



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

L.43

(12/2002)

SÉRIE L: CONSTRUCTION, INSTALLATION ET
PROTECTION DES CÂBLES ET AUTRES ÉLÉMENTS
DES INSTALLATIONS EXTÉRIEURES

**Câbles à fibres optiques pour installations
enterrées**

Recommandation UIT-T L.43

Recommandation UIT-T L.43

Câbles à fibres optiques pour installations enterrées

Résumé

La présente Recommandation décrit les caractéristiques, la construction et les méthodes d'essai des câbles à fibres optiques pour installations enterrées: elle décrit d'abord les caractéristiques que devrait posséder un câble pour qu'une fibre optique montre une performance suffisante, puis la méthode d'essai destinée à vérifier que le câble possède les caractéristiques requises. Les conditions exigées pouvant différer selon le lieu d'installation, le détail des conditions d'expérience doit être arrêté entre l'utilisateur et le fournisseur en fonction de l'environnement où sera utilisé le câble.

Source

La Recommandation L.43 de l'UIT-T, élaborée par la Commission d'études 6 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 22 décembre 2002 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2003

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
1	Domaine d'application 1
2	Références..... 1
2.1	Références normatives..... 2
2.2	Références informatives 2
3	Termes et définitions 2
4	Abréviations..... 3
5	Caractéristiques des fibres optiques 3
5.1	Caractéristiques des fibres optiques 3
5.1.1	Caractéristiques de transmission 3
5.1.2	Microcourbure des fibres..... 3
5.1.3	Macrocourbure des fibres 3
5.2	Caractéristiques mécaniques 3
5.2.1	Courbure 3
5.2.2	Résistance à la traction 3
5.2.3	Ecrasement et chocs 4
5.2.4	Torsion..... 4
5.3	Conditions environnementales 4
5.3.1	Hydrogène 4
5.3.2	Perméabilité à l'humidité 4
5.3.3	Pénétration d'eau..... 5
5.3.4	Foudre..... 5
5.3.5	Dommmages biotiques 5
5.3.6	Vibrations 5
5.3.7	Variations de température..... 5
5.3.8	Attaque chimique..... 5
5.3.9	Agression mécanique..... 6
5.4	Installation et enlèvement..... 6
5.4.1	Méthode d'installation 6
5.4.2	Méthode d'enlèvement..... 6
6	Structure des câbles 6
6.1	Revêtement de fibres 6
6.1.1	Revêtement primaire 6
6.1.2	Revêtement secondaire..... 7
6.1.3	Identification des fibres 7
6.1.4	Amovibilité du revêtement..... 7
6.2	Eléments du câble..... 7

	Page
6.2.1 Câbles à rubans.....	7
6.2.2 Jonc rainuré	8
6.2.3 Tube.....	8
6.2.4 Filin porteur	8
6.2.5 Matériaux hydrofuges.....	8
6.2.6 Résistance pneumatique	8
6.3 Gaine.....	8
6.4 Armure.....	9
6.5 Identification du câble	9
7 Méthodes d'essai	9
7.1 Méthodes d'essai des différents éléments du câble	9
7.1.1 Essais applicables aux fibres optiques.....	9
7.1.2 Essais applicables aux tubes.....	9
7.1.3 Essais applicables aux rubans.....	10
7.2 Méthodes d'essai pour les caractéristiques mécaniques du câble.....	10
7.2.1 Résistance à la traction	10
7.2.2 Courbure	10
7.2.3 Pliage sous tension (flexions).....	11
7.2.4 Ecrasement	11
7.2.5 Pincement (résistance à l'abrasion).....	11
7.2.6 Torsion.....	11
7.2.7 Chocs	11
7.2.8 Pliure.....	11
7.2.9 Courbures répétées	11
7.2.10 Performance d'enroulement du câble (mise en boucle).....	11
7.3 Méthodes d'essai concernant les propriétés environnementales.....	11
7.3.1 Cycles thermiques	12
7.3.2 Pénétration longitudinale de l'eau.....	12
7.3.3 Barrière d'étanchéité	12
7.3.4 Gel	12
7.3.5 Hydrogène	12
7.3.6 Rayonnements nucléaires	12
7.3.7 Vibrations	12
7.3.8 Vieillessement	13
7.3.9 Résistance pneumatique	13
7.3.10 Foudre.....	13
Appendice 1 – Câbles à fibres optiques enterrés: l'expérience brésilienne	13
1.1 Introduction	13
1.2 Spécifications	13

	Page
1.2.1	Résistance à la traction 13
1.2.2	Résistance à la pénétration d'humidité 14
1.2.3	Résistance à l'abrasion 14
1.2.4	Résistance aux agents chimiques 14
1.2.5	Résistance aux variations de température 14
1.2.6	Résistance à des agressions biologiques 15
1.2.7	Résistance aux agressions mécaniques 15
1.2.8	Enlèvement et réinstallation d'un câble 15
1.3	Etude et construction des produits 15
1.3.1	Câble à fibres optiques à double enveloppe (polyéthylène et nylon) destiné à être directement enterré 15
1.3.2	Câble à fibres optiques en canalisation 16

Recommandation UIT-T L.43

Câbles à fibres optiques pour installations enterrées

1 Domaine d'application

Après les réseaux interurbains, les câbles à fibres optiques s'étendent rapidement aux réseaux d'accès. Certains sont enterrés, soit pour des raisons d'ordre environnemental, soit pour réduire les coûts d'établissement des réseaux ou encore pour réduire les installations souterraines telles que conduites et galeries.

Pour pouvoir être enterrés sans conduites, galeries ou protection rigide, les câbles doivent offrir une bonne résistance aux conditions défavorables: certains sont ainsi dotés d'une solide armure externe, d'autres se présentent sous forme de joncs cylindriques rainurés et d'autres encore sont protégés par une gaine spéciale en plastique.

La présente Recommandation:

- concerne les câbles à fibres optiques multimodes à gradient d'indice et les câbles monomodes utilisés dans les réseaux de télécommunication, dans des installations directement enterrées;
- traite des caractéristiques mécaniques des câbles à fibres optiques concernés et de leurs réactions au milieu ambiant. Les caractéristiques dimensionnelles et de transmission des fibres optiques, de même que leurs méthodes d'essai, doivent être conformes aux Recommandations UIT-T G.651, G.652, G.653, G.654 et G.655, qui traitent respectivement des fibres optiques multimodes à gradient d'indice et des fibres optiques monomodes;
- traite des considérations fondamentales relatives aux câbles à fibres optiques du point de vue mécanique et environnemental;
- tient compte du fait que certains câbles à fibres optiques peuvent contenir des éléments métalliques, pour lesquels il y a lieu de se reporter au Manuel de l'UIT-T *Technologies des installations extérieures appliquées aux réseaux publics* (voir la Rec. UIT-T L.1) et aux autres Recommandations de la série L;
- préconise de doter les câbles à fibres optiques d'une protection d'étanchéité aux extrémités du câble pendant la livraison et le stockage, comme cela se fait pour les câbles à conducteurs métalliques. Si les éléments d'épissure ont été installés en cours de fabrication, ils doivent être protégés de façon appropriée;
- préconise d'adapter les appareils de tirage à l'extrémité du câble si nécessaire.

