

Remplacée par une version plus récente



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

CCITT

L.12

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

(07/92)

**CONSTRUCTION, INSTALLATION ET PROTECTION
DES CÂBLES ET AUTRES ÉLÉMENTS
D'INSTALLATIONS EXTÉRIEURES**

ÉPISSURAGE DES FIBRES OPTIQUES

Recommandation L.12

Remplacée par une version plus récente



Genève, 1992

Remplacée par une version plus récente

AVANT-PROPOS

Le CCITT (Comité consultatif international télégraphique et téléphonique) est un organe permanent de l'Union internationale des télécommunications (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 plénière du CCITT, qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études et approuve les Recommandations rédigées par ses Commissions d'études. Entre les Assemblées plénières, l'approbation des Recommandations par les membres du CCITT s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 2 du CCITT (Melbourne, 1988).

La Recommandation L.12, que l'on doit à la Commission d'études VI, a été approuvée le 31 juillet 1992 selon la procédure définie dans la Résolution n° 2.

NOTE DU CCITT

Dans cette Recommandation, l'expression «Administration» est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une Administration de télécommunications qu'une exploitation privée reconnue de télécommunications.

© UIT 1992

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Remplacée par une version plus récente

Recommandation L.12

ÉPISSURAGE DES FIBRES OPTIQUES^{1), 2)}

Introduction

Les câbles à fibres optiques, désormais courants dans les télécommunications pour les liaisons interurbaines et sous-marines ainsi que dans les liaisons de transport, sont aujourd'hui de plus en plus utilisés dans les sections d'immeuble ou d'abonné. Compte tenu de la diversité des environnements (câbles aériens, enterrés, sous conduite, en galerie, sur façades), les câbles à fibres optiques sont exposés aux mêmes risques que leurs homologues en cuivre. Pour les systèmes en câble à fibres optiques, la qualité de la transmission et les coûts de maintenance dépendent largement de la qualité des épissures. Ainsi, l'affaiblissement occasionné par une épissure peut correspondre à l'affaiblissement d'insertion d'une section de fibre d'une longueur de 500 à 1000 mètres.

La présente Recommandation porte sur les caractéristiques optiques et mécaniques des épissures de fibres optiques et sur leurs conditions ambiantes; elle spécifie également les méthodes d'essai associées. D'autres informations sont données dans le Manuel du CCITT «Construction, installation, raccordement et protection des câbles à fibres optiques».

1 Champ d'application

La présente Recommandation:

- porte sur l'épissurage des câbles de télécommunication à fibres optiques utilisés dans des installations aériennes, enterrées, immergées¹⁾, en galerie ou sous conduite;
- traite des différents facteurs de pertes relatifs aux épissures de fibres optiques monomodes ou multimodes à gradient d'indice;
- traite des caractéristiques optiques et physiques des épissures de fibres optiques;
- tient compte des deux techniques d'épissurage de base (par fusion, par raccord mécanique) et de leurs nombreuses variantes;
- préconise les méthodes d'essai associées.

2 Caractéristiques des épissures de fibres optiques

2.1 *Caractéristiques des pertes optiques*

2.1.1 *Considérations générales*

Tant pour les fibres multimodes à gradient d'indice que pour les fibres monomodes, on distingue les pertes extrinsèques et les pertes intrinsèques. Les premières sont propres à la technique d'épissurage utilisée et dues, entre autres paramètres, au décentrement transversal des cœurs des fibres, à l'écartement des extrémités, à l'inclinaison axiale et à la qualité des extrémités de fibres. Les secondes sont liées aux caractéristiques des fibres et sont dues à des différences de diamètre des cœurs et des gaines des fibres optiques, à des différences de circularité et de concentricité des diamètres de champ de mode, à des différences de longueur d'onde de coupure dans le cas des fibres monomodes et à des différences d'ouverture numérique (NA) (*numerical aperture*) dans le cas des fibres multimodes.

¹⁾ La présente Recommandation ne couvre pas l'épissurage sur câbles sous-marins.

