

NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
794-3

Première édition
First edition
1994-08

Câbles à fibres optiques –

Partie 3:

Câbles de télécommunication –
Spécification intermédiaire

Optical fibre cables –

Part 3:

Telecommunication cables –
Sectional specification



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 794-3: 1994

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
794-3

Première édition
First edition
1994-08

Câbles à fibres optiques –
Partie 3:
Câbles de télécommunication –
Spécification intermédiaire

Optical fibre cables –
Part 3:
Telecommunication cables –
Sectional specification

IECNORM.COM : Click to view the full PDF file 794-3:994

© CEI 1994 Droits de reproduction réservés — Copyright – all rights reserved

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.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Références normatives	6
3 Symboles	8
4 Fibre optique	8
4.1 Généralités	8
4.2 Affaiblissement	8
4.2.1 Affaiblissement linéique	8
4.2.2 Uniformité d'affaiblissement	8
4.3 Longueur d'onde de coupure	8
4.4 Coloration des fibres	8
5 Elément de câble	10
5.1 Revêtement secondaire serré ou revêtement protecteur	10
5.2 Fibre renforcée	10
5.3 Jonc rainuré	10
5.4 Tube à structure lâche	12
5.5 Ruban	12
6 Construction d'un câble à fibres optiques	12
6.1 Généralités	12
6.2 Assemblage des éléments de câble	14
6.3 Remplissage de l'âme du câble	14
6.4 Renfort de traction	16
6.5 Barrière contre l'humidité	16
6.6 Gaine de câble et armure	16
6.6.1 Gaine intérieure	16
6.6.2 Armure	18
6.6.3 Gaine extérieure	18
6.7 Marquage de la gaine	18
7 Conditions d'installation et de fonctionnement	20
7.1 Généralités	20
7.2 Caractérisation des éléments de câble pour leur aptitude au raccordement	20
7.2.1 Essais pour toutes applications	20
7.2.2 Essais applicables aux tubes à structure lâche	22
7.2.3 Essais applicables aux rubans	22
8 Essais sur les câbles à fibres optiques	30
9 Assurance de la qualité	36
Figures	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Symbols	9
4 Optical fibre	9
4.1 General	9
4.2 Attenuation	9
4.2.1 Attenuation coefficient	9
4.2.2 Attenuation uniformity	9
4.3 Cut-off wavelength	9
4.4 Fibre colouring	9
5 Cable element	11
5.1 Tight secondary coating or buffer	11
5.2 Ruggedised fibre	11
5.3 Slotted core	11
5.4 Loose tube	13
5.5 Ribbon	13
6 Optical fibre cable construction	13
6.1 General	13
6.2 Lay-up of the cable elements	15
6.3 Cable core filling	15
6.4 Strength member	17
6.5 Moisture barrier	17
6.6 Cable sheath and armouring	17
6.6.1 Inner sheath	17
6.6.2 Armouring	19
6.6.3 Outer sheath	19
6.7 Sheath marking	19
7 Installation and operating conditions	21
7.1 General	21
7.2 Characterization of cable elements for splicing purpose	21
7.2.1 General purpose tests	21
7.2.2 Tests applicable to loose tubes	23
7.2.3 Tests applicable to ribbons	23
8 Optical fibre cable tests	31
9 Quality assurance	37
Figures	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 3: Câbles de télécommunication –
Spécification intermédiaire

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 794-3 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette norme est fondée sur le document prEN 187100. Elle a été élaborée par le groupe du travail 28 du CECC (CENELEC): Fibres optiques et câbles à fibres optiques, et soumise aux Comités nationaux pour vote parallèle selon la procédure par voie express à partir des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
86A(BC)170	86A(BC)171

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La CEI 794 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: *Câbles à fibres optiques*:

- Partie 1:1993, Spécification générique
- Partie 2:1989, Spécifications de produit
- Partie 3:1994, Spécification intermédiaire

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRE CABLES -

Part 3: Telecommunication cables -
Sectional specification

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 794-3 has been prepared by sub-committee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This standard is based on document prEN 187100. It was drawn up by CENELEC Electronic Components Committee Working Group 28: Optical fibres and optical fibre cables, and has been submitted to the National Committees for parallel vote under the Fast Track Procedure as the following documents:

DIS	Report on voting
86A(CO)170	86A(CO)171

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

IEC 794 consists of the following parts under the general title: *Fibre optic cables*.

- Part 1: 1993, Generic specification
- Part 2: 1989, Product specifications
- Part 3: 1994, Sectional specification

CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 3: Câbles de télécommunication – Spécification intermédiaire

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 794 spécifie les prescriptions relatives aux câbles à fibres optiques unimodales destinés, en premier lieu, à être utilisés dans les réseaux publics de télécommunication. Il peut être envisagé de considérer d'autres types d'applications nécessitant des câbles d'un type similaire.

Cette norme comporte, en particulier, des prescriptions concernant l'utilisation de câbles de conduites ou pour des applications directement enterrées et des câbles aériens.

Les câbles immergés, pour les lacs ou la traversée de rivières ainsi que les câbles pour applications intérieures figureront ultérieurement dans cette norme.

Pour ce qui est des applications aériennes, cette norme ne couvre pas tous les aspects fonctionnels des câbles installés à proximité de lignes aériennes de transport d'énergie. De telles applications peuvent nécessiter l'adjonction de prescriptions et de méthodes d'essai. En outre, cette norme exclut les câbles de garde avec fibres optiques et les câbles liés aux conducteurs de phase ou de terre des lignes aériennes de transport d'énergie.

