

30 novembre 2020

DOSSIER TECHNIQUE FIBRE OPTIQUE FICHE N° 1

Fibre optique : structures et caractéristiques

L'objet de cette fiche est de présenter les principaux éléments et caractéristiques des fibres optiques mises en œuvre dans les réseaux de télécommunication et de transport de données.

1 Historique

C'est en 1966 que la fibre optique a été suggérée comme support potentiellement approprié pour le transport d'information sur de longues distances, mais les niveaux d'atténuation étaient alors trop élevés (de l'ordre de 1 000 dB/km) pour envisager ce type d'application. La démonstration en 1970 de la première fibre optique présentant une atténuation de moins de 20 dB/km (autrement dit préservant au moins 1% de la puissance émise au bout d'un km) a été la première étape fondatrice. Cette avancée majeure a ouvert la voie au développement des systèmes de télécommunication et de transmission de données par fibre optique.

Ce document présente un état de l'art succinct des différents types de fibres optiques utilisées dans les systèmes de télécommunications avec une mise en lumière des fibres optiques utilisées pour les réseaux d'accès.

2 Anatomie d'une fibre optique

Une fibre optique est un « fil » composé d'un guide d'onde optique central dans lequel se propage des ondes lumineuses et d'un revêtement de protection. La structure détaillée est reportée dans la Figure 1.

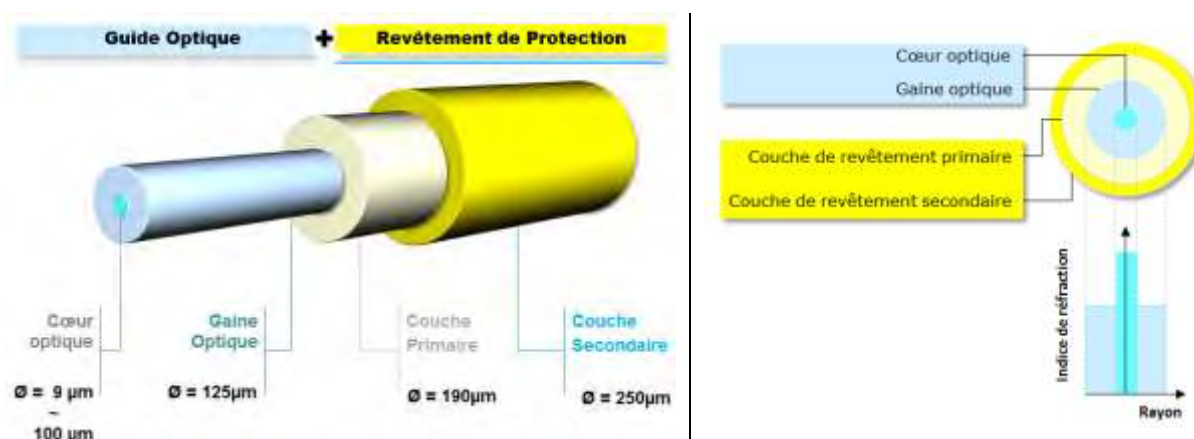


Figure 1 : Schéma d'une fibre optique standard monomode (à gauche). Section transverse et profil d'indice de réfraction associé (à droite).

La structure comprend un cœur optique central et une gaine optique constitués de verre (i.e. silice) revêtue d'un revêtement protecteur. Le cœur et la gaine sont tous deux constitués de silice extrêmement pure et dopée - c'est-à-dire contenant des espèces chimiques permettant de contrôler les valeurs des indices de

réfraction¹. Le verre constituant le cœur central est ainsi dopé par des éléments chimiques permettant d'augmenter très légèrement la valeur de l'indice de réfraction par rapport à celui de la gaine optique, c'est cette condition fondamentale qui permet aux ondes lumineuses de se propager le long de la fibre à l'intérieur du cœur.

La propagation de la lumière le long de la fibre s'effectue par réflexions successives des rayons lumineux à l'interface cœur/gaine. Ces rayons lumineux se propagent selon certaines trajectoires (appelées modes) qui sont déterminées par les paramètres opto-géométriques du cœur optique. En modifiant les variations de l'indice de réfraction dans la section du cœur (appelé profil d'indice) et le diamètre du cœur, il est possible de modifier les propriétés de propagation des ondes lumineuses (vitesse de propagation, formes des trajectoires, nombres de modes...). Selon la forme du profil d'indice, on parle de saut d'indice (comme représenté sur la Figure 1), de gradient (profil en parabole), de trapèze. En réduisant le diamètre du cœur et la différence d'indice de réfraction entre le cœur et la gaine, il est possible de réduire la propagation à un seul mode et la fibre est alors appelée fibre monomode (SMF pour Single Mode Fibre en anglais). A contrario, une fibre optique supportant plusieurs modes est dite multimode (MMF pour Multi-Mode Fibre en Anglais). Le diamètre du cœur pour les fibres multimodes est de 50 μm ou 62.5 μm , celui des fibres monomodes varie de 8 à 10 μm .

Le diamètre de la gaine optique est de 125 μm (i.e. 0,125 millimètres, soit un peu plus épais qu'un cheveu) pour les fibres optiques utilisées pour les réseaux de télécommunication. L'ensemble est protégé par un revêtement polymère indispensable pour la préservation de l'intégrité mécanique de la partie en verre de la fibre en en la protégeant de l'humidité, de la saleté... Ce revêtement est constitué de deux couches concentriques appelées primaire et secondaire. Le diamètre extérieur est en règle générale de l'ordre de 250 μm mais peut être plus petit (200 μm) ou plus gros (500 μm). Pour finir, l'ajout d'une fine couche colorée sur cette structure permet l'identification des fibres optiques lors de l'installation et du raccordement des fibres.

A ce stade, il convient de distinguer une fibre optique d'un câble à fibre optique. Un câble à fibre optique est constitué d'un regroupement de plusieurs fibres au sein d'une même structure élaborée pour permettre de protéger la fibre lors de la fabrication, l'installation et l'exploitation du câble. Il existe de nombreux types de câbles aux structures extrêmement variées selon les applications, les niveaux de performances exigés, le nombre de fibres contenues (d'une à plusieurs milliers). En pratique, c'est le câble qu'on installe dans un réseau mais c'est la fibre que l'on raccorde aux équipements optiques.

3 Les différents types de fibres optiques

A chaque type de fibres, correspond une ou plusieurs fenêtres optiques d'utilisation :

- Les fibres multimodes sont utilisées dans la région spectrale située autour de la longueur d'onde de 850 nanomètres (nm). Ces fibres sont adaptées à la transmission sur de courtes distances (jusqu'à plusieurs centaines de mètres) car leur coefficient d'affaiblissement reste supérieur au dB/km - de l'ordre de 2.5 dB/km. Elles constituent cependant une solution économiquement très intéressante par rapport à l'emploi de fibres monomodes si on intègre le coût de l'ensemble des composants nécessaires pour leur mise en œuvre (sources optiques). On trouve ce type de fibres dans les réseaux d'entreprises et les centres de données – *datacenters* en anglais.
- Pour les fibres monomodes destinées aux applications de télécommunications et de transport de données, le spectre optique utilisable est situé dans le proche infrarouge et s'étend sur la plage 1260 – 1675 nm – offrant une bande passante de 59 THz! Cet intervalle spectral a été subdivisé en sous-bandes. On parle ainsi des bandes optiques O (*Original*), E (*Extended*), S (*Short*), C (*Conventional*), L (*Long*), ou U (*Ultra-long*). Sur la Figure 2 sont représentés les intervalles associés. Les distances d'utilisation pour les fibres monomodes varient de quelques centaines de mètre jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres pour les réseaux terrestres.

¹ L'indice de réfraction d'un matériau caractérise la propriété du matériau à ralentir et à dévier la lumière. Il se définit par le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et la vitesse dans le matériau.

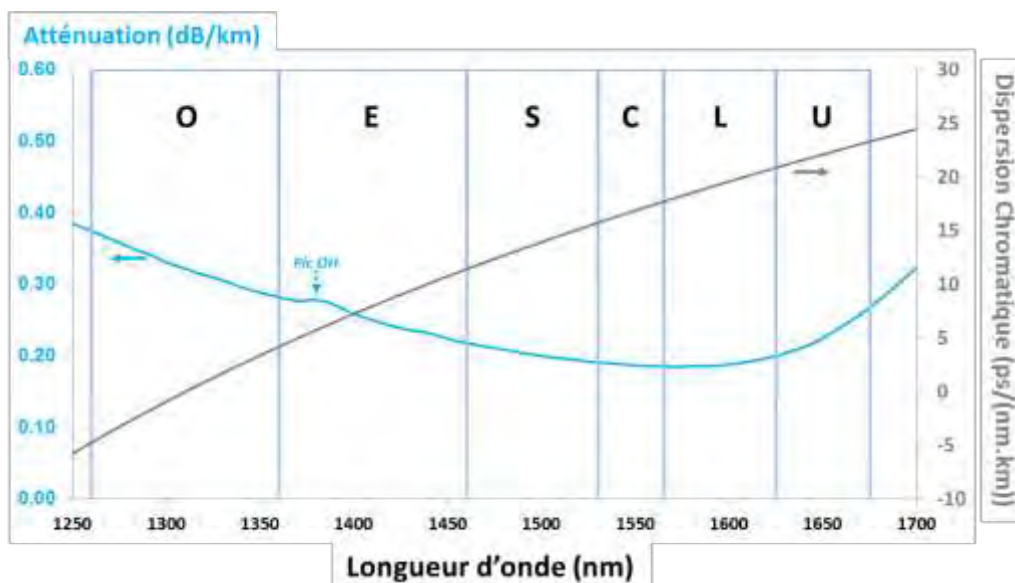


Figure 2 : Spectre d'atténuation d'une fibre G.652.D, et dispersion chromatique associée en fonction de la longueur d'onde. Les bandes optiques sont également rapportées.

Le développement des fibres optiques monomodes a été ponctué par les avancées réalisées dans les techniques de transmission, de traitement du signal, des montées en débits et des applications. Les études sur la transmission par fibre monomode ont démarré au début des années 1980, et ont abouti à la spécification de plusieurs catégories de fibres optiques se distinguant les unes des autres selon plusieurs paramètres relatifs aux bandes spectrales utilisables, aux niveaux d'affaiblissement, aux propriétés de propagation des signaux (comme par exemple la dispersion chromatique²) ainsi que certaines spécifications et tolérances dimensionnelles. Plusieurs types de fibres aux caractéristiques ont donc été définies :

- La fibre dite SSMF - *Standard Single Mode Fibre* en anglais, possédant un profil d'indice en échelon, a été tout d'abord développée pour la transmission à 1300 nm (Bande O) en raison de la disponibilité des sources et d'une dispersion chromatique nulle dans cette bande. La fibre a été ensuite utilisée à 1550 nm en raison des pertes d'atténuation minimales dans cette fenêtre. Cette fibre a été standardisée par l'UIT³ à partir de 1984 et est connue sous la recommandation G.652. C'est la fibre qui est aujourd'hui majoritairement utilisée dans les réseaux de télécommunication métropolitains et longue distance, et plus particulièrement la sous-catégorie G.652.D.
- Un deuxième type de fibre DSF - *Dispersion Shifted Fibre* en anglais, ou fibre à dispersion décalée, a ensuite été développée pour viser une dispersion chromatique nulle autour de 1550 nm (Bande C). Celle-ci a été standardisée par l'UIT dans la recommandation G.653 en 1988. La démonstration de l'amplification optique en 1987 a permis la transmission optique multicanaux dans la fenêtre 1550 nm par l'utilisation de multiplexage en longueur d'onde WDM - *Wavelength Division Multiplexing* en anglais. Néanmoins, la dispersion chromatique nulle exacerbant les effets non linéaires entre les différents canaux WDM (i.e. mélange à 4 ondes), l'intérêt pour cette fibre fut très limité par la suite en raison du développement de nouvelles technologies de transmission par fibre optique.
- Les fibres NZDSF - *Non-Zero Dispersion Shifted Fibre* en anglais, ou fibre à dispersion décalée non nulle ont alors été développées, avec pour objectif d'accommoder à la fois les effets non linéaires entre canaux et la nécessité de compenser l'accumulation de la dispersion chromatique. Pour ces fibres, la dispersion chromatique à 1550 nm est comprise entre 4 et 8 ps/(nm.km) à comparer à une valeur de l'ordre de 17 ps/(nm.km) pour une fibre G.652. Ces fibres sont spécifiées

² La dispersion chromatique représente les variations des temps de propagation de la lumière à diverses longueurs d'onde (unité ps/(nm.km)). Elle conduit à une diminution de la bande passante en se manifestant par un élargissement temporel des impulsions transmises le long de la fibre. Ce phénomène peut être évité par l'utilisation de fibres à dispersion chromatique nulle ou réduite.