²⁾ Dans la version anglaise de la présente Recommandation, l'expression «fibre joint» correspond à l'expression «fibre splice» utilisée dans la documentation de la CEI.

Remplacée par une version plus récente

2.1.2 *Fibres multimodes*

Pertes extrinsèques: pour les épissures des fibres multimodes, elles dépendent plus de faibles valeurs de décentrement transversal et d'inclinaison axiale que de l'écartement entre les extrémités. Ainsi, un décentrement transversal de 0,14 rayon du cœur ou une inclinaison axiale de 1° introduisent une perte voisine de 0,25 dB, tandis que pour un écartement entre extrémités d'un rayon de cœur, la perte n'est que de 0,14 dB environ.

Pertes intrinsèques: dans le cas d'épissures de fibres multimodes à gradient d'indice, elles sont plus sensibles aux discordances des diamètres de cœur et des ouvertures numériques qu'aux différences de paramètre de profil, de circularité du cœur ou de concentricité.

2.1.3 *Fibres monomodes*

Le diamètre du champ de mode des fibres monomodes, qui est le diamètre du faisceau lumineux transmis, est égal au diamètre du cœur des fibres à gradient d'indice (voir la définition exacte dans la Recommandation G.652). Les épissures des fibres monomodes sont encore plus sensibles en valeur absolue au diamètre du champ de mode que les épissures des fibres multimodes. Cela tient au diamètre beaucoup plus petit du champ de mode. Ainsi, un décentrement transversal de 1,2 µm engendrera une perte de l'ordre de 0,3 dB pour des fibres conformes à la Recommandation G.652 ayant un diamètre de champ de mode compris entre 8 et 10 µm. Pour les fibres monomodes, le décentrement transversal tient aux différences de diamètre des fibres et aux différences d'excentricité des cœurs. Aux faibles valeurs d'inclinaison axiale, les caractéristiques de perte des épissures des fibres monomodes et des fibres multimodes sont analogues; en revanche, les fibres monomodes sont moins sensibles aux petites différences de diamètre des champs de mode ($\leq 10\%$).

2.2 *Caractéristiques physiques des épissures de fibres optiques*

2.2.1 *Techniques d'épissurage*

Il existe deux techniques d'épissurage de base:

- 1) *par fusion des fibres préalignées* – l'alignement du cœur ou des gaines peut être assuré par l'appareil d'épissurage. L'alignement du cœur assure les pertes les plus faibles des fibres monomodes. On améliore la tenue mécanique de l'épissure en la dotant d'une éclisse qui protège aussi la partie de fibre dénudée contre les effets du milieu ambiant;
- 2) *par raccordement mécanique* – l'alignement des fibres est assuré par les éléments mécaniques du raccord, et le maintien par une fixation mécanique ou par un adhésif. On peut parfaire le positionnement des fibres et obtenir ainsi la plus faible perte d'épissurage par détection d'un rayon lumineux injecté localement ou à l'extrémité distante.

Ces deux techniques de base ont de nombreuses variantes qui leur confèrent des caractéristiques et des propriétés différentes. Le choix de la technique et des caractéristiques dépend du compromis recherché pour l'installation concernée. On peut regrouper les caractéristiques et propriétés sous trois rubriques comme suit:

- 1) caractéristiques de conception:
 - a) épissure monofibre ou multifibre,
 - b) intégrité du raccord,
 - c) valeurs de la perte d'épissurage et de l'affaiblissement d'adaptation,
 - d) compacité,
 - e) complexité de la technique,
 - f) universalité de l'installation,
 - g) outillage nécessaire;
- 2) propriétés topiques:
 - a) stabilité de la perte d'épissurage et affaiblissement d'adaptation,
 - b) robustesse mécanique,
 - c) stabilité aux conditions ambiantes;

Remplacée par une version plus récente

- 3) considérations économiques:
 - a) nature et coût de l'outillage nécessaire,
 - b) coût de la main-d'œuvre d'installation,
 - c) coût des matériaux d'épissurage,
 - d) coût de la formation initiale et du recyclage nécessaire.