2 Références

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document en tant que tel le statut d'une Recommandation.

2.1 Références normatives

- [1] Recommandation UIT-T G.650.1 (2002), *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs linéaires déterministes des fibres et câbles optiques monomodes.*
- [2] Recommandation UIT-T G.650.2 (2002), *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs statistiques et non linéaires des fibres et câbles optiques monomodes.*
- [3] Recommandation UIT-T G.651 (1998), *Caractéristiques d'un câble à fibres optiques multimodes à gradient d'indice (50/125 μm).*
- [4] Recommandation UIT-T G.652 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes.*
- [5] Recommandation UIT-T G.653 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes à dispersion décalée.*
- [6] Recommandation UIT-T G.654 (2002), *Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes à longueur d'onde de coupure décalée.*
- [7] Recommandation UIT-T G.655 (2000), *Caractéristiques des câbles à fibres optiques monomodes à dispersion décalée non nulle.*
- [8] Recommandation UIT-T K.25 (2000), *Protection des câbles à fibres optiques.*
- [9] Recommandation UIT-T K.29 (1992), *Dispositions de protection coordonnée pour les câbles de télécommunication souterrains.*
- [10] Recommandation UIT-T K.47 (2000), *Protection des lignes de télécommunication à conducteurs métalliques contre les décharges directes de foudre.*
- [11] Recommandation UIT-T L.1 (1988), *Construction, installation et protection des câbles de télécommunications dans les réseaux publics.*
- [12] Recommandation UIT-T L.46 (2000), *Protection des câbles et des installations de télécommunication contre les agressions biologiques.*
- [13] CEI 60793-1-1:2002, *Fibres optiques – Partie 1-1: Méthodes de mesure et procédures d'essai – généralités et guide.*
- [14] CEI 60793-2:2001, *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produits.*
- [15] CEI 60794-1-1:2001, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-1: Spécification générique – Généralités.*
- [16] CEI 60794-1-2:1999, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-2: Spécification générique – Procédures de base applicables aux essais des câbles optiques.*
- [17] CEI 60794-3:2001, *Câbles à fibres optiques – Partie 3: Spécification intermédiaire – Câbles extérieurs.*

2.2 Références informatives

- [1] Manuel de l'UIT-T (1994), *Construction, installation, raccordement et protection des câbles à fibres optiques.*
- [2] CEI 60708-1:1981, *Câbles pour basses fréquences à isolation polyoléfine et gaine polyoléfine à barrière d'étanchéité. Première partie: Constitution générale et prescriptions.*

3 Termes et définitions

Les définitions données dans les Recommandations UIT-T G.650.1, G.650.2 et G.651 s'appliquent à la présente Recommandation.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

SZ câblage SZ (*reverse oscillating stranding*)

UV rayons ultraviolets (*ultraviolet ray*)

5 Caractéristiques des fibres optiques

5.1 Caractéristiques des fibres optiques

Il conviendrait d'utiliser les fibres optiques décrites dans les Recommandations UIT-T G.651, G.652, G.653, G.654 ou G.655.

5.1.1 Caractéristiques de transmission

Les caractéristiques types de transmission de chaque type de fibre optique sont décrites dans la Recommandation correspondante. Sauf avis contraire des utilisateurs de ces Recommandations, les valeurs indiquées sont données pour un câble à fibres optiques.

5.1.2 Microcourbure des fibres

La courbure importante d'une fibre optique faisant intervenir un déplacement axial local de quelques micromètres sur de courtes distances causé par des forces latérales localisées, qui agissent sur la longueur, est dénommée microcourbure. Ces forces peuvent être dues à des déformations mécaniques introduites aux stades de la fabrication et de l'installation, et aussi à des variations de dimensions des matériaux du câble provoquées par des changements de température en fonctionnement.

Les microcourbures peuvent causer une augmentation des pertes optiques. Pour diminuer les pertes dues aux microcourbures, il convient d'éliminer les contraintes imposées de façon aléatoire à une fibre pendant son introduction dans le câble, et aussi pendant et après l'installation du câble.

5.1.3 Macrocourbure des fibres

La macrocourbure est la courbure d'une fibre optique qui se produit après la fabrication et l'installation du câble.

La macrocourbure peut causer une augmentation des pertes optiques. Les pertes optiques sont d'autant plus fortes que le rayon de courbure est petit.

5.2 Caractéristiques mécaniques

5.2.1 Courbure

Dans les conditions dynamiques rencontrées pendant l'installation, la fibre est soumise à des déformations mécaniques causées par la tension et la courbure des câbles. Il faut choisir les éléments de renfort des câbles et le rayon de courbure à l'installation de manière à limiter ces contraintes dynamiques combinées. Si les fibres conservent un rayon de courbure après l'installation du câble, ce rayon doit être assez grand pour limiter les pertes dues aux macrocourbures, ou aux contraintes à long terme qui réduisent la durée de vie de la fibre.

5.2.2 Résistance à la traction

Le câble à fibres optiques est soumis à un effort de courte durée lors de sa fabrication et de sa pose. Il pourra s'agir d'une charge statique continue et/ou d'une charge périodique en cours de fonctionnement (par exemple variation de température). Des modifications de la tension du câble, dues aux divers facteurs auxquels ce dernier est soumis pendant sa durée de vie, peuvent provoquer le déplacement de ses éléments les uns par rapport aux autres; ce phénomène doit être pris en considération au stade de la conception du câble.

Des tractions excessives sur le câble accroissent les pertes optiques et peuvent imposer à la fibre des déformations résiduelles si le câble n'a pas la possibilité de se détendre. Pour parer à ce phénomène, il ne faut pas dépasser la traction maximale déterminée au stade de la construction du câble, notamment pour la conception du porteur.

NOTE – Lorsque les câbles supportent une charge permanente pendant la durée de leur exploitation, il est préférable que la fibre ne subisse pas de contrainte supplémentaire.

5.2.3 Ecrasement et chocs

Les câbles peuvent subir des écrasements et des chocs pendant l'installation et la durée d'exploitation.