³ Union Internationale des Télécommunications

par les recommandations G.655 et G.656. L'avènement des systèmes de transmission à détection cohérente combinés au traitement de signaux numériques a permis de s'affranchir d'une gestion complexe de la dispersion chromatique tout en réduisant d'autres effets liés à la propagation dans la fibre. Ces nouvelles techniques ont fait perdre tout attrait pour les fibres G.655 et G.656 au profit de la fibre G.652.D.

- Pour répondre aux contraintes d'installation de la fibre aussi bien à l'extérieur que dans les habitations pour le déploiement des réseaux FTTH – *Fibre-To-The-Home* en anglais, un nouveau type de fibre optique dit « insensible aux courbures » a été développé. Ces fibres sont normalisées depuis 2006 sous la recommandation G.657. L'utilisation de fibres insensibles à la courbure est essentielle pour sécuriser les futures évolutions des réseaux optiques passifs pour le FTTH, avec notamment l'emploi à terme des fenêtres de transmission à 1625 /1650 nm où la sensibilité aux pertes par macro-courbures⁴ est extrême. En France, le déploiement des réseaux d'accès se fonde sur l'emploi de ce type de fibre et notamment de la fibres G.657.A2. Les bandes optiques utilisées dans ce type de réseaux s'étendent sur les bandes O à L.
- Pour terminer cette revue, un dernier type de fibre concerne les transmissions pour les réseaux sous-marins : la recommandation G.654. La particularité de ces fibres réside dans leurs niveaux d'atténuation qui peuvent être aussi faibles que 0,15 dB/km à 1550 nm. A noter également la mise en place très récente d'une sous-catégorie (G.654.E) destinée aux réseaux terrestres à très haute capacité.

Conclusion

Les fibres optiques sont caractérisées par de nombreux paramètres dont certains sont l'objet d'une normalisation ainsi que les méthodes de caractérisation associées. Cette normalisation est essentielle pour évaluer et s'assurer de la compatibilité des fibres optiques entre les différents fabricants.

Pour en savoir plus, consultez les autres fiches du dossier technique fibre optique :

- Fibres optiques G.657.A2 et G.652.D : les principaux types de fibre utilisés dans les réseaux de télécommunication en France
- A propos de la normalisation des fibres optiques

⁴ Macro-courbure : courbure dont le rayon est supérieur au mm.

30 novembre 2020

DOSSIER TECHNIQUE FIBRE OPTIQUE FICHE N° 2

A propos de la normalisation des fibres optiques

Les fibres optiques et câbles à fibres optiques sur lesquels se structurent les réseaux optiques d'accès et de transport sont normalisés à l'échelle internationale.

L'objet de cette fiche est de présenter les principaux organismes, les documents associés ainsi que les caractéristiques et attributs techniques couverts par ces documents.

1 Historique

Les fibres optiques à usage dans les réseaux de télécommunication et de transport de données sont normalisées à l'échelle internationale sous l'égide de plusieurs organismes.

Cette situation résulte de l'effort de normalisation initié au début des années 1980 pour favoriser une large adoption et prévenir tout obstacle concernant l'interopérabilité et la compatibilité entre fabricants. Ce travail s'est matérialisé par l'élaboration de pratiques, procédures et de spécifications, reflétant un certain état de l'art à un instant donné, fruit d'un consensus de l'ensemble des parties prenantes (opérateurs, fabricants de systèmes, fabricants de fibres et câbles optiques...).

La collaboration entre ces différents organismes de normalisation demeure essentielle pour assurer la cohérence technique et garantir l'interopérabilité des systèmes et des équipements de télécommunications. Différentes familles de fibres optiques sont aujourd'hui à disposition : fibres multimodes à saut d'indice, à gradient d'indice, ou fibres monomodes. Elles peuvent être fabriquées à partir de silice pure ou dopée ou de plastique, et possèdent des dimensions opto-géométriques (diamètres de cœur, de gaine et revêtement extérieur) variées. Les champs d'application s'étendent désormais bien au-delà des domaines des télécommunications.

Pour les fibres optiques monomodes, deux organismes sont à l'origine des spécifications :

- l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) - en anglais : *International Telecommunication Union (ITU)*, met à disposition des **recommandations** sur les systèmes et infrastructures de télécommunications. La série des recommandations ITU-T G.65x porte sur la spécification de fibres optiques en câble et les méthodes de caractérisation associées. Pour chaque recommandation, plusieurs types de fibres (sous-catégories) sont proposées. Ces documents sont disponibles gratuitement sur le site de l'organisation.
- La Commission Electrotechnique Internationale - en anglais : *International Electrotechnical Commission (IEC)*, édite un ensemble de **normes** afférentes aux spécifications techniques de mesures et de tests des fibres optiques.

Pour les fibres optiques multimodes, les organismes en charge des normes sont :

- L'IEC pour la série de normes IEC 60793-2-10/20/30/40 couvrant l'ensemble des fibres à destinées des systèmes de télécommunications ou industriels.
- L'Organisation internationale de normalisation (OSI) - en anglais : *International Organization for Standardization (ISO)* dont la famille de documents ISO/IEC 11801 portent sur les systèmes de câblage structuré pour les télécommunications. C'est dans ces documents que sont spécifiés les câbles à fibres optiques multimodes de type OM.

Les normes de l'IEC complètent celles de l'ITU-T par l'ajout de performances en tenue mécanique et environnementales de la fibre et de son revêtement. Les normes applicables pour les méthodes de test des attributs sont regroupées dans la série de documents IEC 60793-1.

Les principaux documents édités par l'ITU-T et l'IEC portant sur les fibres optiques sont rapportés dans les tableaux 1 et 2 :

- La spécification des fibres monomodes repose ainsi sur une série des 6 recommandations ITU-T G.65x (G.652, G.653, G.654, G.655, G.656 et G.657) définissant un ensemble de 17 sous-catégories de fibres. Les sous-catégories ont été créées pour introduire des niveaux de performance différents sur certains attributs (coefficient d'atténuation, tenue aux pertes par macro-courbures...). On parle ainsi de fibres G.652.B, G.652D, G.657A2, G.657B3... Les recommandations de l'ITU-T sont également reprises dans la norme IEC 60793-2-50.
- Pour les fibres multimodes, la série de normes IEC 60793-2-20, -30 et -40 couvre l'ensemble des fibres à destinées aux applications de transport de données et systèmes industriels avec 28 sous-catégories.

A ce jour, l'emploi des fibres G.652 et G.657 est prédominant, les autres types de fibres monomodes selon les recommandations G.653, G.655 et G.656 sont plus discrétionnaires et réservés typiquement aux cas d'extension ou de maintenance de réseaux existants.

Recommandation	Titre	Nb de sous-Catégories	1 ^{ère} publication	Dernière révision	Lien
G.651.1	Caractéristiques d'un câble à fibres optiques multimodes à gradient d'indice (50/125 µm) pour le réseau d'accès optique	1	2007	2018	lien
G.652	Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes	2	1984	2016	lien
G.653	Caractéristiques des fibres et câbles optiques monomodes à dispersion décalée	2	1988	2010	lien
G.654	Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes à longueur d'onde de coupure décalée	5	1988	2016	lien
G.655	Caractéristiques des fibres et câbles optiques monomodes à dispersion décalée non nulle	3	1996	2009	lien
G.656	Caractéristiques des fibres et câbles optiques à dispersion non nulle destinés au transport à large bande	1	2004	2010	lien
G.657	Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes insensibles aux pertes par courbure	4	2006	2016	lien

Tableau 1 - Principales recommandations publiées par l'UIT sur les fibres optiques

Document	Titre	Nb de sous-Catégories	Dernière Révision	Lien
60793-2-10	Partie 2-10 : Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodes de catégorie A1	10	2017	lien
60793-2-20	Partie 2-20 : Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodes de catégorie A2	3	2015	lien
60793-2-30	Partie 2-30 : Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodes de catégorie A3	7	2015	lien
60793-2-40	Partie 2-40 : Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodes de catégorie A4	8	2015	lien
60793-2-50	Partie 2-50 : Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres monomodes de classe B	17	2018	lien
60793-2-60	Partie 2-60 : Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres monomodes de classe C pour interconnexion	4	2008	lien
60793-2-70	Partie 2-70 : Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres à maintien de polarisation	3	2017	lien

Tableau 2 - Principales normes publiées par l'IEC sur les fibres optiques

Au travers de ces documents sont décrits les spécifications applicables portant sur un ensemble d'attributs consolidant les conditions applicables pour :

- la géométrie : *diamètres, non-circularités, excentrements* qui sont essentiels pour leurs contributions aux pertes de raccordement,
- les propriétés mécaniques : *niveau minimum d'épreuve mécanique,*
- les paramètres liés aux propriétés de transmission : *diamètres de modes, dispersion chromatique, longueur d'onde de coupure, pertes induites par macro-courbures.* Ces paramètres peuvent être significativement différent d'une recommandation à une autre.
- les propriétés de la fibre dans sa forme câblée : *coefficients atténuation, dispersion modale de polarisation.*

Dans le cadre de la production de fibre optique, une synthèse des attributs exigés par les documents IEC 60792-2-50 et ITU-T G.65x est rapportée dans le tableau 3 :

	Fibre optique multimode	Fibre optique monomode
transmission	Affaiblissement intrinsèque Affaiblissement par macro-courbure Dispersion inter-modale } Bande passante Dispersion intra-modale }	Affaiblissement intrinsèque Affaiblissement par macro-courbure Dispersion chromatique Dispersion modale de polarisation Tenue à l'hydrogène
géométrie	Longueur Diamètres } Cœur Non-circularités } Gaine optique Excentrements } Revêtement	Longueur Diamètres } Cœur ¹ Non-circularités } Gaine optique Excentrements } Revêtement
optique	Ouverture Numérique	Diamètre de champ de mode Longueur d'onde de coupure en câble
mécanique	Ondulation de la fibre Résistance à la traction Résistance à la corrosion Dénudabilité du revêtement	Ondulation de la fibre Résistance à la traction Résistance à la corrosion Dénudabilité du revêtement
environnemental	Essais de variations de température chaleur sèche chaleur humide immersion dans l'eau	Essais de variations de température chaleur sèche chaleur humide immersion dans l'eau

¹: les mesures du diamètre et de la non-circularité de cœur ne sont pas normalisées pour les fibres monomodes.

Tableau 3 - Liste des caractéristiques normalisées pour les fibres optiques multimodes et monomodes.

La création de nouvelles recommandations ou la révision des recommandations existantes doivent être justifiées soit par le développement de nouvelles technologies de transmission, soit par l'identification de nouvelles applications aux débouchés commerciaux démontrés soit plus simplement motivées par l'amélioration des méthodes de fabrication. Ce consensus est le résultat d'une évaluation : des intérêts technologiques (e.g. comme l'accompagnement des montées en débit), des intérêts économiques (e.g. un débouché commercial est identifié), des analyses de coûts de mise en œuvre dans le cadre d'une production industrielle de masse sans oublier la disponibilité d'équipements de mesure aptes.

Conclusion

Les fibres optiques sont caractérisées par de nombreux paramètres dont certains sont l'objet d'une normalisation ainsi que les méthodes de caractérisation associées. Le respect de ce système normatif est essentiel pour garantir l'interopérabilité des réseaux et des équipements. Il a permis l'expansion des réseaux en fibre optique qui constituent maintenant le socle des réseaux modernes de télécommunication.

Pour en savoir plus, consultez les autres fiches du dossier technique fibre optique :

- Fibres optiques G.657.A2 et G.652.D : les principaux types de fibre utilisés dans les réseaux de télécommunication en France
- Fibre optique : structures et caractéristiques

30 novembre 2020

DOSSIER TECHNIQUE FIBRE OPTIQUE 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 France les réseaux optiques d'accès s'appuient sur un nouveau type de fibre optique dit « insensible aux pertes par courbure » et dénommée G.657.A2.

L'objet de cette fiche est de présenter les principaux avantages de cette fibre en la comparant avec la principale fibre historiquement mise en œuvre : la fibre G.652.D.