Les câbles sous-marins sont également exclus.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 794. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 794 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 189, Câbles et fils pour basses fréquences isolés au PVC et sous gaine PVC

CEI 304: 1982, Couleurs normalisées d'isolation de câbles et de fils à basse fréquence

CEI 708-1: 1981, Câbles basses fréquences à isolation polyoléfine et gaine polyoléfine à barrière d'étanchéité, partie 1: Constitution générale et prescriptions (1ère édition)

CEI 793-1: 1992, Fibres optiques – Spécification générique

CEI 793-2: 1992, Fibres optiques – Spécifications de produits

CEI 794-1: 1993, Câbles à fibres optiques – Spécification générique

CEI 811-4-2: 1990, Méthodes d'essai communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques, partie 4: Méthodes spécifiques aux mélanges polyéthylène et polypropylène

CEI 811-5-1: 1990, Méthodes d'essai communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques, partie 5: Méthodes spécifiques aux matériaux de remplissage

Recommandation K.25 CCITT/UIT-T, 1988, Protection des câbles à fibres optiques contre la foudre

OPTICAL FIBRE CABLES –
Part 3: Telecommunication cables –
Sectional specification

1 Scope

This part of IEC 794 specifies the requirements of single-mode optical fibre cables which are intended to be used primarily in public telecommunications networks. Other types of applications requiring similar types of cables can be considered.

In particular, requirements for cables to be used in ducts or for directly buried application and aerial cables are included in this standard.

Underwater cables for lakes and river crossings and cables for indoor applications will be incorporated in this standard at a later stage.

For aerial application, this standard does not cover all functional aspects of cables installed in the vicinity of overhead power lines. In the case of such application additional requirements and test methods may be necessary. Moreover, this standard excludes optical ground wires and cables attached to the phase or earth conductors of overhead power lines.

Submarine cables are also excluded.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 794. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 794 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 189: *Low-frequency cables and wires with p.v.c. insulation and p.v.c. sheath*

IEC 304: 1982, *Standard colours for insulation for low-frequency cables and wires*

IEC 708-1: 1981, *Low-frequency cables with polyolefin insulation and moisture barrier polyolefin sheath, Part 1: General design details and requirements (1st edition)*

IEC 793-1: 1992, *Optical fibres – Generic specification*

IEC 793-2: 1992, *Optical fibres – Product specifications*

IEC 794-1: 1993, *Optical fibre cables – Generic specification*

IEC 811-4-2: 1990, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables, Part 4: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds*

IEC 811-5-1: 1990, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables, Part 5: Methods specific to filling compounds*

CCITT/ITU-T Recommendation K.25, 1988, *Lightning protection of optical fibre cables*

3 Symboles

Pour les besoins de la présente norme, les symboles suivants s'appliquent:

λ_{cc} Longueur d'onde de coupure de fibre en câble

SZ Technique dans laquelle le sens de câblage est inversé périodiquement

4 Fibre optique

4.1 Généralités

Une fibre optique unimodale correspondant aux prescriptions de la CEI 793-2 doit être utilisée.

4.2 Affaiblissement

4.2.1 Affaiblissement linéique

L'affaiblissement linéique maximal typique d'un câble est de 0,45 dB/km à 1 310 nm et/ou de 0,30 dB/km à 1 550 nm. Toute autre valeur particulière doit être convenue entre l'utilisateur et le fabricant.

L'affaiblissement linéique doit être mesuré conformément à la méthode C1A, C1B ou C1C de la CEI 793-1.

4.2.2 Uniformité d'affaiblissement

4.2.2.1 Discontinuité d'affaiblissement

L'affaiblissement local ne doit présenter aucun point de discontinuité supérieur à 0,10 dB.

La méthode d'essai la plus convenable pour satisfaire aux prescriptions fonctionnelles est actuellement à l'étude.

4.2.2.2 Linéarité de l'affaiblissement

Les prescriptions fonctionnelles sont à l'étude.

4.3 Longueur d'onde de coupure

La longueur d'onde de coupure de fibre en câble, λ_{cc} , doit être inférieure à la longueur d'onde de coupure opérationnelle.

4.4 Coloration des fibres

Si le revêtement primaire des fibres est coloré à des fins d'identification, celui-ci doit l'être pendant toute la durée de vie du câble et correspondre, dans la mesure du possible, à la CEI 304. La coloration doit permettre, le cas échéant, que la lumière puisse pénétrer dans le revêtement primaire pour permettre l'injection et la détection locale. Alternativement la coloration peut être enlevée pour cette application.

Un essai sur la résistance de la coloration aux agents nettoyants est à l'étude.

3 Symbols

For the purposes of this standard the following symbols apply:

λ_{cc} Cabled fibre cut-off wavelength

SZ A technique in which the lay reverses direction periodically

4 Optical fibre

4.1 General

Single-mode optical fibre shall be used which meets the requirements of IEC 793-2.

4.2 Attenuation

4.2.1 Attenuation coefficient

The typical maximum attenuation coefficient of a cable at 1 310 nm is 0,45 dB/km and/or at 1 550 nm it is 0,30 dB/km. Particular values shall be agreed between the user and the manufacturer.

The attenuation coefficient shall be measured in accordance with IEC 793-1, method C1A, C1B or C1C.

4.2.2 Attenuation uniformity

4.2.2.1 Attenuation discontinuities

The local attenuation shall not have point discontinuities in excess of 0,10 dB.

The test method best suited to provide the functional requirements is under consideration.

4.2.2.2 Attenuation linearity

The functional requirements are under consideration.

4.3 Cut-off wavelength

The cabled fibre cut-off wavelength λ_{cc} shall be less than the operational wavelength.

4.4 Fibre colouring

If the primary coated fibres are coloured for identification, the coloured coating shall be readily identifiable throughout the lifetime of the cable and shall be a reasonable match to IEC 304. If required, the colouring shall permit sufficient light to be transmitted through the primary coating to allow local light injection and detection. Alternatively, the colour may be removed for this application.