L'écrasement et les chocs peuvent accroître les pertes optiques (de manière définitive ou pendant la durée d'application de la contrainte) et une contrainte excessive peut conduire à la fracture de la fibre.

5.2.4 Torsion

Dans les conditions dynamiques rencontrées pendant l'installation et l'exploitation, les câbles peuvent être soumis à des torsions à la suite de tension résiduelle des fibres et/ou de dommages causés à l'enveloppe. Si tel est le cas, la conception des câbles doit permettre de supporter un nombre spécifié de torsions de câble par longueur d'unité sans accroissement de l'affaiblissement de la fibre ou des dommages causés à l'enveloppe.

5.3 Conditions environnementales

5.3.1 Hydrogène

De l'hydrogène gazeux peut se dégager en présence d'humidité et de pièces métalliques. Cet hydrogène peut diffuser dans le verre à la silice et augmenter les pertes optiques. Il est recommandé de faire en sorte que la concentration de l'hydrogène dans le câble, du fait des constituants de celui-ci, soit suffisamment faible pour que les effets à long terme sur l'augmentation des pertes optiques soient acceptables. La méthode pour estimer la concentration d'hydrogène dans des câbles optiques est décrite dans la Rec. UIT-T L.27.

En ayant recours à un maintien sous pression gazeuse dynamique, en utilisant des matériaux qui absorbent l'hydrogène, en sélectionnant et en construisant avec soin (gaine avec barrière d'étanchéité) ou en éliminant les pièces métalliques, il est possible de maintenir l'augmentation des pertes optiques dans des limites acceptables.

On trouvera de plus amples informations dans l'Annexe D de la Publication 60794-1-1 de la CEI.

5.3.2 Perméabilité à l'humidité

Si l'humidité traverse l'enveloppe du câble et pénètre dans l'âme du câble, une détérioration de la résistance à la traction de la fibre se produit, et la durée de résistance avant rupture statique sera réduite. Pour assurer une durée de vie satisfaisante du câble, il faut limiter le niveau de détérioration de la fibre à long terme.

On peut utiliser divers matériaux comme barrières pour réduire la vitesse de pénétration de l'humidité. On peut, autrement, employer des techniques de remplissage de câbles sans métal.

NOTE – Au besoin, on peut obtenir une perméabilité aussi minime que possible en utilisant une feuille métallique à recouvrement longitudinal; une barrière métallique continue permet en effet d'empêcher la pénétration d'humidité.

5.3.3 Pénétration d'eau

Si la gaine du câble ou si une enveloppe de raccordement est endommagée, il peut se produire une pénétration longitudinale d'eau dans l'âme du câble ou entre les enveloppes. La pénétration d'eau a un effet similaire à celle de l'humidité. Il convient de réduire cette pénétration longitudinale à un minimum ou, si possible, de l'empêcher. Pour ce faire, on peut mettre en œuvre des techniques telles que le remplissage de l'âme du câble par un matériau approprié, la mise en place de barrières d'étanchéité ou de matériaux hydro-expansibles (par exemple, rubans, mèches, etc.), ou encore en injectant sous pression de l'air sec dans les câbles non remplis.

L'eau dans le câble peut geler et, dans certaines conditions, peut provoquer un écrasement des fibres, avec augmentation concomitante de l'affaiblissement optique et rupture éventuelle de fibres.

5.3.4 Foudre

Les câbles à fibres optiques qui contiennent des éléments métalliques comme des paires en cuivre classiques ou une enveloppe métallique sont sensibles aux effets de la foudre.

Pour empêcher les dommages dus à ces décharges ou les réduire à un minimum, il y a lieu de se reporter aux Recommandations UIT-T K.25, K.29 et K.47.

Le câble, lorsqu'il est non métallique, doit être rempli d'une matière diélectrique et protégé contre les dommages mécaniques et thermiques.

5.3.5 Dommages biotiques

Lorsqu'on décide d'enterrer des câbles, on a tout intérêt à ne pas mésestimer le risque biologique, que peuvent incarner rongeurs, champignons, termites, taupes, etc. La méthode la plus sûre est certes de choisir un trajet à l'abri de tous ces dangers, mais, en cas d'impossibilité, on aura soin de protéger les câbles en appliquant notamment les dispositions de la Rec. UIT-T L.46 *"Protection des câbles et des installations de télécommunication contre les agressions biologiques"*.

5.3.6 Vibrations

Les câbles à fibres optiques souterrains peuvent être soumis aux vibrations dues au trafic, aux chemins de fer, aux opérations de fonçage et à l'utilisation d'explosifs. Là encore, les câbles doivent pouvoir résister aux vibrations produites par ces activités, sans dégradation.

Une étude préalable soigneuse permettra d'identifier l'activité et de choisir en conséquence un trajet minimisant ce type de problème.

5.3.7 Variations de température

Au cours de leur durée de vie d'exploitation, les câbles peuvent être soumis à de grandes variations de température.

Une variation de la température produit dans les éléments du câble des changements de dimension différents, car à chaque élément correspond un coefficient d'expansion thermique différent, la différence entre les deux extrêmes pouvant atteindre les cent fois. Cette différence de comportement peut entraîner une augmentation de l'affaiblissement des fibres optiques dû au phénomène de micro ou de macrocourbure. Il faut donc tenir compte de la température du lieu où le câble est destiné à être posé et choisir le câble le mieux adapté.

5.3.8 Attaque chimique

Après l'installation, les caractéristiques de la gaine du câble peuvent se dégrader au contact d'agents chimiques de nature diverse, de sorte que la protection de l'âme du câble risque de devenir insuffisante.

Pour éviter ce problème, il convient de choisir avec soin le matériau de la gaine, en tenant compte de sa résistance dans le temps à l'action des produits chimiques. Il importe de vérifier premièrement

quel type de produit chimique peut exister sur le lieu de l'installation, et deuxièmement la capacité de résistance aux agents chimiques du matériau utilisé pour la gaine.

5.3.9 Agression mécanique

Il est difficile d'estimer le niveau d'agression mécanique qu'un câble peut subir pendant les opérations de manipulation, d'installation et de maintenance. Toutefois, il est indéniable qu'un câble enterré est moins bien protégé qu'un câble posé dans une conduite. En conséquence, il conviendrait d'adopter au moins des normes internationalement reconnues pour des essais de choc, de flexions alternées, de torsion, de compression et de courbure. Les essais spéciaux ou les conditions particulières appliqués à des tests habituels devraient être arrêtés d'entente entre les utilisateurs et les fournisseurs.