1 Présentation

Les fibres optiques à usage dans les réseaux de télécommunication et de transport de données sont normalisées à l'échelle internationale sous l'égide de plusieurs organismes.

Pour les fibres optiques unimodales, deux organismes sont à l'origine des spécifications :

- l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) – en anglais : *International Telecommunication Union (ITU)*, met à disposition des recommandations sur les systèmes et infrastructures de télécommunications. La série des recommandations ITU-T G.65x porte sur la spécification de fibres optiques en câble et les méthodes de caractérisation associées. Pour chaque recommandation, plusieurs types de fibres (sous-catégories) sont proposées. Ces documents sont disponibles gratuitement sur le site de l'organisation.
- La Commission Electrotechnique Internationale – en anglais : *International Electrotechnical Commission (IEC)*, édite un ensemble de normes afférentes aux spécifications techniques de mesures et de tests des fibres optiques.

La fibre dite SSMF – *Standard Single Mode Fibre* en anglais, possédant un profil d'indice en échelon, a été tout d'abord développée pour la transmission à 1300 nm (Bande O) en raison de la disponibilité des sources et d'une dispersion chromatique nulle dans cette bande. La fibre a été ensuite utilisée à 1550 nm en raison des pertes d'atténuation minimales dans cette fenêtre. Cette fibre a été standardisée par l'UIT¹ à partir de 1984 et est connue sous la recommandation G.652. C'est la fibre qui est aujourd'hui majoritairement utilisée dans les réseaux de télécommunication longue distance, et plus particulièrement la sous-catégorie G.652.D qui présente les meilleurs attributs.

Pour répondre aux contraintes d'installation de la fibre aussi bien à l'extérieur que dans les habitations pour le déploiement des réseaux FTTH – *Fibre-To-The-Home* en anglais, un nouveau type de fibre optique dit « insensible aux courbures » a été développé. Ces fibres sont normalisées depuis 2006 sous la recommandation G.657. L'utilisation de fibres insensibles à la courbure est essentielle pour sécuriser les futures évolutions des réseaux optiques passifs pour le FTTH, avec notamment l'emploi à terme des fenêtres de transmission à 1625/1650 nm où la sensibilité aux pertes induite par courbure est extrême. Depuis 2016, la portée a été modifiée pour inclure l'utilisation des fibres optiques de sous-catégories G.657.A1 et G.657.A2 à l'ensemble des applications où les fibres G.652.D sont déjà utilisées comme par exemple les réseaux de transport.

¹ Union Internationale des Télécommunications

2 G.657.A2 vs. G.652.D

L'utilisation de la fibre optique dans les réseaux d'accès impose des exigences supplémentaires à la fibre et au câble. En raison de la très forte densité de fibres, de la présence de nombreux points de raccordement et d'un espace disponible relativement contraint et souvent sinueux (nombreuses courbures), les contraintes de mise en œuvre et d'installation des câbles à fibre optique dans les réseaux d'accès ont naturellement nécessité de nouveaux types de fibres exhibant des performances de tenue à la courbure améliorées par rapport à la fibre G.652.

En pratique, une fibre standard G.652.D n'est pas utilisable pour le câblage en intérieur en raison de sa sensibilité aux faibles rayons de courbure, phénomène qui se traduit par l'augmentation des pertes optiques aux grandes longueurs d'onde de fait de la fuite d'une partie de la puissance optique en dehors du cœur optique comme illustré dans le Figure 1. Ce mécanisme de pertes est appelé pertes par macro-courbure. Le niveau de perte dépend du type de fibre, du rayon de courbure appliqué et est fonction de la longueur d'onde (voir Figure 2). Plus la longueur d'onde est grande et/ou le rayon de courbure est petit, plus la perte induite sera élevée.

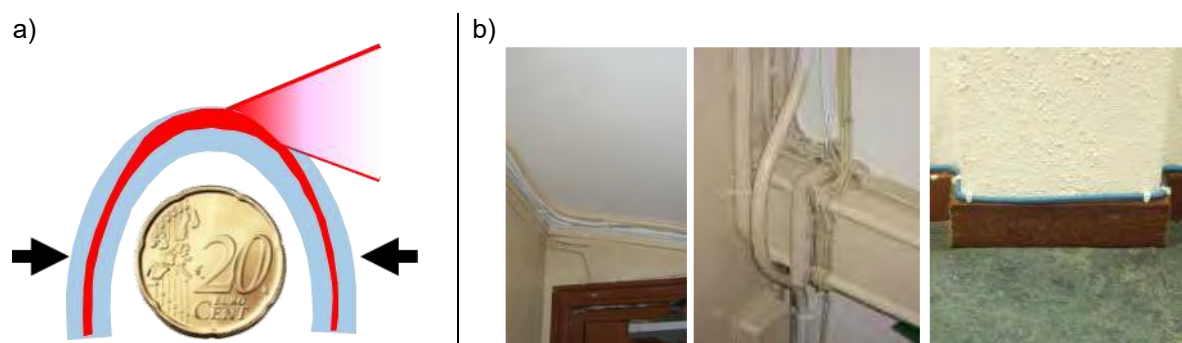


Figure 1 : a) illustration du mécanisme de pertes induites par macro-courbure mettant en œuvre des rayons de courbures supérieurs au millimètre : plus le rayon de courbure est petit, plus la puissance optique s'échappant de la fibre est importante. b) exemples de cheminement de câbles à l'intérieur des bâtiments (gauche).



Figure 2 : Exemples de pertes induites par macro-courbures à 1550nm pour deux échantillons de fibres G.652.D et G.657.A2 en considérant deux tours complets autour d'un crayon à papier.

C'est dans cet esprit que la recommandation G.657 a été créée. Elle contient deux catégories (A et B) et plusieurs sous-catégories (A1, A2, B2 et B3), permettant de spécifier des performances optiques de tenue à la courbure de l'ordre de 10 (A1), 100 (A2 et B2) et 300 (B3) fois supérieures à celle d'une fibre G.652.D. Les fibres de la catégorie A peuvent être utilisées dans les bandes optiques O, E, S, C et L, c'est-à-dire de 1260 à 1625 nm. Cette catégorie est conforme à la recommandation G.652.D et en possède les mêmes caractéristiques de transmission et d'interconnexion. Les deux sous-catégories A1 et A2 ont été introduites pour distinguer les fibres dont les performances sont respectivement garanties jusqu'à des rayons de courbure de 10 mm (G.657.A1) ou 7,5 mm (G.657.A2).

Les fibres de la catégorie B ne sont pas entièrement conformes à la recommandation G.652.D et leur usage est recommandé seulement en bout de réseau sur quelques centaines de mètres. Deux sous-catégories ont été définies aux rayons de courbure de 7,5 mm (G.657.B2) et de 5 mm (G.657.B3).

La Figure 3 reprend les performances décrites ci-dessus pour les sous-catégories de fibre de la recommandation G.657.

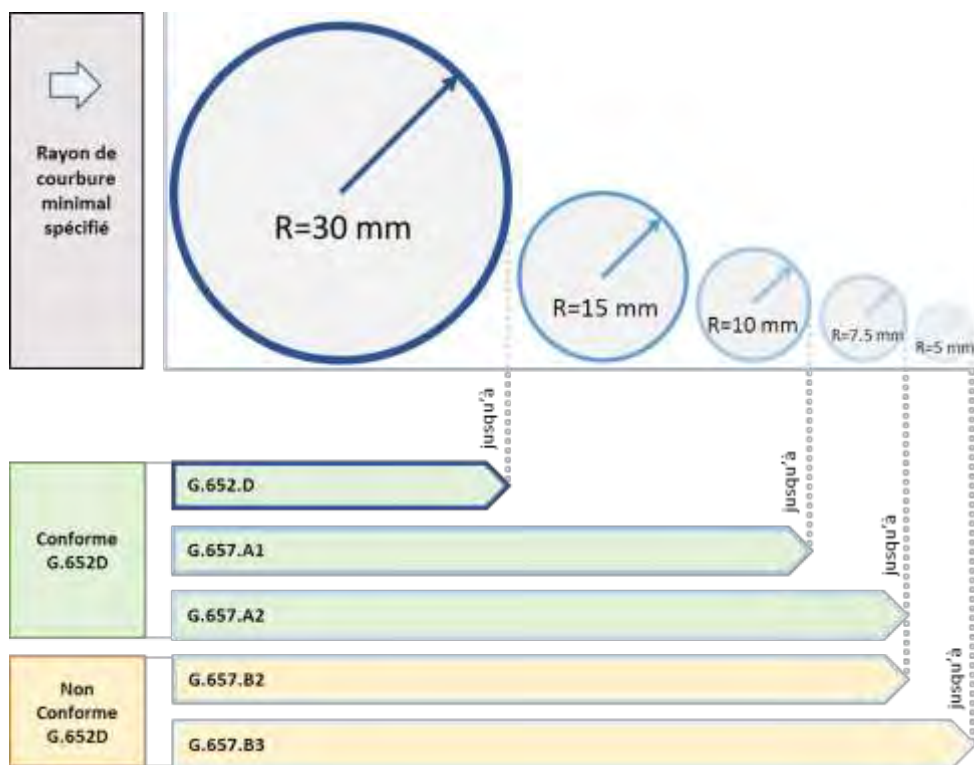


Figure 3 : Aperçu des performances de tenue en macro-courbures des sous-catégories de fibres de la recommandation G.657 par rapport à la fibre G.652.D.

A noter également que l'on définit un autre mécanisme de pertes induites par courbure correspondant à la présence de perturbations submillimétriques le long de la fibre. Ces perturbations sont causées par la présence de nombreux points de contact le long d'une fibre avec les autres fibres présentes dans le câble ou bien les parois des éléments constitutifs du câble. Ce type de mécanisme est appelé perte induite par micro-courbures. Le phénomène se manifeste par un accroissement des pertes optiques aux grandes longueurs d'ondes (bandes optiques C, L et U). Il a été démontré que les fibres G.657A2 présentaient intrinsèquement une meilleure résilience à ce type de phénomènes que les fibres G.652.D. Cela permet l'emploi des fibres G.657.A2 dans des structures de câbles plus serrées et caractérisée par une densité de fibres accrue. A la différence des pertes induites par macro-courbures, les pertes induites par micro-courbures ne font pas l'objet de document de normalisation.

Conclusion

La fibre G.657.A2 est particulièrement adaptée aux exigences techniques et de déploiement des réseaux d'accès optiques. Compte tenu de ses performances en termes de tenue aux pertes induites par courbures (macro- et micro-courbures), cette fibre permet de sécuriser les niveaux de pertes sur l'ensemble du spectre disponible (de 1260 à 1650 nm) et réduit les coûts d'installation, d'opération et de maintenance. Les études menées par le comité expert fibre de l'ARCEP en 2019 et 2020 ont montré que l'utilisation de la fibre G.657.A2 conduit à un système plus robuste vis-à-vis des aléas d'exploitation d'un réseau d'accès, comme le réseau FTTH. La fibre G.657.A2 est la fibre recommandée par le comité expert fibre de l'ARCEP sur l'ensemble de la BLOM (Boucle Locale Optique Mutualisée), comme notamment mentionné dans son avis de septembre 2020.

Pour en savoir plus, consultez les autres fiches du dossier technique fibre optique :

- Fibre optique : structures et caractéristiques
- A propos de la normalisation des fibres optiques

2 février 2022

DOSSIER TECHNIQUE FIBRE OPTIQUE FICHE N° 4

Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité Sanctions d'atténuation de fibres en câbles

1 Pertinence de la maîtrise des performances des fibres optiques en câbles.

La mise en câble des fibres optiques assure leur protection vis-à-vis des « agressions » extérieures. Ces « agressions » sont liées à l'environnement (températures extrêmes, traction, écrasement subis par le câble). Le vieillissement naturel des matériaux et les caractéristiques techniques des éléments du câble qui entourent les fibres optiques peuvent aussi être une cause de dégradation des performances.

On comprend aisément que la pérennité des qualités de transmission des fibres optiques en câbles, soumises à leur environnement, est essentielle pour les infrastructures optiques. La dégradation au cours du temps des qualités de transmission d'une fibre optique en câble peut entraîner une interruption du signal et donc du service. Elle révèle de plus des contraintes mécaniques qui influent sur la durée de vie de la fibre, susceptibles même de générer une casse de la fibre optique.