A test for the resistance of the colour to cleaning agents is under consideration.

5 Élément de câble

En principe, les câbles optiques comportent plusieurs éléments ou constituants individuels, selon la conception de câble, tenant compte de l'application, de l'environnement opérationnel et des procédés de fabrication ainsi que du besoin de protection de la fibre en cours de manipulation et pendant la mise en câble.

Le ou les matériaux entrant dans la composition d'un élément de câble doivent être sélectionnés de façon à être compatibles avec les autres éléments au contact desquels ils se trouvent. Une méthode d'essai de compatibilité appropriée doit être définie dans la spécification de famille ou particulière.

Les éléments optiques (éléments de câble comportant des fibres optiques) ainsi que chaque fibre contenue dans un élément de câble doivent être identifiés de manière unique, par exemple par des couleurs, par un schéma de positionnement, par des marquages ou selon les indications de la spécification particulière.

Différents types d'éléments optiques sont décrits ci-dessous:

5.1 Revêtement secondaire serré ou revêtement protecteur

Si un revêtement secondaire serré est exigé, il doit comporter une ou plusieurs couches de matériau polymère. Le revêtement doit pouvoir s'enlever facilement pour le raccordement. Le diamètre extérieur nominal du revêtement secondaire doit être compris entre 800 µm et 900 µm. La valeur, qui doit faire l'objet d'un accord entre utilisateur et fabricant, doit avoir une tolérance de ± 50 µm. L'excentricité entre revêtement secondaire et la fibre ne doit pas dépasser 75 µm, sauf accord contraire passé entre l'utilisateur et le fabricant.

La couleur du revêtement secondaire serré doit être facilement identifiable pendant toute la durée de vie du câble.

5.2 Fibre renforcée

Une protection supplémentaire peut être adjointe à des fibres à revêtement secondaire serré en entourant une ou plusieurs de ces fibres d'éléments de renforts non métalliques à l'intérieur d'une gaine d'un matériau adapté (par ex. pour des câbles d'éclatement).

5.3 Jonc rainuré

Le jonc rainuré s'obtient en extrudant un matériau adapté (par exemple du polyéthylène ou du polypropylène) comportant, sur sa longueur, un nombre d'encoches défini, de configuration hélicoïdale ou en SZ. Chaque encoche peut être remplie et contenir une ou plusieurs fibres sous revêtement primaire ou un élément optique.

Le jonc rainuré comporte habituellement un élément central métallique ou non métallique. Dans ce cas, il doit y avoir une adhérence convenable entre l'élément central et le jonc extrudé, afin d'obtenir la stabilité de température et le comportement à la traction exigés pour l'élément à jonc rainuré.

Le profil de l'encoche doit être uniforme et garantir les performances optiques et mécaniques prescrites pour le câble optique.

5 Cable element

Generally optical cables comprise several elements or individual constituents, depending on the cable design which takes into account the cable application, operating environment and manufacturing processes, and the need to protect the fibre during handling and cabling.

The material(s) used for a cable element shall be selected to be compatible with the other elements in contact with it. An appropriate compatibility test method shall be defined in the family or detail specification.

Optical elements (cable elements containing optical fibres) and each fibre within a cable element shall be uniquely identified, for example by colours, by a positional scheme, by markings or as specified in the detail specification.

Different types of optical elements are described below:

5.1 *Tight secondary coating or buffer*

If a tight secondary coating is required, it shall consist of one or more layers of polymeric material. The coating shall be easily removable for splicing. The nominal overall diameter of the secondary coating shall be between 800 µm and 900 µm. The value, which shall be agreed between the user and the manufacturer, shall have a tolerance of ± 50 µm. The fibre/secondary coating eccentricity shall not exceed 75 µm unless otherwise agreed between the user and the manufacturer.

The colour of the tight secondary coating shall be readily identifiable throughout the lifetime of the cable.

5.2 *Ruggedised fibre*

Further protection can be provided to tight secondary coated fibres by surrounding one or more with non-metallic strength members within a sheath of suitable material (e.g. for fan-out cables).

5.3 *Slotted core*

The slotted core is obtained by extruding a suitable material (for example polyethylene or polypropylene) with a defined number of slots, with helical or SZ configuration along the core. One or more primary coated fibres or optical element is located in each slot which may be filled.

The slotted core usually contains a central element which may be either metallic or non-metallic. In this case, there shall be adequate adhesion between the central element and the extruded core in order to obtain the required temperature stability and tensile behaviour for the slotted core element.

The profile of the slot shall be uniform and shall ensure the optical and mechanical performance required of the optical cable.

5.4 *Tube à structure lâche*

Une ou plusieurs fibres sous revêtement primaire sont conditionnées dans une construction en tube à structure lâche, qui peut être remplie. Le tube à structure lâche peut être réalisé avec une paroi composite.

Un aspect de l'aptitude du tube doit être déterminé par une évaluation de sa résistance à la pliure, conformément à la CEI 794-1 (méthode à l'étude).

La performance d'exsudation des matières de remplissage du tube doit être conforme à la CEI 794-1 (méthode à l'étude).

5.5 *Ruban*

Les rubans à fibres optiques sont des assemblages de fibres optiques en un arrangement linéaire composite.

Les fibres doivent être parallèles et former des rubans composés typiquement de deux, quatre, six, huit, dix ou douze fibres chacun, selon les prescriptions de l'utilisateur. Les fibres se trouvant dans un ruban doivent rester parallèles et ne pas se croiser.

La conception de base prévoit que les fibres adjacentes d'un ruban soient contiguës et que leurs lignes médianes soient droites, parallèles et coplanaires.