3 Epissurage par fusion

3.1 *Procédé*

Des équipements de fusion à arc électrique permettent de réaliser sur le terrain des épissures fiables tant sur les fibres monomodes que multimodes. Cette technique s'applique aussi bien aux raccordements monofibres que multifibres.

Les extrémités des fibres sont traitées par préfusion à l'arc, mises en contact puis soudées par fusion. Pendant la fusion, les fibres sont poussées l'une vers l'autre pour éviter la formation d'étranglements au point de raccordement. Ces opérations sont contrôlées par l'appareil d'épissurage. Puis, pour s'assurer de la bonne tenue de l'épissure dans le temps, on peut vérifier sa résistance mécanique. Le dispositif correspondant peut être intégré dans l'appareil d'épissurage par fusion et cet essai peut faire partie de la procédure normale de raccordement.

Le point de fusion du verre est une caractéristique importante pour l'épissurage par fusion. Il peut s'avérer nécessaire d'adapter le cycle de fusion (durée et intensité du courant de préfusion et de fusion) au type de fibre. De plus, il peut être difficile d'épissurer par fusion des fibres dont les points de fusion sont très différents.

3.2 *Raccords monofibres*

3.2.1 *Préparation des fibres*

On dénude totalement les extrémités des fibres sur une longueur dépendant de l'appareil d'épissurage utilisé. Les revêtements peuvent être ôtés chimiquement ou, de préférence, mécaniquement pour la sécurité de l'opérateur. Les outils ne doivent pas rayer les fibres car de telles rayures peuvent altérer considérablement leur résistance mécanique.

Les extrémités dénudées des fibres sont sectionnées proprement et perpendiculairement à leur axe avec une tolérance maximale de 1°; les surfaces des extrémités doivent être de qualité spéculaire et ne comporter ni éclats ni entailles. Il existe sur le marché des outils de sectionnement (cochage et coupure) pour fibre qui permettent de respecter cette tolérance d'angle de coupe. Les outils de sectionnement des fibres doivent avoir les caractéristiques suivantes:

- 1) réglage précis de la pression de la lame sur la surface de la fibre afin d'amorcer une fêlure de dimension appropriée;
- 2) possibilité de s'assurer du contact de la lame de l'outil avec la fibre;
- 3) réglage de la longueur de la partie dénudée de la fibre coupée; et
- 4) réglage de la tension axiale de la fibre.

Il est préférable que les outils soient faciles à utiliser et permettent le raccordement en une seule opération.

3.2.2 *Alignement des fibres*

Les fibres sont placées dans les rainures en V d'un micropositionneur à trois axes x-y-z. Dans les équipements simplifiés, les surfaces de référence (surfaces cylindriques extérieures) des extrémités dénudées des fibres sont alignées dans des rainures en V à l'aide d'un système à miroirs, qui permet de visualiser deux directions orthogonales. On obtient ainsi un alignement satisfaisant pour les raccordements multimodes à faible perte, mais les raccordements monomodes à faible perte peuvent nécessiter un équipement plus complexe pour compenser les erreurs de concentricité entre le cœur et la gaine de la fibre.

Remplacée par une version plus récente

Il peut arriver qu'en raison des propriétés intrinsèques des fibres, les cœurs ou les diamètres du champ de mode ne soient pas parfaitement alignés alors que les surfaces de référence le sont, la perte d'épissurage étant de ce fait supérieure à la valeur minimale. Il est possible de réduire cette perte en utilisant l'alignement dynamique des cœurs des fibres, l'appareil optimisant automatiquement la lumière transmise par le raccord et minimisant par conséquent les pertes d'épissurage. Cette optimisation peut être contrôlée par un microprocesseur. Il est en outre souhaitable que l'appareil fournisse une estimation de la perte d'épissurage.