2 Robustesse et pérennité des fibres optiques en câbles

La mesure de l'atténuation, notamment par réflectométrie, des fibres optiques en câbles à l'issue de leur fabrication est certes indispensable mais ne suffit pas pour garantir la pérennité d'une infrastructure optique.

Des tests mécaniques et climatiques ainsi que l'application de contraintes particulières sont nécessaires pour garantir les qualités de transmission pérennes des fibres optiques en câbles.

Les membres du SYCABEL se sont collégalement engagés à réaliser des tests contraignants sur les fibres câblées et à respecter des exigences d'atténuation pendant et à l'issue de ces tests. Ces exigences sont rappelées dans la famille des normes AFNOR XP C-93-850.

- Exemple d'un test climatique – Vieillissement thermique

Des fibres optiques en câbles sont soumises aux contraintes suivantes : 14 jours à 70°C et retour à une température de 20°C

On réalise ainsi un vieillissement accéléré de la structure du câble et de ses composants constitutifs. Cela génère ou libère des contraintes sur les fibres optiques pouvant influencer sur leur atténuation.

Le savoir-faire des membres du SYCABEL consiste, entre autres, à limiter les atténuations liées au vieillissement et aux micro-contraintes pour différents types de fibres optiques.

- Exemple d'un test mécanique - Test de traction

Une longueur de câble supérieure à 100 m est soumise à un effort de traction jusqu'à la valeur de traction maximum définie par le fabricant. L'atténuation ainsi que l'allongement des fibres optiques sont mesurés.

On vérifie ainsi que lors de l'installation ou lors d'événements climatiques sévères l'atténuation des fibres n'augmentera pas et que leur espérance de vie ne sera pas dégradée.

3 Exigences pour la pérennité et la robustesse des infrastructures optiques

Le comité expert fibre de l'ARCEP a fixé un niveau d'exigence d'atténuation en câble supérieur aux recommandations ITU-T.

En effet la recommandation ITU-T G.657.A2 spécifie un niveau d'atténuation $\leq 0,30$ dB/km pour une longueur d'onde de 1550 nm tandis que le recueil de l'ARCEP spécifie un niveau d'atténuation $\leq 0,25$ dB/km à cette même longueur d'onde. Pourquoi une telle différence ?

L'état de l'art permet actuellement d'obtenir de très faibles atténuations sur fibre nue (avant mise en câble). Le fait de mesurer une atténuation fibre en câble supérieure à 0,25 dB/km à 1550 nm sur touret montre que les fibres sont soumises à des courbures (macro-courbures et/ou micro-courbures) alors qu'il n'y a aucune contrainte particulière provenant du milieu extérieur. Les causes peuvent provenir d'un câble mal conçu ou de problèmes de fabrication.

Si le câble est soumis ensuite à des sollicitations extérieures (vents, neige, tirage du câble...) l'augmentation d'atténuation sera d'autant plus grande que l'atténuation initiale en câble est élevée, pouvant très rapidement entamer le budget de puissance optique d'un réseau FTTH.

Cela est d'autant plus vrai avec l'utilisation de technologies PON de nouvelles générations (tels que le XG(S)-PON). Le budget optique étant intrinsèquement plus limité, le niveau de service du réseau FTTH peut être sérieusement dégradé.

Pour assurer la robustesse et la pérennité d'un réseau FTTH, il convient de s'assurer que les fibres optiques en câbles présentent des valeurs d'atténuation conformes aux valeurs ci-dessous. Cette conformité montre l'absence de contraintes impactant la durée de vie des fibres en câbles.

Sanctions d'atténuation de fibres en câbles nécessaire à la pérennité du réseau optique				
Longueur d'onde (nm)	1260	1310	1550	1625
Atténuation linéique max (dB/km)	0,42	0,36	0,25	0,26

Pour en savoir plus, consultez les autres fiches du dossier technique fibre optique du SYCABEL :

- [A propos de la normalisation des fibres optiques](#)
- [Fibres optiques G.657.A2 et G.652.D : les principaux types de fibre utilisés dans les réseaux de télécommunication en France](#)

Août 2022

DOSSIER TECHNIQUE FIBRE OPTIQUE FICHE N° 5

Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité

Exemples de produits non conformes qui dégradent la fiabilité des réseaux FttH

Cette fiche traite des paramètres clés et des indicateurs essentiels permettant de choisir les fibres optiques et les câbles assurant la fiabilité à long terme des infrastructures de raccordement optique. En complément, ce document présente une analyse de tests réalisés sur certains câbles de raccordement utilisés sur le marché national, avec une attention particulière à leur conformité aux normes françaises, notamment recommandées par le comité expert fibre de l'ARCEP. Les non conformités détectées sur certains produits ne permettent pas de garantir la pérennité des réseaux déployés sur la boucle locale optique en France.

1. Contexte

Accélérer les raccordements FttH – un enjeu du plan France THD

Dans l'objectif d'encourager la mutualisation des infrastructures et ainsi d'accélérer le raccordement final des logements français, **le gouvernement a pris par arrêté¹ fin décembre 2021 une mesure de simplification de l'utilisation des ouvrages basse tension du réseau public de distribution d'électricité, exploités par Enedis, pour les raccordements FttH.**

Les points forts de cet arrêté consistent, d'une part, en l'exonération de calcul de charges pour les appuis ENEDIS n'accueillant pas de desserte optique et, d'autre part, en la spécification de contraintes techniques sur les câbles de branchement : (diamètre < 6,1 mm et masse linéique < 31 kg/km).

Dans son dernier livre blanc² sur « la qualité des infrastructures fibre optique », le SYCABEL mettait à disposition des différents acteurs une synthèse des problématiques essentielles et stratégiques liées à la qualité des infrastructures passives des réseaux fibre optique. La Fédération Française des Télécoms publiait également en juin 2021 un livre blanc³ alertant plus spécifiquement sur le besoin d'amélioration de la qualité des raccordements en fibre optique.

Dans cette fiche, le SYCABEL tient à rappeler que les exigences techniques mentionnées dans l'arrêté dédié aux raccordements ne sont pas les seules à devoir être respectées, et souhaite **sensibiliser sur les références normatives en vigueur** concernant la qualité des fibres optiques et câbles optiques, et notamment sur les deux éléments clés pour la pérennité des réseaux que sont **la fiabilité optique et la fiabilité mécanique.**

2. Exigences techniques

Fiabilité optique & fiabilité mécanique des liens optiques

Pour assurer la robustesse des réseaux de fibres optiques et optimiser leur durée de vie, il faut principalement prendre en compte :

- **La fiabilité optique**, pour éviter que la transmission du signal optique ne se détériore pendant la durée de vie du réseau.
- **La fiabilité mécanique**, pour éviter que les fibres ne se brisent pendant la durée de vie du réseau.

Quelles que soient les contraintes auxquelles est soumis le réseau, le choix des fibres optiques associées à des câbles qualitatifs sont des éléments clés !

Fiabilité optique : la résilience de la transmission ou comment protéger le budget optique.

- **Le type de fibre optique - Un choix structurant**

Le type de fibre optique détermine fortement la résilience du réseau aux différents événements qu'il connaîtra au cours de sa vie. Ces "événements" vont générer des contraintes de courbures sur les fibres optiques (micro-courbure ou macro-courbure).

La fibre G.657.A2 est particulièrement adaptée aux exigences techniques et de déploiement des réseaux d'accès optiques. Compte tenu de ses performances en termes de tenue aux pertes induites par compressions et courbures, cette fibre permet de sécuriser les niveaux de pertes sur l'ensemble du spectre disponible (de 1260 à 1650 nm) et réduit les coûts d'installation, d'opération et de maintenance. Les études menées par le comité expert fibre de l'ARCEP ont montré que l'utilisation de la fibre G.657.A2 conduit à un système plus robuste vis-à-vis des aléas d'exploitation d'un réseau d'accès, comme le réseau FttH. **La fibre G.657.A2 est donc la fibre recommandée par le comité expert fibre de l'ARCEP sur l'ensemble de la BLOM (Boucle Locale Optique Mutualisée)⁴.**

Fiabilité mécanique : éviter la casse !

- **L'allongement de la fibre - L'enjeu ultime**

Au cours de sa vie, le câble subit des contraintes qui peuvent affecter la fibre optique :

- **Des contraintes de traction permanente** : le câble est en tension constante du fait de son installation, des variations de température, et de son propre poids pour un câble aérien de raccordement.
- **Des contraintes de traction de courte durée dues à l'installation ou lors d'évènements climatiques** divers sur les câbles aériens (vent, glace, branche...).

Ces contraintes de traction peuvent générer un allongement des fibres optiques. C'est la préoccupation majeure de l'ingénierie des câbles optiques. **La conception d'un câble à fibres optiques est guidée par la nécessité absolue de limiter l'élongation des fibres car celle-ci a un impact direct sur la fiabilité mécanique et la durée de vie du lien optique.**

Pour aider à déterminer les performances d'un câble optique, la fiche technique d'un câble doit préciser :

- La contrainte de traction maximale admissible.
- A quel allongement fibre maximum cette traction correspond.

La résistance à la traction maximale admissible est définie par une unique valeur T_m , valeur de traction maximale acceptable par le câble. Les valeurs maximales de traction admissible par le câble de raccordement sont impérativement associées à une élongation maximale de la fibre optique qui la protège d'un vieillissement prématuré. Ces valeurs d'élongation sont définies dans les normes françaises Afnor XP C93-850-3-22 et XP C93-850-6-22 pour les câbles de branchement extérieur ou intérieur / extérieur. La méthode de test associée est la méthode E1 de la norme NF EN 60794-1-21:2015.

Pour les câbles aériens, à la traction maximale admissible T_m :

- ✓ l'allongement du **câble est inférieur ou égal à 0,5 %**, et réversible,
- ✓ l'allongement des **fibres est inférieur ou égal à 0,3 %**, et réversible,
- ✓ La variation d'affaiblissement, doit être inférieure ou égale à 0,05 dB sur la longueur du câble testé, et réversible.

Ces valeurs d'allongement ne sont pas choisies par hasard. Parmi les différentes études sur le sujet, on peut notamment citer le rapport technique **IEC TR 62048 qui fournit les indications et les formules permettant d'estimer la fiabilité et la durée de vie d'une fibre soumise à une contrainte de traction constante.** Ces calculs sont basés sur la loi de puissance pour la croissance des fissures au sein de la fibre optique, considérée comme l'approche la plus adaptée pour estimer le comportement en fatigue et donc la fiabilité et durée de vie du lien.

Pour donner un ordre de grandeur, si l'on considère un tronçon de quelques dizaines de mètres (distance typique entre deux poteaux ou entre le point de branchement optique et le logement) et une **probabilité de défaillance de 10^{-3} , c'est-à-dire qu'une fibre sur 1000 est susceptible de casser : un allongement fibre limité à 0,3% correspond à une durée de plusieurs décennies (>50ans).** En d'autres termes, la casse d'une fibre sur les 1000 fibres considérées ne sera pas observée avant plusieurs décennies. Or **cette durée chute à quelques années voire même à quelques mois si l'on considère un allongement fibre de 0,5% voire 0,6%.**

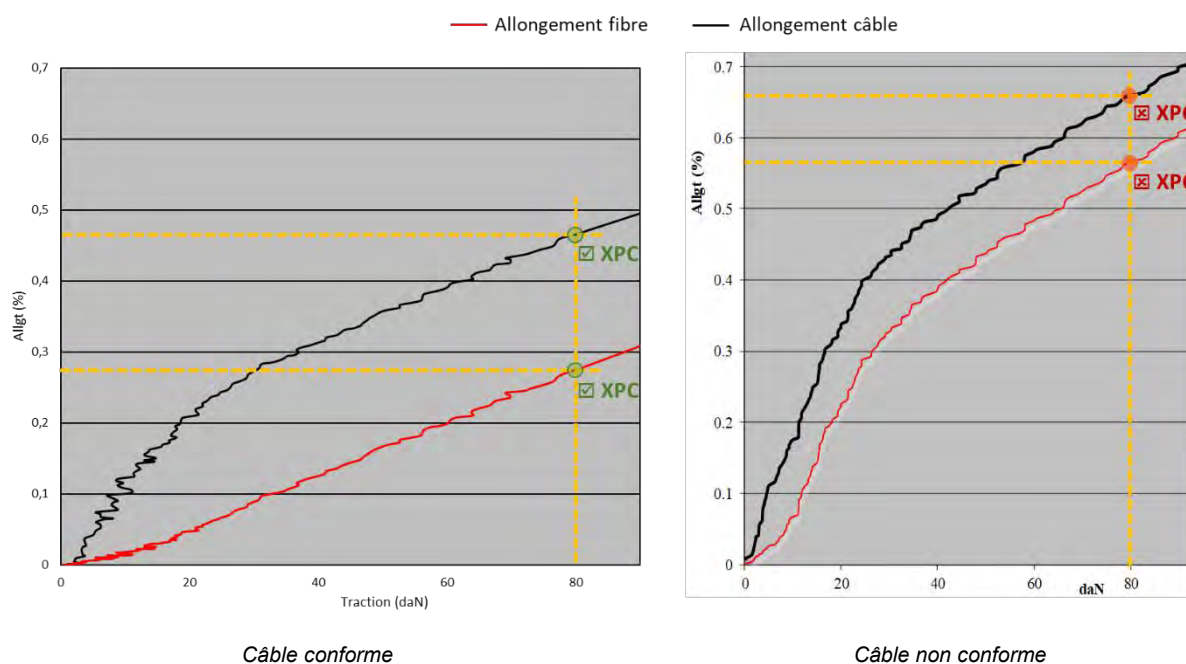
Il est évident que personne ne souhaite voir une fibre de raccordement sur mille cassée après quelques mois ou années d'installation ; dans l'hypothèse de 10 millions de raccordements aériens, cela ferait quand même 10 000 abonnés déconnectés et dont il faudrait refaire entièrement le branchement ! C'est pour cette raison qu'un allongement fibre maximum à 0,3% a été fixé dans les normes.