Sauf prescription contraire, chaque ruban doit être identifié par un texte imprimé ou en colorant la (les) fibre(s) de référence et/ou le matériau d'enrobage du ruban.

Les structures à rubans sont nommées typiquement soit «collées bord à bord», soit encapsulées, selon la quantité de revêtement protecteur apportée aux fibres par l'agent d'enrobage. La figure 1 illustre une structure «collée bord à bord» dans laquelle l'agent d'enrobage est surtout appliqué entre les fibres. La figure 2 illustre une structure encapsulée, dans laquelle l'agent d'enrobage s'étend bien au-delà de la surface extrême de chaque fibre. Ces deux types de structures à rubans sont à même de satisfaire les prescriptions de cette spécification.

Certains paramètres doivent être mesurés dans le ruban, les essais correspondants effectués sur la fibre sous revêtement primaire ou sur câble terminé n'étant pas suffisants pour avoir une caractérisation complète. Ces paramètres sont identifiés ci-après.

6 Construction d'un câble à fibres optiques

6.1 *Généralités*

Le câble doit être conçu et fabriqué avec une durée de vie en service estimée d'au moins 20 ans. Dans ce contexte, l'affaiblissement du câble installé, à la(les) longueur(s) d'onde de fonctionnement ne doit pas dépasser les valeurs convenues entre l'utilisateur et le fabricant. Les matériaux du câble doivent garantir que toute augmentation de l'affaiblissement ne puisse excéder la valeur spécifiée. Cette valeur spécifiée peut inclure, par exemple, l'effet de l'hydrogène.

Les fibres des câbles doivent toutes être du même type et avoir la même provenance.

5.4 *Loose tube*

One or more primary coated fibres are packaged in a loose tube construction which may be filled. The loose tube may be reinforced with a composite wall.

One aspect of the suitability of the tube shall be determined by an evaluation of its kink resistance in accordance with IEC 794-1 (method under consideration).

The bleeding performance of the filling compound from the tube shall comply with IEC 794-1 (method under consideration).

5.5 *Ribbon*

Optical fibre ribbons are optical fibres assembled in a composite linear array.

Fibres shall be arranged to be parallel and formed into ribbons of typically two, four, six, eight, ten or twelve fibres each according to user requirements. The fibres within the ribbons shall remain parallel and not cross over.

The design intent is that adjacent fibres within a ribbon are contiguous and that fibre centerlines are straight, parallel and coplanar.

Unless otherwise specified, each ribbon shall be uniquely identified with a printed legend or by uniquely colouring the reference fibre in the ribbon and/or by colouring the matrix material of the ribbon.

Ribbon structures are typically designated as either edge-bonded or encapsulated, depending on the amount of buffering afforded the fibres by the bonding agent. Figure 1 illustrates the edge-bonded structure in which the bonding agent is applied predominantly between the fibres. Figure 2 illustrates the encapsulated structure in which the bonding agent extends well beyond the extreme surface of any fibre. Both ribbon structures are capable of meeting the requirements of this specification.

Some parameters shall be measured in the ribbon since the corresponding test on the primary coated fibre or finished cable are not sufficient for complete characterization. These parameters are identified in the following text.

6 Optical fibre cable construction

6.1 *General*

The cable shall be designed and manufactured for a predicted operating lifetime of at least 20 years. In this context, the attenuation of the installed cable at the operation wavelength(s) shall not exceed values agreed between the user and the manufacturer. The materials in the cable shall ensure that the increase in attenuation shall not exceed the specified value. This specification value may include, for example, the effect of hydrogen.

All the fibres in the cables shall be of the same type and origin.

Il ne doit pas y avoir d'épissure dans une longueur de livraison, sauf accord contraire entre l'utilisateur et le fabricant.

Il doit être possible d'identifier chaque fibre individuellement sur toute la longueur du câble.

Dans le cas de câbles pour application aérienne et afin d'éviter toute tension excessive des fibres induite par les conditions d'environnement, telles qu'une surcharge due à l'action du vent ou du gel, la construction du câble et particulièrement les renforts de traction doivent être choisis de sorte que cette contrainte soit limitée à des niveaux sûrs.

6.2 Assemblage des éléments de câble

Les éléments optiques, décrits à l'article 5, peuvent être assemblés comme suit:

- a) élément(s) optique(s) simple(s) sans pas d'assemblage (pour un tube unitaire, la résistance à la pliure doit être évaluée uniquement sur demande);
- b) un certain nombre d'éléments optiques homogènes, en hélice ou SZ (les éléments type ruban peuvent être assemblés en empilant plusieurs éléments);
- c) un certain nombre de configurations mixtes dans un jonc rainuré, tel que fibre à revêtement serré, jonc rainuré, ruban ou tube à structure lâche;
- d) un certain nombre de configurations mixtes dans un tube à structure lâche, telles que fibre à revêtement serré ou ruban.

Sur demande, des conducteurs en cuivre isolé, unitaires, par paire ou par quarte, peuvent être assemblés avec les éléments optiques.

Le câble étant soumis au rayon de pliage minimal, la contrainte maximale de la fibre due à la courbure doit être convenue entre utilisateur et fabricant.

6.3 Remplissage de l'âme du câble

Lorsque prescrit, le(s) élément(s) ainsi que l'âme du câble doivent être remplis continûment d'un matériau de remplissage qui empêche la progression de l'eau. Une autre méthode peut consister à appliquer des éléments bloqueurs d'eau à intervalles réguliers ou à introduire des matériaux bloqueurs d'eau qui empêchent l'eau de se propager dans le câble.

Le matériau ne doit pas être toxique, ni dégager d'odeur nauséabonde, ni présenter de risque pour la santé. Les matériaux doivent pouvoir être retirés facilement, sans l'aide d'autres matériaux à risque ou potentiellement dangereux.

