo9_2024-02_protections depissures thermoretractables d.pdf](https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2024-02/dtfo9_2024-02_protections_depissures_thermoretractables_d.pdf) (consulté le 18.07.2025)
 - SYCABEL, Fiche n°10 - Bonnes pratiques d'installation et de maintenance d'accessoires FttH sur les supports aériens [en ligne]. 2024.
Disponible sur : [https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2024-04/dtfo 10 bonnes pratiques aerien edit 2024-04 2024-04-30 12-05-40 664.pdf](https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2024-04/dtfo_10_bonnes_pratiques_aerien_edit_2024-04_2024-04-30_12-05-40_664.pdf) (consulté le 18.07.2025)
 - SYCABEL, Fiche n°11 – Bien comprendre la fiche technique d'un câble optique [en ligne]. 2025
Disponible sur : [https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2025-06/dtfo 11 fiche technique dun cable optique d.pdf](https://www.sycabel.com/upload/docs/application/pdf/2025-06/dtfo_11_fiche_technique_dun_cable_optique_d.pdf) (consulté le 18.07.2025)