3. Tests sur des échantillons de câbles de branchement commercialisés

Des risques avérés - un rappel à l'ordre nécessaire

Le SYCABEL a réalisé un ensemble de tests de conformités aux normes Afnor précitées sur des câbles de branchement disponibles et majoritairement installés sur le marché français, notamment sur leurs performances en traction.

Les courbes ci-dessous illustrent des mesures de traction, pour un câble de raccordement conforme aux normes Afnor et pour un câble non conforme.



La valeur de **traction maximale d'un câble de branchement aérien est fixée à 80daN (800N)** par les normes Afnor précitées. L'allongement fibre doit être inférieur à 0,3% et l'allongement câble inférieur à 0,5% **Les résultats consignés dans le tableau ci-dessous sont indiqués à cette valeur de traction.**

Fabricant	Diamètre du câble	Elongation fibre à 80daN		Elongation câble à 80daN	
		Afnor XP C 93-850-6(3)-22	Mesuré*	Afnor XP C 93-850-6(3)-22	Mesuré*
SYCABEL 1	5 mm	0,3 %	0,30 %	0,5 %	0,50 %
SYCABEL 2	6 mm	0,3 %	0,29 %	0,5 %	0,29 %
SYCABEL 3	5 mm	0,3 %	0,29 %	0,5 %	0,48 %
SYCABEL 3	6 mm	0,3 %	0,28 %	0,5 %	0,47 %
Fabricant 4	6 mm	0,3 %	0,47 %	0,5 %	0,45 %
Fabricant 4	5 mm	0,3 %	0,53 %	0,5 %	0,53 %
Fabricant 5	6 mm	0,3 %	0,57 %	0,5 %	0,66 %
Fabricant 6	5 mm	0,3 %	0,75 %	0,5 %	0,71 %
Fabricant 7	6 mm	0,3 %	0,25 %	0,5 %	0,31 %

*selon norme NF EN 60794-1-21:2015 Méthode E1, test effectué sur tronçon de 160m

Certains échantillons dépassent de plus de deux fois l'allongement fibre autorisé ! Compte tenu des éléments techniques décrits précédemment, **ces résultats sont alarmants quant à la durée de vie de ces câbles.**

Il faut sensibiliser les acteurs à la nécessité de se conformer aux exigences des normes. Pousser le curseur sur l'aspect formation et certification des installateurs permettrait sans doute une meilleure adhésion aux enjeux de pérennité des réseaux.

Le manque d'information des donneurs d'ordres sur les normes en vigueur et la course au moins disant sont les raisons pour lesquelles certains choix de matériels sont effectués au détriment de la qualité. Le SYCABEL tient à sensibiliser les donneurs d'ordres et les acteurs du raccordement abonnés à l'importance du choix des câbles déployés pour les branchements abonnés⁵. Il en va de la pérennité des réseaux, de la qualité de service offerte aux abonnés et des coûts de maintenance dans les prochaines années.

1 <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2021/12/24/ECOI2138564A/jo/texte>

2 https://www.sycabel.com/jcms/prd_609350/livre-blanc-la-qualite-des-infrastructures-fibre-optique

3 <https://www.fftelecoms.org/etudes-et-publications/livre-blanc-sur-lamelioration-du-raccordement-en-fibre-optique/>

4 https://www.sycabel.com/jcms/prd_607254/fibres-optiques-g-657-a2-et-g-652-d-les-principaux-types-de-fibre-utilises-dans-les-reseaux-de-telecommunication-en-france

5° https://www.sycabel.com/jcms/prd_613637/guide-les-normes-francaises-pour-la-boucle-locale-optique-mutualisee

Pour en savoir plus

- ✓ Consultez les [fiches du dossier technique fibre optique](#) du SYCABEL
 - [Fibre optique : structures et caractéristiques](#)
 - [A propos de la normalisation des fibres optiques](#)
 - [Fibres optiques G.657.A2 et G.652.D : les principaux types de fibre utilisés dans les réseaux de télécommunication en France](#)
 - [Fibre optiques en câbles : Performances et pérennité – Sanctions d'atténuation de fibres en câbles](#)
- ✓ Rendez-vous sur [sycabel.com](https://www.sycabel.com) : [doc techniques](#)

Décembre 2022

DOSSIER TECHNIQUE FIBRE OPTIQUE FICHE N° 6

Caractérisation par réflectomètre optique Principes et bonnes pratiques

Cette note technique décrit la caractérisation des liens à fibres optiques par réflectométrie optique dans le domaine temporel en abordant son principe, sa mise en œuvre, l'interprétation des résultats ainsi que les bonnes pratiques.

1. Les réflectomètres, des outils de mesure incontournables

Les Réflectomètres Optiques dans le Domaine Temporel (RODT), ou Optical Time-Domain Reflectometer (OTDR) en anglais, sont largement utilisés dans l'industrie des télécommunications à câbles optiques. Ils constituent un outil de terrain essentiel pour : la **caractérisation**, la **certification**, la **maintenance**, la **surveillance** et le **dépannage** des **réseaux optiques**. Ils permettent de caractériser la longueur, l'affaiblissement, la perte en retour (réflectance globale ou ORL pour Optical Return Loss) d'un lien.

Ils sont particulièrement utiles pour :

- ✓ Analyser les événements ponctuels présents le long d'une liaison : points de raccordement (épissures), endommagement du câble (via un défaut de continuité) ;
- ✓ Identifier des sections sous contrainte ;
- ✓ Déterminer des longueurs de liens ou des atténuations linéiques de fibres.

2. Principe de fonctionnement d'un réflectomètre optique

- Un principe de mesure qui exploite le phénomène de la diffusion optique

En présence d'inhomogénéités dans le verre (par exemple fluctuations de l'indice de réfraction ou changements de composition chimique du verre) une infime fraction de la lumière se propageant dans la fibre diffuse dans de multiples directions.

Pour une fibre optique, la diffusion est majoritairement due à la diffusion Rayleigh. Une infime fraction de l'onde lumineuse incidente est diffusée et renvoyée (rétrodiffusée) dans la direction inverse d'où elle provient pour être récupérée au port d'injection du réflectomètre. La magnitude de cette rétrodiffusion est quantifiée par le coefficient de rétrodiffusion dont la valeur est propre à chaque type de fibre et fabricant.

- La collecte des mesures

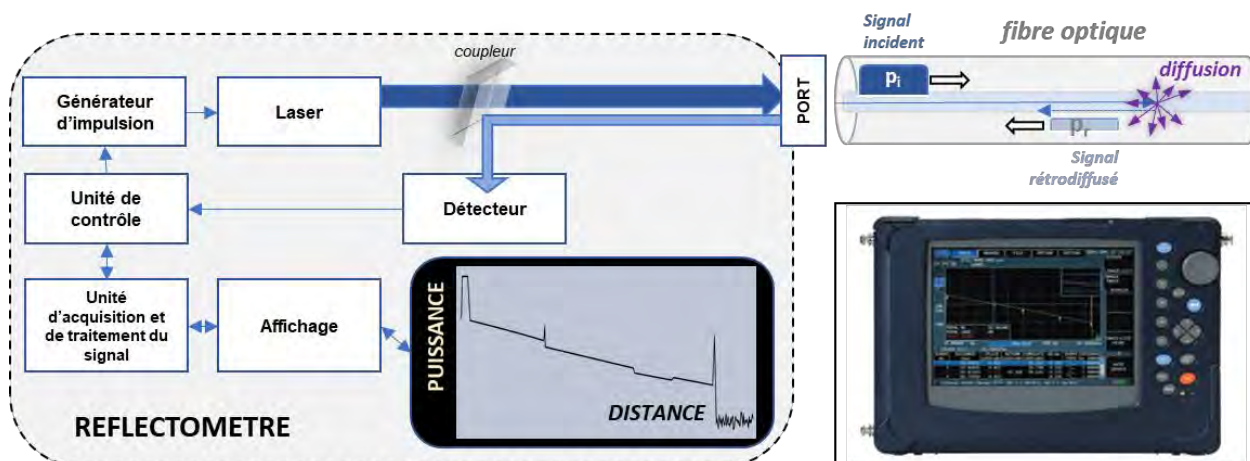


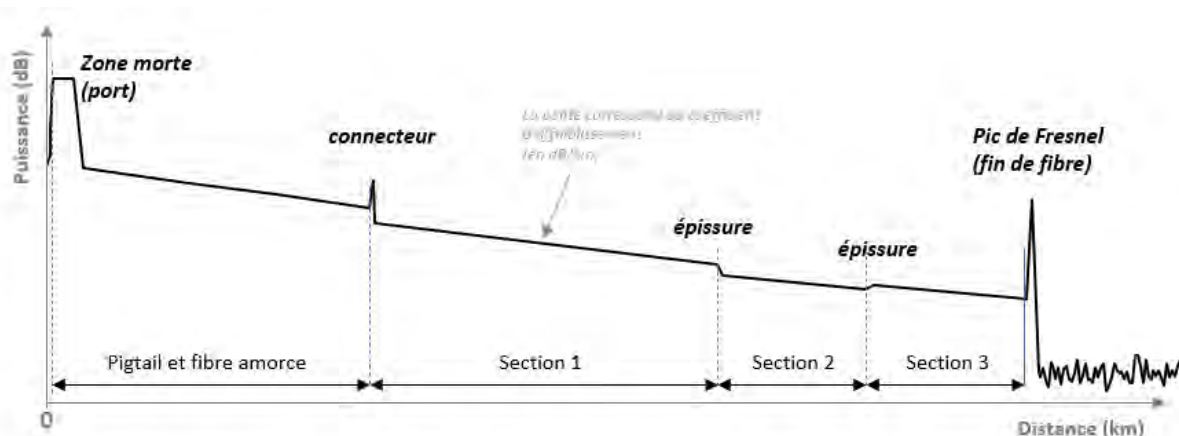
Figure 1 : Schéma d'un réflectomètre optique dans le domaine temporel et exemple d'instrument (encadré)

La figure 1 décrit la mise en œuvre de ce principe au sein de l'instrument.

- Une courte impulsion lumineuse (p_i) générée par un laser est injectée à une extrémité de la fibre sous test. Au fur et à mesure que l'impulsion se propage le long de la fibre, une partie de la lumière est absorbée par le matériau et également atténuée à des positions discrètes (épissures, connecteurs, contraintes, courbure ...).
- Une partie de la lumière va être également rétrodiffusée (p_r) tout le long de la fibre et renvoyée en direction du réflectomètre.
- Le réflectomètre acquiert les puissances rétrodiffusées à partir de l'instant d'émission, convertit les écarts de temps en position (la vitesse de propagation dans la fibre étant connue) pour afficher la puissance rétrodiffusée en fonction de la position le long de la fibre. Cette information se matérialise sur l'écran de l'équipement par une trace représentant la puissance optique en fonction de la distance à partir de la position du port d'injection.