Lorsque prescrit, un matériau absorbant l'hydrogène peut être utilisé pour empêcher toute dégradation due à la présence d'hydrogène dans le câble.

Le matériau bloqueur utilisé doit être compatible avec les autres composants du câble. Lorsque ce matériau a le pouvoir de gonfler sous l'effet de l'eau, la conformité doit être établie entre l'utilisateur et le fabricant. Lorsqu'un matériau de remplissage est utilisé, sa pertinence doit être démontrée à l'aide des méthodes d'essai suivantes:

- a) le taux de séparation d'huile provenant du matériau de remplissage doit suivre les prescriptions de l'article 5 de la CEI 811-5-1;

There shall be no fibre splice in a delivery length unless otherwise agreed by the user and the manufacturer.

It shall be possible to identify each individual fibre throughout the length of the cable.

For the particular case of cables for aerial application, to avoid excess fibre strain induced by the environmental conditions, such as wind loading or ice loading, the cable construction and particularly the strength members shall be selected to limit this strain to safe levels.

6.2 Lay-up of the cable elements

Optical elements as described in clause 5 may be laid up as follows:

- a) single optical element(s) without a stranding lay (for a single tube its kink resistance shall be evaluated only if required);
- b) a number of homogeneous optical elements using helical or SZ configurations (ribbon elements may be laid up by stacking two or more elements);
- c) a number of hybrid configurations in slotted core such as tight coated, slotted core, ribbon or loose tube;
- d) a number of hybrid configurations in loose tube such as tight coated or ribbon.

If required, insulated copper conductors in single, pair or quad construction may be laid up with the optical elements.

With the cable set at its minimum bend radius the maximum fibre strain due to the bending of the fibre shall be agreed between the user and the manufacturer.

6.3 Cable core filling

If specified, the element(s), and in addition the cable core, shall be continuously filled with water blocking compound. Alternatively, water blocks may be applied at regular intervals or water blocking materials may be introduced to prevent water seepage through the cable.

The material shall be non-toxic, free from bad smell and it shall not provide a health hazard. The material shall be easily removed without the use of materials considered to be hazardous or dangerous.

If required, a hydrogen absorbing material may be used to prevent degradation due to the presence of hydrogen in the cable.

The blocking material used shall be compatible with the other relevant cable elements. Where the blocking material is water swellable, compliance shall be agreed between the user and the manufacturer. Where a filling compound is used, its suitability shall be demonstrated by the use of the following test methods:

- a) the amount of oil separation from the filling compound shall meet the requirements of clause 5 of IEC 811-5-1;

- b) pour les câbles comportant des éléments métalliques, le matériau de remplissage doit être soumis à des essais afin de déterminer la présence de composés corrosifs, conformément à l'article 8 de la CEI 811-5-1;
- c) le matériau de remplissage ne doit pas être sous forme liquide, pour des températures inférieures à une valeur spécifiée. Le point de goutte doit être déterminé conformément à l'article 4 de la CEI 811-5-1;
- d) l'augmentation de masse doit être vérifiée selon l'article 11 de la CEI 811-4-2. Elle ne doit pas dépasser la valeur spécifiée pour le matériau en question.

6.4 *Renfort de traction*

Le câble doit avoir été conçu avec suffisamment d'éléments de renfort de traction pour garantir l'installation et les conditions de service sans que les fibres ne soient soumises à une contrainte qui dépasse les limites convenues entre l'utilisateur et le fabricant.

L'élément de renfort peut être métallique ou non métallique; il peut être situé dans l'âme du câble et/ou sous la gaine et/ou dans la gaine.

Lorsque prescrit, le câble aérien doit être équipé d'un porteur séparé. L'emplacement et le type de porteur dépendent de la technique d'installation et des conditions d'environnement; ils doivent être déterminés par accord entre l'utilisateur et le fabricant. Par exemple, le porteur et le câble peuvent avoir une structure du type «en 8» ou bien le câble peut être lié à un porteur séparé, par une ligature ou tout autre moyen adapté.

6.5 *Barrière contre l'humidité*

Lorsque prescrit, une barrière contre l'humidité doit être prévue soit par une gaine métallique continue, soit un ruban métallique appliqué longitudinalement sur l'âme du câble, posé à recouvrement et collé à la gaine.

D'autres structures peuvent être adoptées suivant accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Dans le cas d'un ruban métallique continu, la nature et l'épaisseur du matériau doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Dans le cas d'un ruban métallique servant de barrière contre l'humidité, la valeur du recouvrement ainsi que l'épaisseur du ruban métallique doivent être conformes à la CEI 708-1. L'épaisseur nominale du ruban peut être réduite suivant accord entre l'utilisateur et le fabricant. L'adhérence du ruban métallique à la gaine doit satisfaire les prescriptions du paragraphe 19.2 de la CEI 708-1. Un échantillon de la gaine, prélevé à chaque extrémité d'un câble terminé, doit être examiné afin de garantir que le recouvrement du ruban servant de barrière contre l'humidité est fermé et qu'il suit les prescriptions de ce paragraphe.

L'efficacité de la barrière contre l'humidité peut être démontrée en procédant à un autre essai suivant accord entre l'utilisateur et le fabricant.

6.6 *Gaine de câble et armure*

6.6.1 *Gaine intérieure*

Une gaine intérieure de câble peut être appliquée suivant accord entre l'utilisateur et le fabricant.

- b) for cables containing metallic elements the filling compound shall be tested for the presence of corrosive compounds in accordance with clause 8 of IEC 811-5-1;
- c) the filling compound shall not be liquid at temperatures lower than a specified value. The determination of the drop point shall be in accordance with clause 4 of IEC 811-5-1;
- d) increase in weight shall be tested as specified in clause 11 of IEC 811-4-2. The increase in weight shall not exceed the value specified for the particular material.