Au cours du processus de fusion, la tension de surface et les propriétés intrinsèques des fibres peuvent fausser l'alignement des cœurs des fibres et donc augmenter les pertes d'épissurage. La réduction de la longueur de la fibre non fixée dans la zone de fusion peut permettre de limiter ce phénomène. Il existe également des systèmes à compensation qui permettent d'ajuster les paramètres de fusion et le positionnement des fibres pour réduire le défaut d'alignement des cœurs.

3.2.3 *Protection des épissures*

L'épissurage par fusion nécessite de revêtir à nouveau la fibre dénudée pour la protéger des conditions ambiantes, lui assurer une protection mécanique et augmenter la résistance à la tension de la fibre nue. En dotant l'épissure obtenue par fusion d'une éclisse et d'un manchon thermorétractable adhésif, on améliore sa tenue mécanique et on la protège contre l'humidité. Une autre possibilité est de noyer l'épissure dans un adhésif entre deux plaques planes rigides parallèles ou dans un petit boîtier.

3.3 *Epissures multifibres*

On peut effectuer l'épissurage de fibres multiples (y compris les fibres en ruban) en utilisant un appareil de fusion faisant appel aux mêmes principes que ses homologues monofibres décrits ci-dessus. Il faut en outre contrôler les deux paramètres essentiels suivants:

- 1) supprimer les disparités de positions entre les extrémités de fibres grâce à des pinces de maintien appropriées;
- 2) assurer une même température de fusion pour toutes les fibres.

L'appareil d'épissurage adapte la température de fusion à chaque fibre, en excentrant par exemple les fibres à une distance donnée de l'axe des électrodes.

Les appareils permettent également, au moyen d'un adaptateur, de réaliser des raccordements monofibres.

3.3.1 *Préparation des fibres*

Toutes les fibres sont dénudées et sectionnées simultanément pour assurer le parfait alignement des extrémités des fibres. Suivant les caractéristiques du revêtement, les gaines optiques peuvent être ôtées chimiquement par solvant ou mécaniquement à l'aide d'outils chauffants.

3.3.2 *Alignement des fibres*

Les fibres multiples sont alignées dans des rainures en V. On peut utiliser des systèmes optiques pour limiter les disparités d'alignement et s'assurer de la qualité de la coupe. L'appareil de fusion peut mesurer ces paramètres et les comparer avec les tolérances imposées. Aussi longtemps que ces tolérances ne sont pas respectées, la fusion n'est pas déclenchée.

3.3.3 *Protection des épissures*

La protection des épissures multifibres est réalisée selon les mêmes principes que ceux exposés au § 3.2.3 pour les épissures monofibres.

4 **Epissures mécaniques**

Il existe plusieurs types de raccords mécaniques de fibres, qui supposent tous:

- 1) une surface d'appui permettant l'alignement des extrémités des fibres correspondantes;
- 2) un dispositif de maintien en alignement des fibres; et
- 3) un matériau adaptateur d'indice (gel, graisse, colle, etc.) placé entre les extrémités des fibres.

Remplacée par une version plus récente

Certains raccords mécaniques peuvent être réouverts, ce qui procure une certaine souplesse dans les opérations de reconfiguration du câble.

Il existe des raccords mécaniques monofibres et multifibres. Certains modèles peuvent être montés en usine aux extrémités des fibres d'un câble pour accélérer les opérations de raccordement sur le terrain.

Afin de réduire les réflexions de Fresnel, on place entre les extrémités des fibres à coupler un matériau d'adaptation optique choisi pour sa correspondance avec les propriétés optiques du verre. Les matériaux couramment utilisés sont les gels de silicone, les adhésifs durcis aux ultra-violets, les résines époxydes et les graisses optiques.

4.1 *Raccords collés*

Les raccords collés sont une sous-catégorie des raccords mécaniques et font donc appel aux mêmes techniques d'alignement. Les extrémités des fibres sont aboutées dans une colle qui doit:

- 1) être adaptée à l'indice de réfraction des fibres;
- 2) maintenir définitivement les fibres en position alignée;
- 3) assurer le report des contraintes et le maintien des épissures;
- 4) protéger le raccord contre les effets des conditions ambiantes;
- 5) offrir une résistance à la tension axiale; et
- 6) être constituée par une résine parfaitement durcie.