La trace obtenue est extrêmement riche en informations et peut être manuellement analysée ou automatiquement exploitée par l'instrument. Les événements ponctuels (connecteur, épissures, contraintes locales, fin de fibre...) et leurs natures (réflectifs, atténuants) sont détectés, analysés et catalogués pour être ensuite comparés aux seuils de réussite et d'échec associés. L'ensemble des traces et des analyses peut être ensuite exporté pour la préparation du dossier de la recette.

Figure 2 : Exemple de trace obtenue par l'instrument, pour un lien composé de trois sections de fibres optique. Le coefficient d'affaiblissement linéique de la fibre sur une section donnée est facilement évalué par la pente de la trace sur la section.



L'emploi de différentes longueurs d'onde (1 310 nm, 1 550 nm, et 1 625 nm) permet d'expertiser plus finement le lien afin de détecter notamment les problèmes de pertes excessives liées aux courbures ou aux pincements – l'affaiblissement augmentant plus fortement aux plus grandes longueurs d'onde en présence de contraintes.

Les principaux paramètres et caractéristiques techniques pour une mesure sur un réflectomètre optique

1. La largeur temporelle de l'impulsion optique

La largeur temporelle de l'impulsion optique - ou largeur spatiale de l'impulsion (i.e. 10 ns correspond à 1 m dans les fibres unimodales) - est définie par la durée d'émission du laser.

- Plus l'impulsion est courte, moins elle transporte d'énergie et plus la distance maximale atteignable sera raccourcie, la puissance du signal rétrodiffusé en fin de lien étant trop faible pour qu'il puisse être détecté.
- Au contraire, une impulsion plus longue transportera beaucoup plus d'énergie et permettra une utilisation sur de grandes longueurs (≥ 80 km).
- La largeur d'impulsion définit également la résolution, ou la capacité à distinguer deux évènements consécutifs proches. Plus la largeur est petite, plus la résolution sera améliorée.

2. La plage dynamique de l'équipement

La plage dynamique de l'équipement est définie par l'affaiblissement maximal qui peut être accepté par l'équipement. Il s'agit aussi de la longueur maximale de fibre que peut atteindre l'impulsion la plus longue disponible.

- Plus la plage dynamique est grande (en dB), plus la distance atteignable est longue. La présence de connecteurs, d'épissures ou de splitters réduit en pratique cette longueur maximale théorique.
- La plage dynamique d'un OTDR pour fibres unimodales varie de l'ordre de 25 à 40 dB.

3. Le temps d'acquisition ou temps de moyennage

Le moyennage temporel permet de diminuer le niveau de bruit et consiste à acquérir des milliers de traces individuelles et à les moyennner.

- Un temps de moyennage long améliorera le rapport signal sur bruit, ce qui permettra au technicien d'analyse d'obtenir une trace plus détaillée avec des évènements plus clairement définis.

4. La zone morte d'atténuation

La zone morte d'atténuation est la distance sur laquelle le signal OTDR normal est déformé car le récepteur de l'OTDR reçoit momentanément une trop grande quantité de puissance (saturation temporaire du récepteur).

5. La zone morte d'évènement

La zone morte d'évènement est la distance minimale après un évènement présentant une réflexion pour laquelle le réflectomètre peut évaluer avec précision les caractéristiques individuelles de deux évènements réfléchitifs consécutifs.

- Plus cette zone morte est réduite, plus il sera possible de distinguer deux évènements très proches. La longueur de la zone morte est liée à la largeur d'impulsion.

- **Le réglage des paramètres**

Le réglage de ces différents paramètres doit faire l'objet d'un compromis entre la résolution et la plage dynamique à garantir. Il dépend aussi du type de réseau à caractériser (longueur totale, densité des dispositifs optiques). Une largeur d'impulsion plus grande permettra d'augmenter la portée de mesure et/ou d'accommoder des liens avec des équipements à pertes plus importantes, mais aura pour conséquence une résolution dégradée et des zones mortes plus larges.

Le tableau ci-dessous résume ces interactions.

	Interaction entre les paramètres	Largeur d'impulsion augmentée ↗	Largeur d'impulsion diminuée ↘
Implications	Résolution	↘	↗
	Longueur de fibre mesurable	↗	↘
	Zone morte	↗	↘
	Plage dynamique	↗	↘

Depuis une décennie, le développement de nouvelles fonctionnalités d'analyse et de tests dits « intelligents » a simplifié l'acquisition et le traitement des mesures. Les réflectomètres peuvent désormais effectuer automatiquement la reconnaissance du lien et des éléments présents, définir les conditions d'acquisition optimales (longueurs d'onde et durée d'impulsions), consolidant les résultats obtenus pour chaque section de la liaison optique et élément présent, permettant ainsi une décision plus fiable sur la réussite/échec de chaque paramètre.

3. Précautions d'emploi, mise en œuvre d'une mesure

Une bonne maîtrise de l'équipement et de l'interprétation des résultats est nécessaire pour correctement analyser et évaluer la pertinence des résultats. Des guides de bonnes pratiques édités par l'Arcep [1], ainsi que des normes françaises sont disponibles pour décrire l'ensemble des procédures de test [2-3] pour les mesures en réflectométrie optique.

Pour les réseaux de communication du secteur résidentiel, les recettes d'installation sont disponibles dans les normes XP C15-960 [4] et XP C90-486 [5].

- Technique de mesure bidirectionnelle

La méthode de référence pour caractériser l'atténuation d'une liaison par réflectométrie consiste à considérer la moyenne des deux traces OTDR obtenues à chacune des extrémités du lien (i.e. mesure bidirectionnelle).

La Figure 3 illustre cette mise en œuvre pour une liaison reliant deux sites A et B : une première mesure (dite unidirectionnelle) est effectuée à partir du site A puis une seconde à partir du site B. Les résultats obtenus pour chacune des deux mesures sont ensuite moyennés.

En pratique, une bobine amorce est insérée entre le réflectomètre et le réseau à mesurer afin de s'affranchir de la zone morte en sortie du réflectomètre et permettre la caractérisation du premier connecteur du lien.

- La longueur de la bobine doit être suffisante et adaptée à la largeur d'impulsion utilisée : 1 000 m est une longueur régulièrement utilisée pour un réseau FttH. De manière analogue, l'ajout d'une bobine de réception à l'extrémité du lien permet de mesurer le dernier connecteur du lien en déportant la réflexion de Fresnel à l'extrémité de cette bobine.

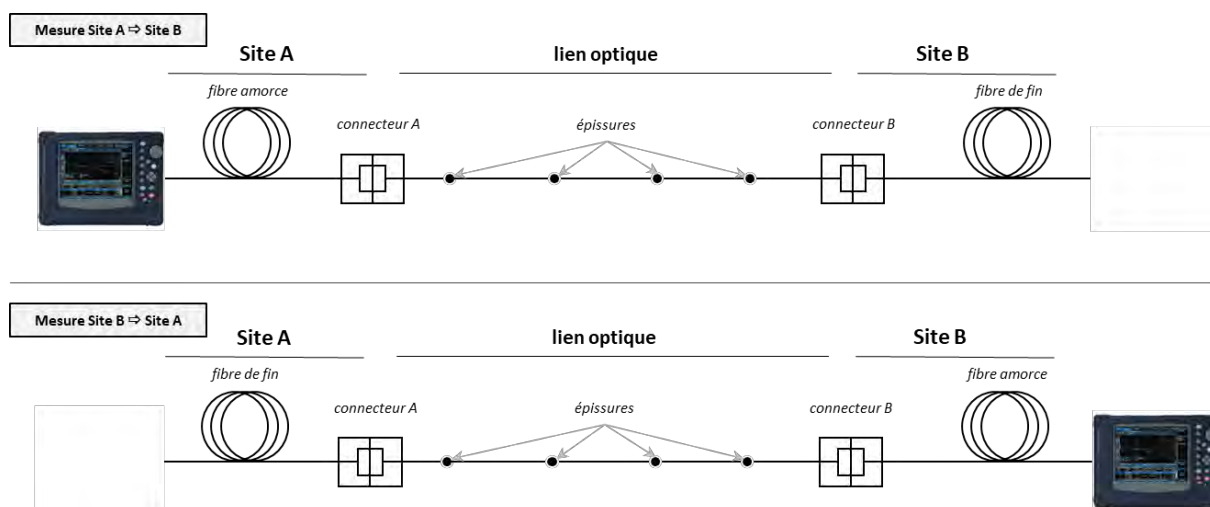


Figure 3 : Illustration de la mise en œuvre d'une mesure bidirectionnelle par l'acquisition de deux mesures unidirectionnelles à chacune des extrémités de la liaison.

Une autre technique dite de bouclage consiste à mesurer deux fibres simultanément en branchant une fibre sur l'autre, à l'aide d'une bobine intermédiaire. Ceci permet de réduire le nombre de mesures et le besoin de déplacer l'équipement d'un bout à l'autre de la liaison.

- Pour des longueurs de liens comprises entre 2 et 10 km, la largeur d'impulsion recommandée est entre 20 et 100 ns.
- Dans le cas d'un bouclage, la largeur d'impulsion est inférieure à 300 ns.

4. Interprétation des résultats : pertes et gains apparents

Dans les segments de distribution optiques des réseaux FttH, il peut être difficile et coûteux d'effectuer de telles mesures bidirectionnelles. L'exploitation d'une seule trace unidirectionnelle reste envisageable pour évaluer rapidement la continuité optique et estimer les coefficients d'atténuation, mais la fiabilité dans l'analyse des événements peut être affectée par plusieurs phénomènes : notamment la présence de fibres de différents types et/ou la différence entre les coefficients de rétrodiffusion des fibres raccordées. **Il est important de noter qu'un OTDR mesure les pertes apparentes d'un événement indirectement en rapportant les variations de puissance du signal rétrodiffusé et suppose implicitement que les coefficients de rétrodiffusion des fibres en amont et en aval de l'évènement sont identiques.**

Si tel n'est pas le cas, la mesure peut être imprécise. En effet, si les fibres présentent des diamètres de champ de mode différents, deux types de discontinuités peuvent être visibles à la position de l'épissure :

- Soit le diamètre de mode dans la fibre en aval est plus petit, soit il est plus grand que la fibre en amont, et donc soit une discontinuité à front montant (ou gain apparent) peut être rapportée, soit une discontinuité à front descendant (ou perte apparente). **Cet effet est illustré sur les figures 4a et 4b.** Cela est dû au fait que le coefficient de rétrodiffusion varie en fonction du diamètre de mode ; la rétrodiffusion augmente quand le diamètre de mode diminue [6].

Selon le sens de la mesure, la perte apparente estimée par l'instrument sera soit un gain soit une perte. Pour s'affranchir de cet artefact, il suffit de considérer la valeur moyenne des pertes d'épissure observée dans les deux sens de mesure. Bien que ces différences de coefficient de rétrodiffusion ne provoquent pas toujours un gain sur la trace OTDR, elles peuvent toujours provoquer une lecture erronée de la perte d'épissure même si la lecture est une perte.

Selon les écarts entre les diamètres de modes, la contribution maximale (cf. figure 4c) liée à la différence des coefficients de rétrodiffusion est de :

- ± 0.2 dB pour des fibres de même type (même valeur nominale de diamètre et tolérance de $\pm 0.4 \mu\text{m}$)
- jusqu'à ± 0.3 dB pour des valeurs nominales de diamètres de mode (8.8 et 9.0 μm et tolérance de $\pm 0.4 \mu\text{m}$)
- Les pertes d'épissure réelles attendues sont ≤ 0.1 dB.