6.4 *Strength member*

The cable shall be designed with sufficient strength members to meet installation and service conditions so that the fibres are not subjected to strain in excess of limits agreed between the user and the manufacturer.

The strength member may be either metallic or non-metallic and may be located in the cable core and/or under the sheath and/or in the sheath.

If required, the aerial cable shall be equipped with a separate suspension strand. The location and the type of suspension strand depend on the installation practice and environmental conditions and shall be determined by agreement between the user and the manufacturer. For example, the suspension strand and the cable core may form a figure "8" construction or the cable may be fastened to a separate suspension strand by lashing or by other suitable means.

6.5 *Moisture barrier*

If specified, a moisture barrier shall be provided either by a continuous metallic sheath or by a metallic tape applied over the cable core with a longitudinal overlap and bonded to the sheath.

Alternatively, other constructions may be adopted by agreement between the user and the manufacturer.

In the case of a continuous metallic sheath the material and its thickness shall be agreed between the user and the manufacturer.

In the case of a metallic moisture barrier tape the amount of overlap and the thickness of the metallic tape shall be in accordance with IEC 708-1. The metallic tape may have a reduced nominal thickness with agreement between the user and the manufacturer. The adhesion of the metallic tape to the sheath shall comply with subclause 19.2 of IEC 708-1. A sample of sheath taken from each end of a finished cable shall be examined to ensure that the overlap of the moisture barrier tape is closed and that it meets the requirements of this subclause.

The effectiveness of the moisture barrier may be proved by an alternative test with agreement between the user and the manufacturer.

6.6 *Cable sheath and armouring*

6.6.1 *Inner sheath*

A cable inner sheath may be applied by agreement between the user and the manufacturer.

6.6.2 *Armure*

Lorsqu'une résistance à la traction ou une protection supplémentaire contre tout dommage externe est prescrite, il faut prévoir une armure.

6.6.3 *Gaine extérieure*

Le câble doit disposer d'une gaine sans raccord, composée de polyéthylène, stabilisé aux UV, résistant aux intempéries, conformément à l'article 22 de la CEI 708-1, à moins d'un accord contraire entre l'utilisateur et le fabricant.

L'épaisseur minimale de la gaine dépend du diamètre extérieur du câble; elle doit être au moins égale à 1 mm, sauf dans le cas d'un câble de branchement, pour lequel une gaine plus mince peut être spécifiée. Le diamètre extérieur et ses variations doivent tenir compte des conditions d'installation et doivent être déterminés suivant accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Des prescriptions particulières, différentes de celles indiquées ci-dessus, sont applicables aux câbles d'intérieur et aux câbles immersés.

Du fait de sa petite taille, un câble à fibres optiques est plus vulnérable à l'attaque des rongeurs. Lorsque les rongeurs ne peuvent être évités, une protection adaptée doit être fournie, lorsque prescrit par l'utilisateur.

6.7 *Marquage de la gaine*

Lorsque prescrit, le câble doit être marqué suivant une méthode convenue entre l'utilisateur et le fabricant. Les méthodes de marquage les plus courantes sont en relief, par flocage, en creux, par métallisation à chaud et par impression. Un signe distinctif pour un câble de télécommunication à fibres optiques est actuellement à l'étude.

Toute autre information prescrite pour le texte est à l'étude.

Le marquage peut se faire sur une ou deux lignes. S'il n'y a qu'une ligne, le marquage doit être effectué longitudinalement tout le long du câble. S'il y a deux lignes, elles doivent être diamétralement opposées, le marquage étant effectué longitudinalement tout le long du câble.

La résistance des marquages de la gaine à l'abrasion doit être démontrée conformément à la CEI 794-1, méthode E2B, méthode 1. La méthode d'essai E2B, méthode 1 doit être appliquée en utilisant une aiguille en acier d'un diamètre $d = 1,0$ mm et une charge de 4 N, exercée sur l'aiguille. L'utilisation de la méthode E2B, méthode 2 est à l'étude.

Le texte d'un marquage sur une seule ligne doit demeurer lisible après un nombre de cycles spécifié. Pour un marquage sur deux lignes, l'essai de résistance à l'abrasion doit être effectué sur une seule ligne. Dans les deux cas, il faut que le nombre de cycles pour lesquels le marquage doit demeurer lisible fasse l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

NOTE – Dans certains cas, la durabilité du marquage peut être affectée par une agression de nature chimique, les rayonnements UV ou sous l'effet de la chaleur. Le marquage de la gaine peut avoir une influence sur les performances de celle-ci, en ce qui concerne la fissuration sous contrainte, la résistance à la traction et l'allongement à la rupture.

6.6.2 Armouring

Where additional tensile strength or protection from external damage is required, armouring shall be provided.

6.6.3 Outer sheath

The cable shall have a seamless sheath made of UV-stabilized weather resistant polyethylene in accordance with clause 22 of IEC 708-1, unless otherwise agreed between the user and the manufacturer.

The minimum sheath thickness depends on the overall cable diameter and shall not be less than 1 mm, except in the case of drop cable where a thinner sheath may be specified. The overall diameter and its variations shall take into account the installation conditions and shall be determined by agreement between the user and the manufacturer.

Particular requirements which differ from the above are applicable to indoor and under-water cables.

The small size of an optical fibre cable makes it more vulnerable to rodent attack. Where rodents cannot be excluded, suitable protection shall be provided if required by the user.

6.7 Sheath marking

If required, the cable shall be marked by a method agreed between the user and the manufacturer. Common methods of marking are embossing, sintering, imprinting, hot foil and surface printing. A sign identifying an optical fibre telecommunication cable is under consideration.