5.4 Installation et enlèvement

5.4.1 Méthode d'installation

La force de traction utilisée pour l'installation d'un câble varie d'un cas à l'autre et dépend de la procédure d'installation. La méthode d'installation doit donc être arrêtée d'un commun accord entre l'utilisateur et l'installateur.

5.4.2 Méthode d'enlèvement

Il est habituellement plus difficile de procéder à l'enlèvement, sans dommage, de câbles enterrés que de câbles posés dans des conduites. La méthode d'enlèvement doit donc être arrêtée d'un commun accord entre l'utilisateur et l'entreprise chargée de l'opération. Si le câble doit être réutilisé, il convient alors de choisir une méthode d'enlèvement adaptée de façon à réduire au minimum les dommages qui pourraient être occasionnés au câble.

6 Structure des câbles

6.1 Revêtement de fibres

6.1.1 Revêtement primaire

La fibre en silice possède une résistance mécanique intrinsèque élevée, mais cette résistance se trouve réduite par des défauts de surface. Il faut par conséquent déposer un revêtement primaire immédiatement après que la fibre a été étirée pour l'amener à sa dimension.

La fibre optique doit faire l'objet d'un essai de résistance. Pour garantir la fiabilité à long terme dans les conditions de service, on peut spécifier l'essai de résistance à la tension de la fibre en tenant compte de la déformation admissible et de la durée de vie requise.

Pour préparer les raccordements, il doit être possible d'enlever le revêtement primaire sans endommager la fibre et sans utiliser des matériaux ou des méthodes considérés comme dangereux.

Pour déterminer la composition du revêtement primaire, qui sera coloré si nécessaire, on tiendra compte des caractéristiques des équipements locaux d'injection et de détection d'énergie lumineuse associés aux méthodes de raccordement des fibres.

NOTE 1 – Le revêtement devrait être d'un diamètre nominal de 250 µm.

NOTE 2 – Les fibres sous revêtement primaire doivent faire l'objet d'un essai de résistance, sous une tension équivalant à 0,5% au moins pendant une durée de une seconde. La méthode d'essai doit être conforme à la Publication 60793-1-30 de la CEI.

NOTE 3 – Il y a lieu de procéder à un complément d'étude avant de recommander des méthodes d'essai appropriées pour l'injection et la détection locale d'énergie lumineuse.

6.1.2 Revêtement secondaire

En cas d'utilisation d'un revêtement secondaire étanche, les conditions ci-après doivent être observées:

- Le revêtement doit pouvoir être retiré facilement pour pouvoir procéder à l'épissurage des fibres.
- Le diamètre nominal doit être compris entre 800 et 900 μm , d'accord entre l'utilisateur et le fournisseur, avec une tolérance de $\pm 50 \mu\text{m}$. La non-concentricité entre la fibre et le revêtement secondaire ne doit pas excéder 75 μm , sauf accord contraire conclu entre l'utilisateur et le fournisseur.

NOTE 1 – En cas d'utilisation d'un revêtement secondaire étanche, il peut être difficile d'utiliser l'équipement d'injection et de détection locale d'énergie lumineuse qui est associé aux méthodes de raccordement de fibres.

NOTE 2 – Le couplage mécanique entre la fibre et le câble doit être étudié avec soin; en effet, à cause d'un couplage très faible, la fibre peut bouger pendant les opérations de pose, alors qu'à cause d'un couplage élevé la fibre peut être soumise à de fortes contraintes lorsque le câble est cintré.

6.1.3 Identification des fibres

Les fibres doivent pouvoir être identifiées aisément dans l'âme du câble, par leur couleur ou leur position. Si on utilise une méthode de coloration, les couleurs doivent être faciles à distinguer et résistantes, de même que la présence d'autres matériaux, pendant la durée de vie du câble.

6.1.4 Amovibilité du revêtement

Les revêtements primaires et secondaires doivent être faciles à retirer et ne doivent pas gêner les opérations d'épissurage ou d'adaptation des fibres à des connecteurs optiques.

6.2 Eléments du câble

La composition de l'âme du câble, en particulier le nombre de fibres, leur mode de protection et leur identification, l'emplacement des filins porteurs et des fils ou paires métalliques, le cas échéant, doivent être clairement définis.

6.2.1 Câbles à rubans

Câbles dans lesquels les fibres optiques sont disposées en parallèle pour former des rubans, dont il existe deux types, suivant la méthode utilisée pour unir les fibres optiques: le premier est du type collé bord à bord et le deuxième est du type encapsulé (voir les Figures 1 et 2 ci-après). Dans le premier cas, les fibres optiques sont liées les unes aux autres, bord à bord, par une colle, alors que dans le deuxième cas, elles sont noyées dans un enduit. Dans un ruban, les fibres optiques restent parallèles et ne sont pas croisées. Dans un câble, chaque ruban est identifié par sa couleur, ou par une indication spécifique. Les rubans à fibres optiques sont spécifiés dans la Publication 60794-3 de la CEI.

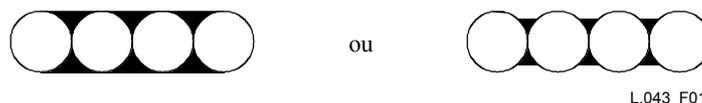


Figure 1/L.43 – Section droite d'un ruban de type bord à bord

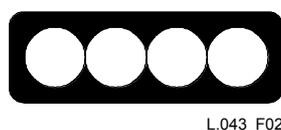


Figure 2/L.43 – Section droite d'un ruban de type encapsulé

6.2.2 Jonc rainuré

Pour éviter que les fibres optiques subissent une pression directe depuis l'extérieur du câble, les fibres optiques et/ou les rubans sont déposés dans des rainures, normalement ménagées dans une configuration hélicoïdale ou de type SZ sur un jonc cylindrique. Le jonc rainuré contient normalement un élément porteur, l'un et l'autre devant être intimement unis pour obtenir une stabilité en température et éviter toute séparation lors de l'application d'une force de traction pendant les opérations de pose. Les rainures peuvent être remplies d'un matériau d'étanchéité.

6.2.3 Tube

Une construction en tube est fréquemment utilisée pour protéger et assembler les fibres optiques et/ou les rubans. Le tube peut être lui aussi rempli d'un matériau d'étanchéité.

6.2.4 Filin porteur

Le câble doit être conçu avec des filins porteurs suffisants pour répondre aux conditions d'installation et de service, de telle façon que les fibres ne soient pas soumises à des niveaux de contrainte supérieurs à ceux qui auront été arrêtés entre le client et son fournisseur.

Le filin porteur peut être métallique ou non.