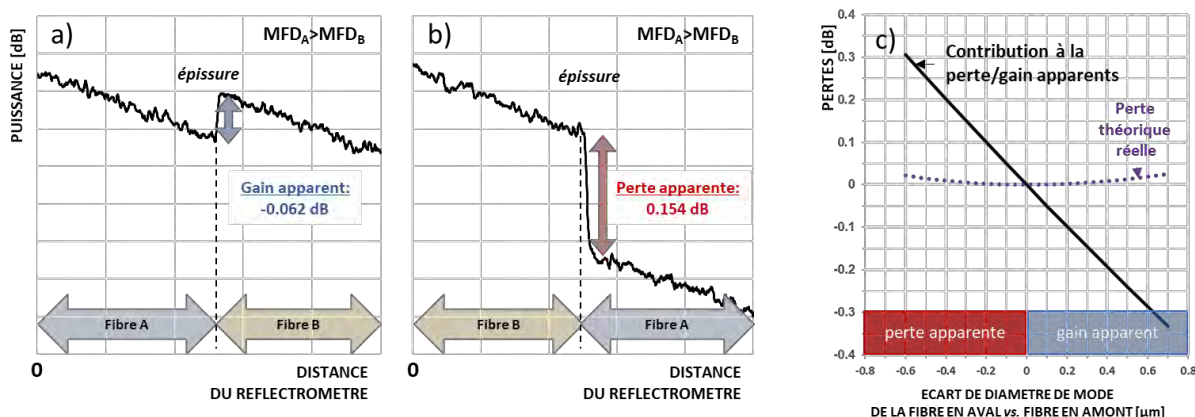


Figure 4 : Exemple d'une épissure entre deux fibres A et B, ayant des écarts de diamètres de modes de $0.2 \mu\text{m}$ ($MFD_A > MFD_B$) :

- Direction de mesure A \Leftrightarrow B : gain apparent de -0.062 dB,
- Direction de mesure B \Leftrightarrow A : perte apparente de 0.154 dB. La perte moyenne est $\frac{1}{2} \cdot (-0.062 + 0.154) = 0.046$ dB pour une contribution de ± 0.108 dB liée aux différences de diamètres de modes pour une mesure unidirectionnelle.
- Contribution apparente liée aux différences de diamètres de modes pour une mesure d'épissure unidirectionnelle.

6. Bonnes pratiques

- **Recommandations de mise en œuvre des mesures de réflectométrie optique pour les réseaux d'accès**

Il est recommandé d'effectuer des mesures bidirectionnelles à 1 310 nm et 1 550 nm.

Néanmoins sur le segment optique de distribution une simple mesure unidirectionnelle (à 1 550 nm) est souvent réalisée pour réduire le temps et le coût de mesure. Cela ne peut se faire que **si les fibres optiques sont toutes du même type (i.e. G.657.A2)**.

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.

La qualité de la préparation et la bonne maintenance des équipements sont des éléments essentiels pour garantir la qualité des mesures :

- Il convient que toutes les mesures soient effectuées avec des appareils possédant un certificat de calibration valide. La conformité du matériel utilisé est obligatoire pour éviter tout risque de détérioration du réseau et de ses équipements.
- La propreté des connecteurs est un paramètre essentiel pour éviter toute détérioration du réseau et pour garantir la qualité des mesures. Une grande majorité des problèmes sur une liaison optique est due à la propreté des connecteurs.

Enfin, l'utilisation d'un réflectomètre optique nécessite une formation préalable tant au niveau du fonctionnement que de l'interprétation des résultats. De telles formations sont proposées par les centres de formation et certains vendeurs d'équipements.

Références

- [1] 'Grands dossiers/Réseau fixes : la fibre'. Site internet de l'Arcep ([lien](#))
- [2] Norme NF EN61280-4-2 : 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 ([lien](#)).
- [3] Norme NF EN 60793-1-40 Fibres optiques – Partie 1-40 : méthodes de mesure et procédures d'essai – Affaiblissement ([lien](#)).
- [4] Norme XP C15-960, Contrôle des installations des réseaux de communication du secteur résidentiel ([lien](#)), mars 2017.
- [5] Norme XP C90-486, Les colonnes de communication (réseau d'accès au logement ou au local à usage professionnel) ([lien](#)), octobre 2018.
- [6] IEC Technical Report TR 62316:2017: Guidance for the interpretation of OTDR backscattering traces for single-mode fibres. ([lien](#)).

Pour en savoir plus

Consultez les [fiches du dossier technique fibre optique du SYCABEL](#)

- [Fibre optique : structures et caractéristiques](#)
- [A propos de la normalisation des fibres optiques](#)
- [Fibres optiques G.657.A2 et G.652.D : les principaux types de fibre utilisés dans les réseaux de télécommunication en France](#)
- [Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité – Sanctions d'atténuation de fibres en câbles](#)
- [Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité – Exemples de produits non conformes](#)

✓ [Rendez-vous sur \[sycabel.com\]\(http://sycabel.com\) : \[doc techniques\]\(#\)](#)

Juin 2023

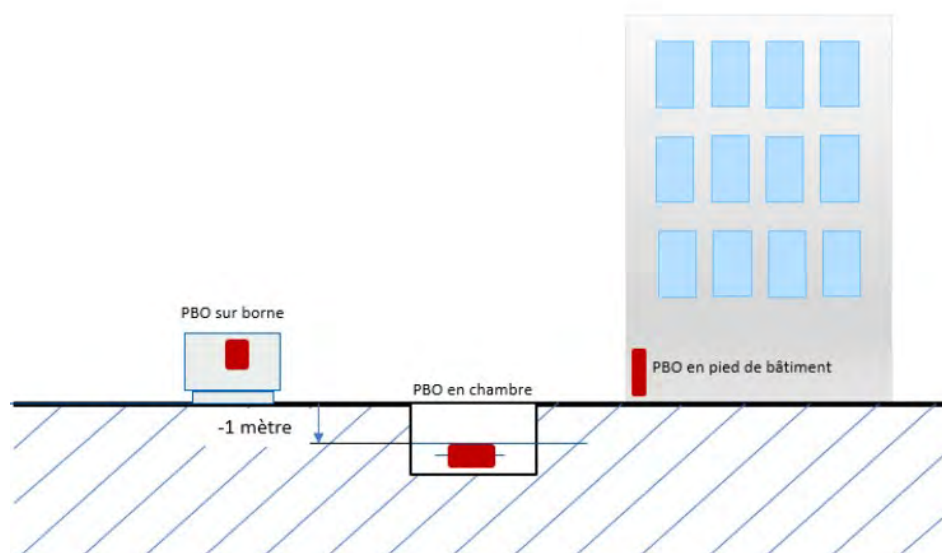
DOSSIER TECHNIQUE FIBRE OPTIQUE FICHE N° 7

Bonnes pratiques d'installation et de maintenance des Points de Branchements Optiques (PBO) souterrains

Cette note technique décrit les bonnes pratiques d'installation, les risques encourus en cas d'endommagement du PBO, et rappelle le protocole de la maintenance préventive.

Préambule : les 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 leurs constructeurs en suivant leurs modes opératoires.

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

1. Bonnes pratiques d'installation

L'étanchéité

Chaque boîtier possède un système mécanique d'étanchéité dédié. 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

Les attaches mécaniques des câbles

- **Câbles en passage**
 - Vérifier la bonne fixation des câbles en passage pour éviter tout glissement du câble pendant les manipulations.
- **Câbles de branchement**
 - Vérifier la bonne fixation des câbles de branchement, en particulier l'utilisation des mèches de renfort pour assurer la tenue mécanique et éviter tout glissement pendant les manipulations.

La 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 aux 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 et installé conformément au mode opératoire de son fabricant reste étanche à l'eau et aux agressions 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, si présence ou si possibilité d'ajout d'une valve de gonflage, il est conseillé de pratiquer un test de mise en pression à 20 kPa, 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. Les risques encourus en cas d'endommagement du PBO

Ce paragraphe décrit les risques en cas :

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

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

- **Vieillessement du revêtement des fibres optiques**
 - Impossibilité de distinguer les couleurs
 - Diminution de la protection du verre (voir ci-après)
- **Vieillessement 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 (vieillessement prématuré, casse, ...)
 - Risque de pénétration d'eau si glissement de la gaine

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

- **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

NB : La prise de photos peut renforcer le contrôle visuel.

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

- **Remise en état d'un PBO défectueux si possible**
 - Remplacement des éléments défectueux (joints, entrées de câbles, ...)
 - Reprise des entrées de câbles (dont l'arrimage des éléments de renfort)
 - Reprise des cheminements et lovage des câbles, des micro-modules et des fibres unitaires
- **Changement du PBO si son état ne permet pas une réparation (corps du PBO endommagé)**

Pour en savoir plus

Consultez les [fiches du dossier technique fibre optique](#) du SYCABEL

- [Fibre optique : structures et caractéristiques](#)
- [A propos de la normalisation des fibres optiques](#)
- [Fibres optiques G.657.A2 et G.652.D : les principaux types de fibre utilisés dans les réseaux de télécommunication en France](#)
- [Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité – Sanctions d'atténuation de fibres en câbles](#)
- [Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité – Exemples de produits non conformes](#)
- [Caractérisation par réflectomètre optique - Principes et bonnes pratiques](#)

✓ [Rendez-vous sur \[sycabel.com\]\(http://sycabel.com\) : \[doc techniques\]\(#\)](#)

Octobre 2023

DOSSIER TECHNIQUE FIBRE OPTIQUE FICHE N°8

Test terrain des boîtiers de protection d'épissures

Comment vérifier la bonne mise en œuvre d'un boîtier et de ses entrées de câbles

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.

1. Champ d'application

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

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

2. 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 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)

3. 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 de 200 mbar sans dépasser cette dernière valeur
4. Maintenir cette pression
5. Pulvériser un agent moussant neutre qui réagira au contact des filets d'air
 - Limiter la pulvérisation aux zones d'étanchéité du produit :
 - Joints périphériques
 - Entrées et sorties de câbles
 - Vérifier l'absence d'apparition de bulles
6. Dégonfler le boîtier et reboucher la valve
7. En l'absence de fuite, placer le boîtier dans la chambre
8. Fixer le boîtier

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

Pour en savoir plus

Consulter les fiches du [dossier technique fibre optique](#) du SYCABEL

1. [Fibre optique : structures et caractéristiques](#)
2. [A propos de la normalisation des fibres optiques](#)
3. [Fibres optiques G.657.A2 et G.652.D : les principaux types de fibre utilisés dans les réseaux de télécommunication en France](#)
4. [Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité – Sanctions d'atténuation de fibres en câbles](#)
5. [Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité – Exemples de produits non conformes](#)
6. [Caractérisation par réflectomètre optique - Principes et bonnes pratiques](#)
7. [Bonnes pratiques d'installation et de maintenance des Points de Branchements Optiques \(PBO\) souterrains](#)

✓ Rendez-vous sur sycabel.com : [doc techniques](#)

Février 2024

DOSSIER TECHNIQUE FIBRE OPTIQUE FICHE N°9

Protections d'épissures thermo rétractables pour réseaux FttH

L'objectif de ce document est de présenter les caractéristiques des protections d'épissures thermo rétractables pour réseaux FttH en précisant les fonctionnalités et en rappelant les bonnes pratiques d'installation.

Préambule

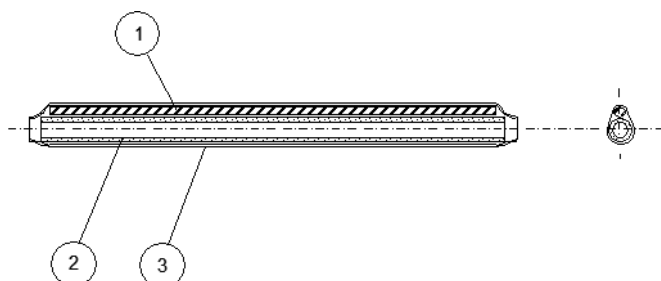
Quelle que soit la topologie du réseau, les épissures par fusion sont utilisées partout dans les réseaux optiques pour interconnecter les fibres optiques de différents câbles FttH ou les différents composants entre eux.

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).

1. Composition d'une protection d'épissure thermo rétractable

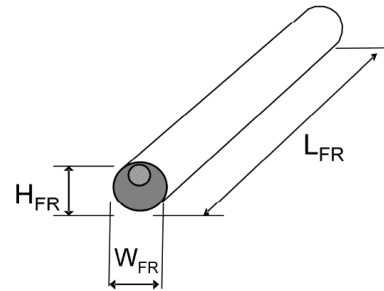
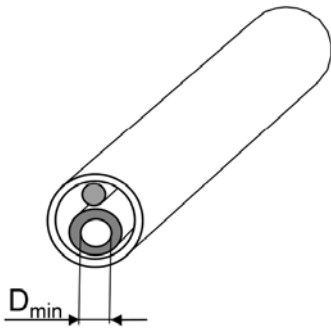
Une protection d'épissure thermo rétractable est composée de trois éléments importants dans la réalisation du produit :



- 1) Barre métallique (élément mécanique) qui assure la tenue mécanique de la soudure,
- 2) Tube d'adhésif qui reconstitue la protection du revêtement (diamètre ext. 250 µm) de la fibre,
- 3) Tube thermo rétractable qui permet d'assembler et de maintenir l'ensemble des composants.