Other information required in the legend is under consideration.

Marking may be provided as a single or double line of marking. A single line of marking shall be provided by marking longitudinally along the length of the cable. A double line of marking shall be provided with the two lines diametrically opposite each other longitudinally along the length of the cable.

The abrasion resistance of the sheath markings shall be demonstrated in accordance with IEC 794-1, method E2B, method 1. Test method E2B, method 1 shall be performed using a steel needle with a diameter of $d = 1,0$ mm and a load acting on the needle/sample of 4 N. The use of method E2B, method 2 is under consideration.

The legend of a single line of marking shall remain legible after a specified number of cycles. For a double line of marking the abrasion resistance test needs only be carried out on one line of marking. In both of these cases the number of cycles for which the marking shall remain legible shall be agreed between the user and the manufacturer.

NOTE – Under certain conditions the durability of the marking may be affected by chemical attack, UV radiation and heat. The effect of the marking on the sheath may influence sheath performance with respect to environmental stress cracking, tensile strength and elongation at break.

7 Conditions d'installation et de fonctionnement

7.1 Généralités

Les conditions d'installation et de fonctionnement doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Les conditions de fonctionnement sont particulièrement importantes pour les câbles aériens.

7.2 Caractérisation des éléments de câble pour leur aptitude au raccordement

Les essais suivants sont destinés à caractériser les différents types d'éléments de câbles vis-à-vis de leur aptitude au raccordement.

7.2.1 Essais pour toutes applications

Sauf prescription contraire, ces essais s'appliquent à tout type d'élément optique.

7.2.1.1 Dimensions

Utiliser les méthodes d'essai suivantes, là où il faut:

- diamètre de gaine de la fibre: CEI 793-1, méthode A1, A2, A3 ou A4;
- diamètre du revêtement primaire: CEI 793-1, méthode A2 ou A4;
- diamètres du revêtement secondaire et du revêtement protecteur serré: CEI 793-1, méthode A4;
- tube à structure lâche, jonc rainuré et éléments renforcés: CEI 793-1, méthode A4 ou CEI 189.

NOTE – Des prescriptions spécifiques aux dimensions des rubans figurent ci-après.

7.2.1.2 Essai de pliage

a) *Objet*

L'objet de cet essai est de déterminer, lorsque prescrit, l'augmentation de l'affaiblissement d'un câble optique lorsqu'il est plié dans une protection d'épaisseur ou un dispositif similaire.

b) *Appareillage*

- Un mandrin à surface lisse avec un diamètre conforme à la spécification particulière.
- Un appareil de mesure de l'affaiblissement utilisant les techniques de la fibre coupée (CEI 793-1, méthode C1A), de la rétrodiffusion (CEI 793-1, méthode C1C) ou du contrôle en puissance transmise (CEI 793-1, méthode C10A), doté éventuellement d'un dispositif de commutation optique.

c) *Procédure*

L'échantillon à contrôler doit être enroulé non serré autour du mandrin ; le nombre de tours doit être indiqué dans la spécification particulière.

Afin de mesurer l'augmentation de l'affaiblissement due au pliage, il convient de tenir compte de l'affaiblissement intrinsèque de la fibre.

7 Installation and operating conditions

7.1 General

Installation and operating conditions shall be agreed between the user and the manufacturer.

Operating conditions are particularly important for aerial cables.

7.2 Characterization of cable elements for splicing purposes

The following tests are intended to characterize the different types of cable elements for splicing purposes.

7.2.1 General purpose tests

Unless otherwise specified, these tests are applicable to all types of optical elements.

7.2.1.1 Dimensions

Use the following test methods where appropriate:

- fibre cladding diameter: IEC 793-1, methods A1A, A2, A3 or A4;
- primary coating diameter: IEC 793-1, methods A2 or A4;
- secondary coating and tight buffer diameters: IEC 793-1, method A4;
- loose tube, slotted core and ruggedised elements: IEC 793-1, method A4 or IEC 189.

NOTE – Special requirements for ribbon dimensions are given below.

7.2.1.2 Bend test

a) Object

The purpose of this test, if required, is to determine the attenuation increase of an optical element when bent within a splice closure or similar device.

b) Apparatus

- A mandrel having a smooth surface with diameter as stated in the detail specification.
- A loss measurement set-up using the cut-back technique, (IEC 793-1, method C1A) or the backscattering technique (IEC 793-1, method C1C), or the power monitoring technique (IEC 793-1, method C10A) possibly equipped with an optical switching device.

c) Procedure

The element to be tested shall be loosely wound on the mandrel; the number of turns shall be stated in the detail specification.

In order to measure the attenuation increase caused by bending, allowance should be made for the intrinsic attenuation of the fibre.

L'augmentation de l'affaiblissement peut être mesurée par la technique de la fibre coupée; cependant, il peut être utile de recourir à la rétrodiffusion pour vérifier qu'il n'apparaît aucun défaut local dû au conditionnement de l'élément sur le mandrin. De même, il est possible d'utiliser la technique du contrôle de puissance transmise en réenroulant le câble partant d'un diamètre plus grand autour du mandrin spécifié.

d) *Résultats*

Les données suivantes doivent être présentées avec leurs résultats associés:

- identification du câble optique;
- longueur d'onde;
- diamètre du mandrin;
- nombre de tours;
- augmentation de l'affaiblissement;
- appareillage et technique de mesure;
- température.

7.2.1.3 *Résistance des fibres aux agents nettoyants*

A l'étude.

7.2.1.4 *Dénudabilité*

Utiliser la CEI 793-1, méthode B6, pour la dénudabilité des revêtements primaire et secondaire des fibres et celle des revêtements protecteurs.