4.2 *Préparation des fibres*

Il faut dénuder l'extrémité des fibres comme indiqué dans le § 3.2.1.

Selon le type de raccord mécanique choisi, il peut être nécessaire de tailler les extrémités des fibres comme indiqué au § 3.2.1.

Lorsque l'extrémité d'une fibre est collée dans un embout, il faut polir l'ensemble pour obtenir une surface commune. Les réflexions de Fresnel des extrémités polies dépendent du fini des surfaces et du matériau d'adaptation dans lequel sont noyées les extrémités des fibres. On obtient la réflexion la plus faible possible en taillant l'extrémité de l'embout et de la fibre en biseau. Ainsi, on a constaté que les Administrations utilisent un angle de 5 à 10°.

Dans une épissure mécanique, qui raccorde des fibres sectionnées qui sont dénudées, il est possible de couper les extrémités des fibres dans un angle compris entre 5 et 10° pour également réduire sensiblement les réflexions.

Il est possible de polir les extrémités des fibres d'un ruban ou d'un raccord multifibre et de les biseauter pour réduire les réflexions.

4.3 *Alignement des fibres*

On utilise des rainures en v, des rainures en v associées à une surface plane rigide, ou des rainures en v triangulaires souples pour aligner les raccords mécaniques. Les rainures en v peuvent être droites, incurvées, ou résulter du formage du matériau (métal, etc.) lors de la confection du raccord.

On utilise des supports à plusieurs rainures pour les raccords à fibres multiples. Un raccord peut être constitué par la superposition de plusieurs supports. Chaque raccord reçoit autant de fibres qu'en comporte une sous-unité du câble. Les supports doivent présenter d'excellentes caractéristiques géométriques, de stabilité aux conditions ambiantes, et de stabilité dans le temps.

Les fibres peuvent être collées sur un accessoire d'alignement et de maintien, un embout par exemple qui, inséré dans un manchon, permet l'alignement dynamique de fibres. L'injection locale et la détection (LID) (*local injection and detection*) de lumière dans l'épissure permet de minimiser la perte d'épissurage.

Il est possible d'utiliser des composants préalignés pour réduire les pertes d'épissurage sans recourir aux techniques d'alignement dynamique.

Remplacée par une version plus récente

4.4 *Protection des raccords*

La protection mécanique des raccords est généralement assurée par un boîtier fermé. Les matériaux d'adaptation d'indice utilisés dans le raccord peuvent également le protéger de l'humidité.

5 **Méthodes d'essai**

5.1 *Méthodes d'essais mécaniques*

Le présent paragraphe traite des essais et des méthodes d'essai à utiliser pour contrôler les caractéristiques mécaniques des épissures de fibres optiques.

Remarque – Tout au long du présent paragraphe, on se référera à la première édition (1990) de la Publication 1073-1 de la CEI, «Spécification générique pour l'épissurage des fibres et des câbles optiques».

5.1.1 *Résistance à la traction*

Cet essai porte sur des épissures de fibres terminées et permet de mesurer leur résistance mécanique dans des conditions normales d'utilisation.

L'essai est effectué conformément aux dispositions de la Publication 1073-1 de la CEI. La résistance à la traction doit être en général ≥ 5 N.

5.1.2 *Charge statique*

Ce test s'effectue sur des épissures de fibres terminées; il consiste à mesurer leur résistance mécanique lorsqu'elles sont soumises en permanence à une faible force de traction.

La méthode d'essai est à l'étude.

5.2 *Méthodes d'essais d'environnement*

5.2.1 *Changements de température*

Cet essai est effectué sur des épissures de fibres terminées; il vise à déterminer la compatibilité des matériaux et la stabilité thermique de l'épissure.