6.2.5 Matériaux hydrofuges

Le remplissage d'un câble avec un matériau hydrofuge ou le guipage de l'âme du câble de couches d'un matériau hydro-expansible constituent deux moyens de protéger les fibres contre la pénétration de l'eau. On peut utiliser un élément hydrofuge (ruban, gelée de remplissage, poudre hydro-expansible ou combinaison de matériaux de ce type). Aucun des matériaux utilisés ne doit être nocif pour le personnel. Les matériaux du câble doivent être compatibles les uns avec les autres et ne doivent, en particulier, pas avoir d'effet défavorable sur les caractéristiques de la fibre. Ils ne doivent pas gêner les opérations d'épissurage et/ou de raccordement.

6.2.6 Résistance pneumatique

Si le câble a besoin de fonctionner sous pression d'air sec, il convient de spécifier sa résistance pneumatique.

NOTE – Il est prévu qu'un câble ne peut être mis sous pression que s'il permet une circulation d'air conforme aux critères définis dans la Partie III du Manuel de l'UIT-T intitulé *Technologies des installations extérieures appliquées aux réseaux publics* (voir la Rec. UIT-T L.1).

6.3 Gaine

L'âme du câble doit être recouverte d'une gaine ou de plusieurs gaines appropriées aux conditions environnementales et mécaniques associées au magasinage, à l'installation et à l'exploitation du câble. Cette gaine peut être de construction composite et peut comporter des filins porteurs.

Les considérations relatives aux gaines pour câbles à fibres optiques sont généralement les mêmes que pour les câbles à conducteurs métalliques. Il convient également de tenir compte de la quantité d'hydrogène produite par la gaine métallique d'étanchéité. L'épaisseur minimale acceptable de la gaine doit être indiquée, ainsi que toute valeur maximale et minimale admissible de diamètre extérieur du câble.

NOTE – L'un des matériaux de gainage les plus courants est le polyéthylène (voir le § 22 de la Publication 60708-1 de la CEI). Certaines conditions pouvant cependant imposer de limiter, par exemple, les risques d'incendie; on devra alors utiliser pour les gaines des matériaux spéciaux.

6.4 Armure

Lorsqu'une résistance à la traction ou une protection supplémentaire contre des dommages externes (écrasement, chocs, rongeurs ...) est prescrite, une armure doit être prévue.

Les considérations relatives aux armures des câbles à fibres optiques sont généralement les mêmes que pour les câbles à conducteurs métalliques. Il faut cependant tenir compte de la production d'hydrogène due à la corrosion et aussi du fait que les avantages des câbles à fibres optiques, tels que la légèreté et la souplesse, seront réduits si une armure est mise en place.

L'armure des câbles sans éléments métalliques peut se composer de fils en aramide, de brins en fibre renforcée de verre ou de rubans d'assemblage, etc.

6.5 Identification du câble

Si une identification visuelle est requise pour distinguer un câble à fibres optiques d'un câble métallique, on marquera de manière visible la gaine du câble à fibres optiques; à cette fin, des techniques de marquage en relief, par flochage, en creux, par métallisation ou par impression peuvent être employées d'entente entre l'utilisateur et le fournisseur.

7 Méthodes d'essai

7.1 Méthodes d'essai des différents éléments du câble

7.1.1 Essais applicables aux fibres optiques

Le présent paragraphe évoque les méthodes d'essai destinées à vérifier l'aptitude des fibres optiques au raccordement. Les méthodes d'essai caractéristiques, tant mécaniques qu'optiques, applicables aux fibres optiques sont décrites dans les Recommandations UIT-T G.650 et G.651.

7.1.1.1 Dimensions

Pour mesurer le diamètre du revêtement secondaire, on emploiera la méthode de la Publication 60793-1-21-B de la CEI.

Pour procéder aux mesures du tube, du jonc rainuré et d'autres éléments renforcés, on emploiera la méthode des Publications 60793-1-21-B ou 60189 de la CEI.

7.1.1.2 Dénudabilité du revêtement

Pour mesurer la dénudabilité des revêtements primaires ou secondaires de la fibre, on emploiera la Publication 60793-1-32 de la CEI.

7.1.1.3 Compatibilité avec les matériaux de remplissage

Lorsque les fibres sont en contact avec un matériau de remplissage utilisé pour l'étanchéité, on doit procéder à des essais de vieillissement accéléré pour vérifier la stabilité du revêtement de la fibre et du matériau de remplissage.

La stabilité de la force de dénudage du revêtement doit être testée conformément à la méthode de la Publication 60794-1-2-E5 de la CEI.

La stabilité des dimensions et l'aptitude du revêtement à l'injection locale doivent être testées selon la méthode convenue entre l'utilisateur et son fournisseur.

7.1.2 Essais applicables aux tubes

7.1.2.1 Pliure du tube

Pour mesurer les caractéristiques de pliure du tube, on emploiera la méthode de la Publication 60794-1-2-G7 de la CEI.

7.1.3 Essais applicables aux rubans

7.1.3.1 Dimensions

Pour mesurer les dimensions des rubans, on doit recourir tour à tour à trois méthodes d'essai: la première, méthode d'essai type, sert à établir et à assurer les procédés de fabrication des rubans. L'essai type est réalisé conformément à la méthode de la Publication 60794-1-2-G2 de la CEI, méthode de mesure visuelle. Les deux autres méthodes ne sont utilisées que pour l'inspection des produits après qu'a été établi le processus de fabrication: il s'agit des méthodes (gabarit) et (comparateur) des Publications 60794-1-2-G3 et 60794-1-2-G4 de la CEI. Aux fins d'inspection, on peut également recourir à la méthode de mesure visuelle.

7.1.3.2 Séparabilité d'un ruban en fibres individuelles

Si un utilisateur et son fournisseur en sont d'accord, la séparabilité d'un ruban en ses différentes fibres peut être exigée; dans ce cas, pour garantir la fiabilité sur le long terme des fibres, il convient d'éviter:

- 1) d'altérer les caractéristiques mécaniques des fibres;
- 2) de supprimer le codage par couleur des différentes fibres.

Il est toutefois difficile d'éviter complètement l'un et l'autre risque. Néanmoins, si un utilisateur et son fournisseur en sont d'accord, la méthode d'essai de la Publication 60794-1-2-G5 de la CEI sera utilisée pour examiner la séparabilité des fibres; après accord également entre l'utilisateur et son fournisseur, il est possible d'employer d'autres méthodes d'essai spéciales.

7.2 Méthodes d'essai pour les caractéristiques mécaniques du câble

Le présent paragraphe recommande des essais et méthodes d'essai appropriés à la vérification des caractéristiques mécaniques des câbles à fibres optiques.