2. Dimensions requises pour la conformité à la norme NF EN 50411-3-3, éd. 2019

- 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



3. 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 la partie dénudée (diamètre 125 μm) et la partie revêtue (diamètre 250 μm) pour un maintien mécanique efficace.
- Le thermo rétractable doit se rétreindre d'une manière uniforme. Il garantira que les efforts ne provoquent pas d'effets de cisaillement autour de la fibre pendant le processus de rétraction et assurera une uniformité des efforts à l'intérieur du thermo rétractable lorsque celle-ci sera refroidi.
- La protection d'épissure doit être transparente pour bien visualiser le centrage du point de fusion.

4. Mise en œuvre des protections d'épissures

- Respecter les températures des temps de chauffe et de refroidissement.
- Ne pas couper la protection d'épissure (danger : amorce de rupture)
- Veiller à la propreté lors de l'installation
- Effectuer le test de traction

5. Installation de la protection d'épissure thermo rétractable dans les équipements passifs FttH

Chaque fournisseur d'équipement passifs doit indiquer le type de protection d'épissure thermo rétractable à utiliser. Une mauvaise utilisation peut avoir des conséquences lourdes et affecter le bon fonctionnement de l'ensemble du réseau :

- Non-respect du rayon de courbure de la fibre, si 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 NF 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.

Pour en savoir plus

- DTFO 1 Fibre optique : structures et caractéristiques
- DTFO 2 A propos de la normalisation des fibres optiques
- DTFO 3 Fibres optiques G.657.A2 et G.652.D : les principaux types de fibre utilisés dans les réseaux de télécommunication en France
- DTFO 4 Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité - Sanctions d'atténuation de fibres en câbles
- DTFO 5 Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité ...
- DTFO 6 Caractérisation par réflectomètre optique : principes et bonnes pratiques.
- DTFO 7 Bonnes pratiques d'installation et de maintenance des Points de Branchements Optiques (PBO) souterrains
- DTFO 8 Test terrain des boîtiers de protection d'épissures

✓ Rendez-vous sur [sycabel.com](https://www.sycabel.com) : [dossier fibre](#)

Avril 2024

DOSSIER TECHNIQUE FIBRE OPTIQUE FICHE N°10

Bonnes pratiques d'installation et de maintenance d'accessoires FttH sur les supports aériens

Comment vérifier la bonne sélection et la mise en œuvre des dispositifs d'ancrage ou de suspension, des armements et des PBOs ou KROE sur poteau en aérien.

L'objectif de ce document est de proposer aux installateurs et propriétaires de réseaux FttH des bonnes pratiques pour le choix des dispositifs d'ancrage et de suspension, des armements et des boîtiers de type¹ PBO ou KROE sur poteau, ainsi que pour leur 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).

Préambule

Par « armements », nous désignons les ferrures ou matériels nécessaires pour fixer aux supports les boîtiers, ainsi que les dispositifs d'ancrage et de suspension.

Par « Boîtiers », nous désignons les boîtiers de protection d'épissures installés sur les supports aériens pour assurer les jonctions, dérivations ou branchement des câbles à fibre optique.

Champ d'application

Ces recommandations s'appliquent aux accessoires nécessaires à l'installation de câbles FttH en aérien sur supports utilisés pour la BLOM, dans le cas des faibles ou moyennes portées.

Elles présupposent qu'une étude ait été faite par un bureau d'études accrédité pour définir les paramètres et matériels de la ligne à installer.

Il est rappelé qu'il est nécessaire de respecter les instructions d'installation fournies par les fabricants des différents accessoires.

¹ Ces recommandations peuvent également s'appliquer à d'autres types de boîtiers installés sur poteau, dans le respect des préconisations du constructeur et du mode opératoire de l'OI

1. Bonnes pratiques d'installation

1.1. Armements

• Utilisation sur des supports Orange

Les armements utilisés sur des supports Orange doivent être qualifiés Orange.

Vérifier qu'ils sont installés selon les préconisations du fabricant.

Le choix des armements et leur installation doivent être conformes aux préconisations d'Orange :

- Annexe D3 : règles d'Ingénierie des Appuis Aériens d'Orange.
- Annexe D4 : cahier des charges applicable dans le cadre des offres d'Accès aux Installations Aériennes d'Orange

En aucun cas les sollicitations auxquelles seront soumis les armements utilisés ne pourront dépasser les limites définies dans les spécifications Orange et de leurs fabricants :

- Cahier des Charges relatif aux matériels aériens utilisés sur les appuis Orange (Ed. avril 2023)

Après installation, il est recommandé d'effectuer une inspection visuelle pour vérifier le respect des instructions de montage des fabricants et le respect des spécifications Orange.

• Utilisation sur des supports communs ENEDIS (BT et HTA)

Les armements devront être dimensionnés selon les préconisations du Bureau d'Etudes responsable pour le projet.

Il faut s'assurer auprès du fournisseur d'armements de la compatibilité de ceux-ci avec les supports utilisés dans le projet et les paramètres et contraintes de l'application concernée.

Le choix des armements doit être fait en conformité avec le « Guide pratique de l'étude d'appuis communs de réseaux de distribution d'électricité et de réseaux de télécommunication » (document ENEDIS) et selon les recommandations du Guide 2015 d'Objectif Fibre pour le Déploiement de la BLOM sur support aérien.

Après installation, il est recommandé d'effectuer une inspection visuelle pour vérifier le respect des instructions de montage des fabricants.

• Utilisation sur des supports communs autres qu'ENEDIS

Les armements devront être dimensionnés selon les préconisations du Bureau d'Etudes.

Il faut s'assurer auprès du fournisseur d'armements de la compatibilité de ceux-ci avec les supports utilisés dans le projet et les paramètres et contraintes de l'application concernée.

Le choix des armements doit être fait en conformité avec les recommandations du Guide 2015 d'Objectif Fibre pour le Déploiement de la BLOM sur support aérien.

Après installation, il est recommandé d'effectuer une inspection visuelle pour vérifier le respect des instructions de montage des fabricants.

1.2. Dispositifs d'ancrage ou de suspension

- **Vérification de la compatibilité des dispositifs d'ancrage ou de suspension avec les câbles à fibres optiques**

Les câbles doivent à minima être conformes aux spécifications « câbles aériens » des normes NF C 93-850-3-25 pour les câbles de distribution ou de transport et NF C 93-850-3-22 et NF C 93-850-6-22, pour les câbles de branchement. Les essais câbles décrits dans ces normes sont nécessaires mais ils ne suffisent pas pour qualifier le couple câble et dispositif d'ancrage ou de suspension. Des travaux sont en cours pour proposer des normes relatives aux dispositifs d'ancrage et de suspension.

La compatibilité entre les dispositifs d'ancrage (ou de suspension) et les câbles à fibres optiques est un élément très critique pour la pérennité de l'installation.

Il est recommandé de :

- Vérifier auprès du fournisseur du câble si les dispositifs d'ancrage ou de suspension choisis sont bien compatibles avec celui-ci.
- Ou de vérifier auprès du fournisseur de dispositifs d'ancrages ou de suspensions leur compatibilité avec le câble à fibres optiques choisi.
- Sans autre information, il est recommandé de faire procéder à des essais de performance du couple câble – accessoire selon les préconisations du fabricant de câble ou du fabricant de dispositif d'ancrage (ou de suspension).
- Il est également nécessaire de vérifier la compatibilité du dispositif d'ancrage ou de suspension avec l'armement choisi pour le support concerné.
- Lors de l'installation, il est nécessaire de vérifier le bon choix de la référence dans la gamme du dispositif en fonction des caractéristiques du câble (diamètre, ...) à installer.

- **Installation des dispositifs d'ancrage ou de suspension**

Il est impératif de suivre les instructions de montage fournies par les fabricants des accessoires de câble. La procédure peut être différente en fonction du type de dispositif utilisé.

Un contrôle visuel doit être effectué après l'installation pour détecter une éventuelle non-conformité de l'installation (placement du câble, serrage, ...).

Dans le cas des doubles ancrages, la « goutte d'eau » ou le « chapeau de gendarme » doivent respecter le rayon de courbure minimal défini par le fabricant du câble. Il faut également vérifier que le câble ne frotera pas contre le support.

1.3. Boitiers

Les boitiers PBO devront être conformes à la norme XP C93-923-2-1 s'ils sont installés en environnement catégorie A et XP C93-923-2-2 s'ils sont installés en environnement catégorie G.

- **L'étanchéité (poussière/eau)**

- 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, 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

- **Les attaches mécaniques des câbles**

- Câbles en passage :
 - Vérifier la bonne fixation des câbles en passage, 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.
 - respecter les préconisations spécifiées dans le recueil de spécifications du Comité Experts Fibre Optique de l'ARCEP (§ 5.3.2) ainsi que les instructions de montage du fabricant. L'utilisation d'un collier de serrage métallique est recommandée.
- Câbles de branchement :
 - 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.

• La fixation du boîtier

La fixation du boîtier sur le support doit respecter les instructions de montage du fabricant. En général, elle peut se faire :

- Directement sur le support à l'aide de deux feuillards
- Par l'intermédiaire d'une ou deux brides de montage compatibles avec le boîtier concerné
- Sur une croix de lovage intégrant la fonction de bride de montage de boîtiers.

Le rayon de courbure des câbles sera respecté en sortie de boîtier.

Le positionnement du boîtier sur le support devra suivre les recommandations du recueil de spécifications du Comité Experts Fibre Optique de l'ARCEP (§ 5.3.2).

Une inspection visuelle devra être effectuée après l'installation pour vérifier :

- L'intégrité du boîtier
- La bonne fermeture du boîtier
- Le bon arrimage des câbles
- Le respect des rayons de courbure des câbles en sortie du boîtier

• Câbles de distribution

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

Le recueil de spécifications du Comité Experts Fibre Optique de l'ARCEP (§ 5.3.2) spécifie les règles de mise en place de loaves de blocage et des arrimages de câbles (avec éléments de renfort souples).

Il spécifie également les caractéristiques du dispositif de lovage (croix de lovage ou autre) qui devra être utilisé, ainsi que son positionnement sur le support.

Les câbles seront fixés le long du support à l'aide de berceaux/attaches adaptés afin d'éviter un frottement intempestif du câble.

2. Maintenance préventive

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

- Contrôle régulier par échantillonnage grâce à un plan d'audit opérationnel (voir norme ISO 2859-1)
- Contrôle visuel lors des interventions

Ces contrôles comporteront les vérifications de conformité suivantes :

- Conformité aux instructions d'installation :
 - Armements
 - Dispositifs d'ancrage et de suspension
 - Dispositifs de lovage
 - Descentes de câbles
 - Boîtiers
- Conformité du boîtier fermé :
 - Fermeture
 - Sorties de câbles : arrimage et étanchéité
- Conformité du 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

N.B. : La prise de photos peut renforcer le contrôle visuel

Cette phase de contrôle doit être accompagnée de phases de remise à niveau des défauts constatés.

Conclusion

La performance et la résilience d'un réseau aérien résultent de l'utilisation de câbles et d'accessoires de qualité, conformes aux normes de référence et aux spécifications des gestionnaires d'infrastructure, compatibles entre eux (cette comptabilité doit avoir été vérifiée par des tests). L'installation doit être réalisée par des équipes qualifiées.

Pour en savoir plus

Consultez les fiches du [dossier technique fibre optique](#) du SYCABEL

1. [Fibre optique : structures et caractéristiques](#)
2. [A propos de la normalisation des fibres optiques](#)
3. [Fibres optiques G.657.A2 et G.652.D : les principaux types de fibre utilisés dans les réseaux de télécommunication en France](#)
4. [Fibres optiques en câbles : performances et pérennité - sanctions d'atténuation](#)
5. [Fibres optiques en câbles : Performances et pérennité - Exemples de produits non conformes](#)
6. [Caractérisation par réflectomètre optique : principes et bonnes pratiques](#)
7. [Bonnes pratiques d'installation et de maintenance des Points de Branchements Optiques \(PBO\) souterrains](#)
8. [Test terrain des boîtiers de protection d'épissures](#)
9. [Protections d'épissures thermo-rétractables pour réseaux FttH](#)

✓ Rendez-vous sur sycabel.com : [Dossier Fibre](#)