L'essai est effectué conformément aux dispositions de la Publication 1073-1 de la CEI. En général, l'accroissement de la perte d'insertion pendant les cycles de variation de température devra être $\leq 0,1$ dB et l'accroissement résiduel de la perte d'insertion $\leq 0,05$ dB.

5.2.2 *Chaleur humide (essai continu)*

Le présent essai s'applique à des épissures terminées; il s'agit d'un essai accéléré permettant de mesurer la stabilité des caractéristiques des épissures en présence d'humidité.

L'essai est effectué conformément aux dispositions de la Publication 1073-1 de la CEI. En général, l'accroissement résiduel de l'affaiblissement d'insertion devra être $\leq 0,05$ dB.

5.2.3 *Température de stockage*

Ce test s'applique aux composants utilisés pour les épissures mécaniques et mesure leur stabilité thermique et leur durée de vie en stockage.

Ce sujet appelle un complément d'étude.

5.2.4 *Vibrations*

Cet essai s'applique aux épissures terminées et permet de mesurer la résistance mécanique du raccord et la qualité du signal transmis.

L'essai est effectué conformément aux dispositions de la Publication 1073-1 de la CEI. Typiquement l'accroissement de l'affaiblissement pendant les vibrations devra être $\leq 0,1$ dB et l'accroissement résiduel de l'affaiblissement devra être $\leq 0,05$ dB.

Remplacée par une version plus récente

5.3 *Méthodes d'essai optiques*

5.3.1 *Perte d'insertion*

Cet essai s'applique à des épissures terminées; il s'agit d'une mesure de la qualité du raccord.

L'essai se déroule conformément aux dispositions de la Publication 1073-1 de la CEI. Les mesures peuvent être effectuées en laboratoire ou sur le terrain. On préfère employer la méthode de la fibre coupée en laboratoire, et les méthodes de réflectométrie optique bidirectionnelle dans le domaine temporel (OTRD) (*optical time domain reflectometry*) sur le terrain. Les valeurs types peuvent varier en fonction de l'application et de la méthode utilisée. Les valeurs types des pertes d'insertion les plus faibles sont $\leq 0,1$ dB. Pour certaines applications, on tolère des affaiblissements d'insertion types $\leq 0,5$ dB.

En outre, un certain nombre d'appareils d'épissurage par fusion et d'épissurage mécanique permettent d'évaluer la perte d'insertion au moment de la réalisation de l'épissure. Certaines Administrations et exploitations privées utilisent ces évaluations pendant les travaux de raccordement sur le terrain puis effectuent parfois des mesures globales par réflectométrie optique sur toute l'artère une fois celle-ci en place. D'autres moyens permettent aussi d'évaluer la perte d'épissurage sur le terrain, tels que l'utilisation d'un appareil de mesure de puissance à pince «crocodile» ou de la méthode d'injection et de détection locales.

5.3.2 *Affaiblissement d'adaptation*

Cet essai s'applique aux épissures terminées. Il consiste à mesurer la qualité du raccord. Plusieurs types de systèmes de transmission peuvent être sensibles aux phénomènes de réflexion par le raccord.

L'essai se déroule conformément aux dispositions de la Publication 1073-1 de la CEI; on retient une valeur de 30 dB ou plus en dessous de la puissance du signal transmis, selon le système.

5.3.3 *Diaphonie*

Cet essai s'applique à des épissures terminées; il s'agit d'une mesure de l'intégrité du signal.

L'essai se déroule conformément aux dispositions de la Publication 1073-1 de la CEI. Les valeurs types sont de 60 dB ou plus.

5.3.4 *Affaiblissement spectral*

Cet essai s'applique à des raccords de fibres terminés; les résultats permettent de savoir s'il est possible d'améliorer les caractéristiques de transmission du support.

L'essai se déroule conformément aux dispositions de la Publication 1073-1 de la CEI. On peut adopter par exemple une variation de l'affaiblissement inférieure ou égale à 0,1 dB sur la plage de longueurs d'ondes 1200 à 1600 nm.