7.2.1 Résistance à la traction

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés.

Les mesures ont pour objet d'analyser le comportement de l'affaiblissement dans la fibre, en fonction de la charge appliquée au câble pendant l'installation.

L'essai doit être effectué conformément à la méthode de la Publication 60794-1-2-E1 de la CEI.

La valeur du découplage mécanique de la fibre et du câble peut être déterminée en mesurant l'élongation de la fibre, avec l'équipement d'essai de décalage de phase optique, en même temps que l'élongation du câble.

La présente méthode peut être non destructive si la tension appliquée se situe dans la limite des valeurs rencontrées en exploitation.

7.2.2 Courbure

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés.

Le but de cet essai est de déterminer l'aptitude d'un câble à fibres optiques à résister à des pliages autour d'une poulie, simulée par un mandrin d'essai.

L'essai doit être effectué conformément aux prescriptions de la méthode de la Publication 60794-1-2-E11 de la CEI.

7.2.3 Pliage sous tension (flexions)

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés.

Ce sujet nécessite un complément d'étude.

7.2.4 Ecrasement

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés.

L'essai doit être effectué conformément aux prescriptions de la méthode de la Publication 60794-1-2-E3 de la CEI.

7.2.5 Pincement (résistance à l'abrasion)

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés.

Cet essai doit être effectué conformément à la méthode de la Publication 60794-1-2-E2A de la CEI.

7.2.6 Torsion

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés.

L'essai doit être effectué conformément aux prescriptions de la méthode de la Publication 60794-1-2-E7 de la CEI.

7.2.7 Chocs

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés.

L'essai doit être effectué conformément aux prescriptions de la méthode de la Publication 60794-1-2-E4 de la CEI.

7.2.8 Pliure

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés.

Cet essai doit être effectué conformément à la méthode de la Publication 60794-1-2-E10 de la CEI.

7.2.9 Courbures répétées

Cet essai doit être effectué conformément à la méthode de la Publication 60794-1-2-E6 de la CEI.

7.2.10 Performance d'enroulement du câble (mise en boucle)

Cet essai doit être effectué conformément à la méthode de la Publication 60794-1-2-E20 de la CEI.

7.3 Méthodes d'essai concernant les propriétés environnementales

Le présent paragraphe spécifie les essais appropriés et les méthodes d'essai servant à vérifier les réactions des câbles à fibres optiques aux effets des agents du milieu ambiant.

7.3.1 Cycles thermiques

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales de milieu ambiant dans lesquelles ils sont installés.

L'essai par cycles thermiques a pour but de déterminer la stabilité de l'affaiblissement d'un câble en présence de variations de la température ambiante qui peuvent se produire pendant le stockage, le transport et l'exploitation.

Cet essai doit être effectué conformément à la méthode de la Publication 60794-1-2-F1 de la CEI.

7.3.2 Pénétration longitudinale de l'eau

Cet essai s'applique aux câbles extérieurs complètement remplis, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés. Le but est de contrôler que tous les interstices d'un câble sont obturés en permanence par le matériau de remplissage, afin d'empêcher que de l'eau ne pénètre dans le câble.

Cet essai doit être effectué conformément à la méthode de la Publication 60794-1-2-F5 de la CEI.

7.3.3 Barrière d'étanchéité

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés.

Cet essai s'applique aux câbles fournis avec des feuilles métalliques longitudinales en recouvrement. La pénétration de l'humidité peut être testée conformément à la méthode d'essai décrite dans la Partie I du Chapitre III du Manuel de l'UIT-T intitulé *Technologies des installations extérieures appliquées aux réseaux publics* (voir la Rec. UIT-T L.1).

7.3.4 Gel

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés.

Ce sujet nécessite un complément d'étude et fait l'objet d'un examen dans la méthode de la Publication 60794-1-2-F6 de la CEI.

7.3.5 Hydrogène

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques, quelles que soient les conditions environnementales dans lesquelles ils sont installés.

Dans le cas d'un câble ne comprenant pas d'éléments métalliques ou d'un câble muni d'une gaine d'étanchéité dont les éléments ont été choisis pour produire peu d'hydrogène par eux-mêmes ou en combinaison avec d'autres (eau, par exemple), la formation d'hydrogène à l'intérieur de l'âme du câble n'entraînera pas d'augmentation significative des pertes optiques.

Pour d'autres constructions de câbles, on voudra bien se référer à la Rec. UIT-T L.27.

7.3.6 Rayonnements nucléaires

Cette méthode d'essai permet d'évaluer la résistance des câbles à fibres optiques aux effets des rayonnements nucléaires.

Cet essai doit être effectué conformément à la méthode de la Publication 60794-1-2-F7 de la CEI.

7.3.7 Vibrations

Cette méthode d'essai a pour but d'évaluer l'opportunité d'employer des câbles à fibres optiques sur des ponts et en souterrain.

Cette question nécessite un complément d'étude.

7.3.8 Vieillessement

Cette question est à l'étude, dans le cadre du GT 3 de la CE86A de la CEI.

7.3.9 Résistance pneumatique

Si on utilise un gaz sous pression pour protéger un câble non étanche à l'eau, il faut effectuer cet essai conformément à la méthode de la Publication 60794-1-2-F8 de la CEI.

7.3.10 Foudre

Lorsqu'on utilise comme élément de câble un matériau métallique, la protection du câble contre la foudre doit inclure un essai décrit dans la Rec. UIT-T K.25, ou faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et son fournisseur.

Appendice 1

Câbles à fibres optiques enterrés: l'expérience brésilienne

1.1 Introduction

Au Brésil, pays sur le territoire duquel on constate une incidence élevée de la foudre et où les villes sont très distantes les unes des autres, l'utilisation de câbles à fibres optiques, totalement diélectrique, est une solution très intéressante et économique pour des installations souterraines de grande longueur.

1.2 Spécifications

Les spécifications de base arrêtées par l'opérateur des télécommunications sont les suivantes:

- 1) câble totalement diélectrique utilisant la technique de "tubes à structure lâche";
- 2) faible coût comparé à celle de câbles utilisant comme protection des feuillards en acier;
- 3) bonne qualité de transmission et bonnes capacités mécanique et thermique comparées à celles de câbles métalliques.

Ont fait l'objet d'une étude les performances suivantes.

1.2.1 Résistance à la traction

En ce qui concerne cette spécification, nous nous sommes efforcés de garantir que les efforts appliqués au câble pendant sa pose n'aient pas de conséquence sur la durée de vie et sur la qualité de transmission des fibres optiques.

La force de traction appliquée pour la pose du câble varie d'un cas à l'autre et dépend de la méthode d'installation. Toutefois, s'agissant d'un câble directement enterré, nous avons constaté que la force maximale ne saurait excéder 1000 N, selon la méthode manuelle (le câble étant déposé au fond d'une tranchée en pleine terre) ou mécanique (enfouissage à l'aide d'une charrue).

Il a été demandé que les éléments porteurs du câble soient pourvus d'une résistance suffisante pour supporter la force de traction appliquée lors des opérations de pose sans entraîner une augmentation de l'affaiblissement, ni des discontinuités optiques localisées ni une déformation des fibres optiques au-dessus de 0,20% en traction et de 0,05% après relâchement.

On sait que pour leur garantir une durée de vie minimale de 20 ans, avec une fiabilité supérieure à 99%, on ne doit pas soumettre les fibres optiques à des tensions supérieures à un tiers de la valeur

d'essai. Comme la norme utilisée au Brésil à l'époque du projet en question était de 0,55 GPa, soit 0,50% d'élongation, on a adopté comme valeur 0,20% d'élongation maximale de la fibre pendant la pose du câble.

La valeur de 0,05% de déformation acceptable après relâchement de la tension vise à garantir qu'après la pose le câble n'est plus soumis à aucune force. Pendant la pose, on a une friction entre le câble et le matériau avec lequel ce dernier est en contact, c'est-à-dire la terre, qui s'oppose au relâchement complet, de sorte que sur une certaine section de câble les fibres peuvent subir en permanence une certaine tension, qu'il est souhaitable de maintenir à un niveau inférieur à celui qui risque de provoquer une déformation.

1.2.2 Résistance à la pénétration d'humidité

Tout contact avec de l'eau ou de l'humidité est préjudiciable aux fibres optiques, ce contact ayant des conséquences sur leur durée de vie et leur qualité de transmission. Le câble doit donc être pourvu d'une protection contre la pénétration d'eau ou d'humidité de sorte que, si la gaine vient à subir des dégâts ou à se fendre, l'eau ne puisse toucher ni l'âme du câble, ni les fibres optiques.

Il a en conséquence été prescrit que l'intérieur du câble soit complètement rempli d'une gelée faisant office de barrière d'étanchéité; le produit doit être sans odeur, non toxique et ne pas présenter de danger pour la peau, afin d'éviter tout accident pendant la manutention des câbles. Il doit par ailleurs pouvoir être retiré facilement et être incolore pour ne pas gêner les opérations de pose et de maintenance du câble.

1.2.3 Résistance à l'abrasion

Compte tenu des méthodes de pose mentionnées, le câble sera soumis à une abrasion considérable.

L'abrasion s'exercera sur l'enveloppe externe, dont elle peut réduire l'épaisseur et donc la capacité de protection.

Il a été prescrit qu'au terme d'un essai d'abrasion la réduction du diamètre du câble ne soit pas supérieure à un millimètre.

1.2.4 Résistance aux agents chimiques

Après la pose, le câble peut être en contact avec des agents chimiques qui peuvent entraîner une dégradation de son revêtement et réduire la protection de son âme.

Pour éviter ce problème, il a été exigé que les caractéristiques du matériau de l'enveloppe ne soient pas altérées au-delà d'une certaine limite après contact direct avec de l'eau, des solutions acides (pH = 1), des solutions basiques (pH = 13) ou de l'essence (mélange normalisé de 70% d'iso-octane et de 30% de toluène).

1.2.5 Résistance aux variations de température

Pendant toute la durée de leur vie les câbles seront soumis à des changements de température.

Une même variation thermique entraîne des changements de dimension différents des divers éléments du câble, dont les coefficients d'expansion thermique ne sont pas identiques, l'écart entre les extrêmes pouvant être de cent. Ces différences de comportement peuvent entraîner une augmentation de l'affaiblissement des fibres optiques à cause de phénomènes de micro ou de macrocourbures.

La plage thermique (de -20° à $+65^{\circ}$ C) qui était spécifiquement prescrite vise à évaluer l'évolution de l'affaiblissement des fibres optiques lorsque le câble est exposé à des valeurs extrêmes de température ambiante, qu'on peut constater dans les différentes régions du Brésil. On peut éprouver la conception du câble, les procédés de production et la qualité des matériaux en soumettant le câble complet à un essai thermique.

1.2.6 Résistance à des agressions biologiques

Comme le câble est en contact direct avec le sol, on a considéré comme indispensable que les matériaux retenus pour l'enveloppe assurent une protection suffisante contre les agressions biologiques (champignons ou termites par exemple).

Aussi a-t-il été prescrit que les matériaux en question ne montrent pas, lorsqu'ils sont soumis à un essai de résistance à l'attaque de champignons, une détérioration excessive de leurs caractéristiques mécaniques.

Pour le protéger le câble contre les termites, on a prescrit que le câble soit pourvu d'une couche en polyamide 12 qui, c'est bien connu, réduit l'incidence des dégâts causés aux câbles par ces insectes; cette couche est extrudée entre les enveloppes en polyéthylène interne et externe, ou déposée sur l'enveloppe extérieure dans le cas d'un câble en canalisation.

1.2.7 Résistance aux agressions mécaniques

Comme il est impossible de prévoir le niveau exact d'agression mécanique que peut subir un câble pendant les opérations de manutention, de pose et de maintenance, nous avons recouru à des normes d'essai internationalement reconnues notamment dans les domaines suivants: chocs, flexions alternées, torsion, compression et courbure.

1.2.8 Enlèvement et réinstallation d'un câble

Dans le cas d'une pose en canalisation, il est souhaitable que le câble à fibres optiques à l'intérieur de la canalisation qui lui sert de protection (voir la Figure I.2) puisse être aisément enlevé, en cas de problème, pour être remplacé.

Il existe une méthode d'essai spécifique pour déterminer le coefficient de friction d'un câble à fibres optiques installé dans une canalisation souterraine.

I.3 Etude et construction des produits

Au Brésil on utilise deux types différents de câbles à fibres optiques destinés à une installation sous terre.

I.3.1 Câble à fibres optiques à double enveloppe (polyéthylène et nylon) destiné à être directement enterré

Comme le montre la Figure I.1, ce câble peut comprendre de 2 à 72 fibres optiques, regroupées par 2 ou par 6 à l'intérieur de tubes à structure lâche, remplis de gelée; ces tubes sont disposés en hélice autour d'un élément porteur central diélectrique et les espaces entre eux sont complètement remplis d'une gelée. Tout autour on applique, pour finir de constituer l'âme du câble, une première couche de polyéthylène, qui constitue l'enveloppe interne. Pour protéger le câble contre les termites, on extrude ensuite une gaine spéciale de polyamide 12 directement sur l'enveloppe interne. Enfin, pour protéger complètement l'âme du câble, on extrude sur cette gaine une enveloppe externe de polyéthylène.

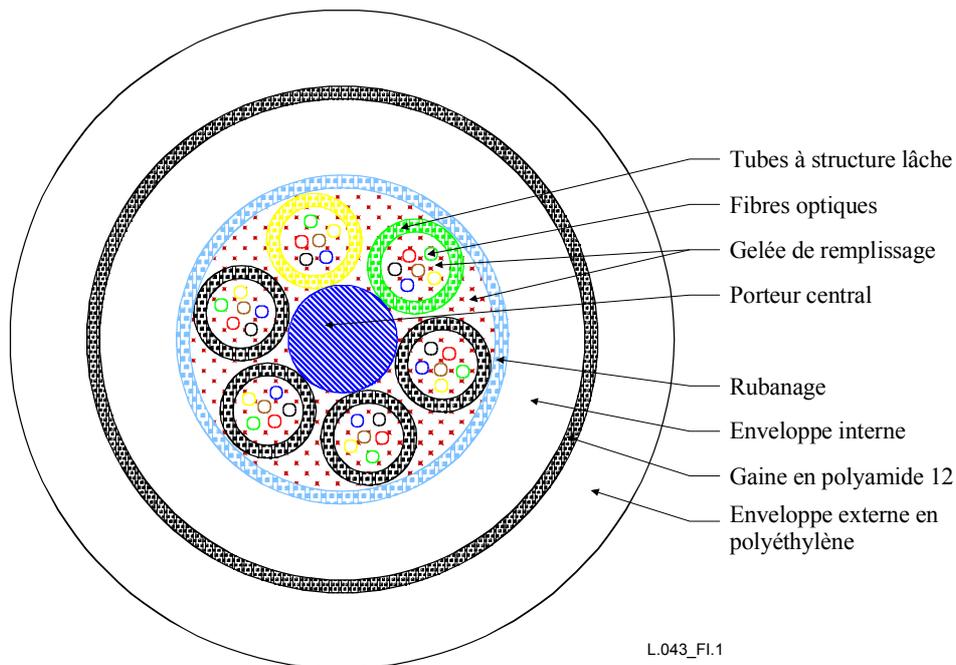


Figure I.1/L.43 – Câble de 36 fibres optiques à double enveloppe (polyéthylène et nylon) pour installations enterrées

I.3.2 Câble à fibres optiques en canalisation

Comme le montre la Figure I.2, ce câble peut comprendre de 2 à 72 fibres optiques, regroupées par 2 ou par 6 à l'intérieur de tubes à structure lâche, remplis de gelée; ces tubes sont disposés en hélice autour d'un élément porteur central diélectrique et les espaces entre eux sont complètement remplis d'une gelée. Tout autour on applique, pour finir de constituer l'âme du câble, un feuillard de guipage non hygrosopique ou un rubanage d'étanchéité.

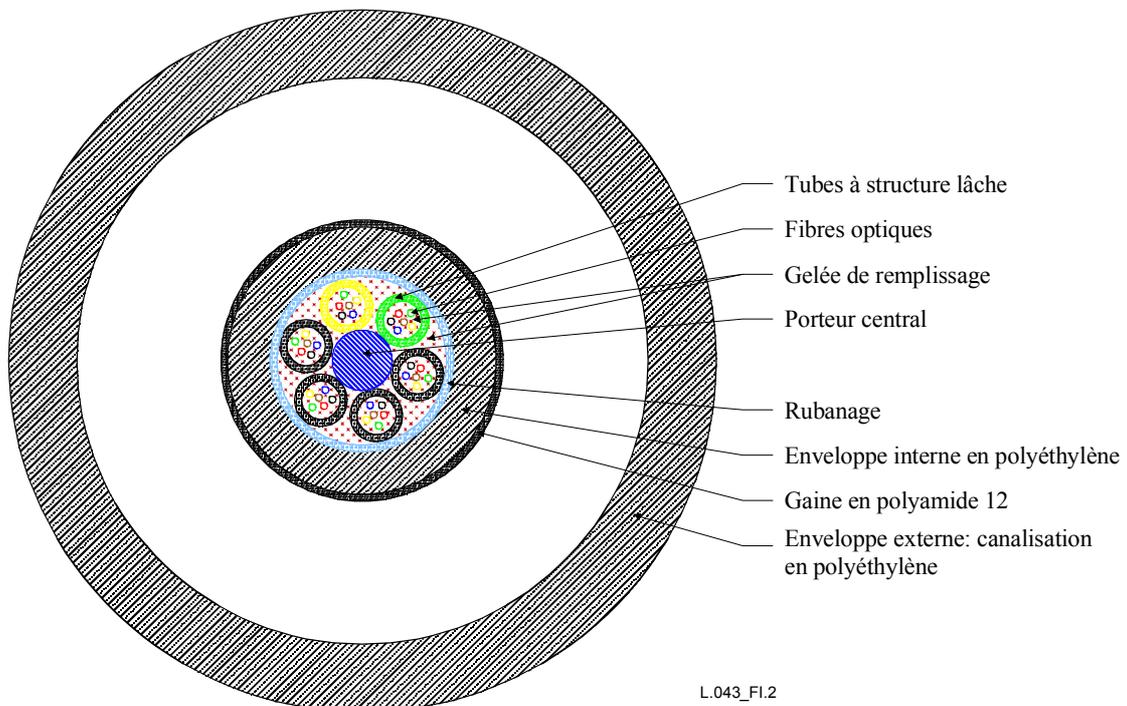


Figure I.2/L.43 – Coupe droite d'un câble de 36 fibres optiques pour installation souterraine protégée en canalisations

Une couche spéciale de fils en aramide est ensuite appliquée sur le feillard afin de conférer au câble la résistance nécessaire à la traction.

Après on extrude sur les fils en aramide une première couche de polyéthylène pour constituer l'enveloppe interne, puis pour protéger le câble contre les termites, une gaine spéciale de polyamide 12 directement sur l'enveloppe interne.

Enfin, pour le protéger encore plus on dispose le câble à l'intérieur d'une canalisation en polyéthylène, dont la section interne doit être suffisante pour permettre l'enlèvement et la réinstallation d'un câble à fibres optiques.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication



* 2 3 4 2 3 *

Imprimé en Suisse
Genève, 2003