7.2.1.5 D'autres essais sont à l'étude.

7.2.2 *Essais applicables aux tubes à structure lâche*

7.2.2.1 *Pliure du tube*

Utiliser la CEI 794-1, méthode à l'étude.

7.2.2.2 D'autres essais sont à l'étude.

7.2.3 *Essais applicables aux rubans*

Etant donné les conditions spécifiques de l'épissurage du ruban, les essais suivants doivent être effectués pour définir l'aptitude du ruban à être épissuré.

7.2.3.1 *Dimensions*

a) *Définitions*

La figure 3 présente une illustration de section droite d'un ruban à fibres optiques dont les différentes dimensions géométriques et l'alignement ont été définis comme suit (d'autres travaux sont en cours):

largeur et épaisseur: La largeur w et l'épaisseur t du ruban sont les dimensions du plus petit rectangle déterminant la section droite du ruban.

ligne de base: Comme le montre la section droite du ruban à fibres optiques, la ligne de base est la ligne droite qui traverse le centre de la première fibre (fibre 1) et celui de la dernière fibre (fibre n) du ruban.

The attenuation increase may be measured by the cut-back technique; however, it could be useful to verify by backscattering that no local defect occurs due to the conditioning of the element on the mandrel. It is also possible to rewind the element from a larger diameter to the specified mandrel using the power monitoring technique.

d) *Results*

The following data shall be presented with the results:

- optical element identification;
- wavelength;
- diameter of the mandrel;
- number of turns;
- attenuation increase;
- apparatus and measuring technique;
- temperature.

7.2.1.3 *Resistance of fibres to cleaning agents*

Under consideration.

7.2.1.4 *Strippability*

Use IEC 793-1, method B6, for the strippability of primary or secondary fibre coatings and tight buffers.

7.2.1.5 Other tests are under consideration.

7.2.2 *Tests applicable to loose tubes*

7.2.2.1 *Tube kinking*

Use IEC 794-1, method under consideration.

7.2.2.2 Other tests are under consideration.

7.2.3 *Tests applicable to ribbons*

Considering the specific conditions of ribbon splicing, the following tests have to be done to characterize the ability of ribbon to be spliced.

7.2.3.1 *Dimensions*

a) *Definitions*

Figure 3 shows an illustrative cross-sectional drawing of an optical fibre ribbon with various geometric and alignment dimensions defined as follows (further work is ongoing):

width and thickness: The width w and thickness t of the ribbon are the dimensions of the minimum rectangular area enclosing the ribbon cross section.

basis line: The basis line is given in the cross section of an optical fibre ribbon as the straight line crossing the fibre centres of the first (fibre 1) and the last fibre (fibre n) of the fibre ribbon.

alignement des fibres:

a) **écartement horizontal des fibres:** Il s'agit de la distance de la projection orthogonale des deux centres de fibres sur la ligne de base de la section droite du ruban.

On peut distinguer deux paramètres d'écartement horizontal:

- la distance de centre à centre entre deux fibres adjacentes d ,
- la distance de centre à centre entre les fibres extrêmes b .

b) **planéité:** La planéité p de la structure à ruban est la somme de la valeur positive maximale et de la valeur absolue de la valeur négative maximale de l'écartement vertical des fibres.

L'écartement vertical des fibres est la distance orthogonale entre le centre de la fibre et la ligne de base. L'écartement vertical est positif lorsque les fibres se situent «au-dessus» de la ligne de base et négatif lorsqu'elles se trouvent «au-dessous» de cette ligne.

b) *Dimensions du ruban*

Dimensions et géométrie de la structure: Sauf prescription contraire dans la spécification particulière, les dimensions maximales et la géométrie de la structure des rubans à fibres optiques doivent correspondre aux indications du tableau 1.

Tableau 1 – Dimensions maximales des rubans à fibres optiques

Nombre de fibres	Largeur w μm	Epaisseur t μm	Alignement des fibres		
			Ecartement horizontal		Planéité p μm
			Fibres adjacentes d μm	Fibres extrêmes b μm	
2	700	480	280	280	—
4	1 220	480	280	835	50
6	1 770	480	280	1 385	50
8	2 300	480	300	1 920	50*
10	2 850	480	300	2 450	50*
12	3 400	480	300	2 950	50*

* Valeurs provisoires

Selon l'épissure ou la technique de connexion utilisées, il est possible que l'utilisateur et le fabricant soient amenés à définir d'autres prescriptions plus contraignantes.

Les dimensions et la géométrie de structure peuvent être vérifiées par un essai de type appelé méthode de mesure visuelle et décrit ci-dessous. La nécessité de procéder à un essai de routine est à l'étude.

c) *Méthode de mesure visuelle*

Objet

L'objet de cet essai est de déterminer la géométrie d'un ruban à fibres optiques définie par les paramètres de largeur, d'épaisseur et d'alignement des fibres.

fibre alignment:

α) **horizontal fibre separation:** The horizontal separation of fibres is the distance of the orthogonal projection of two fibre centres on the basis line in the fibre ribbon cross section.

Two horizontal separation parameters can be distinguished:

- centre-centre distance between adjacent fibres d ,
- centre-centre distance between the extreme fibres b .

β) **planarity:** The planarity ρ of the fibre ribbon structure is the sum of the maximum positive and absolute value of the maximum negative vertical separation of the fibres.

The vertical separation of fibres is the orthogonal distance from the fibre centre to the basis line. The vertical separation is positive for fibres "above" the basis line and negative for fibres "below" the basis line.

b) *Ribbon dimensions*

Dimensions and structural geometry: Unless otherwise specified in the detail specification, the maximum dimensions and the structural geometry of optical fibre ribbons shall be as shown in Table 1.

Table 1 – Maximum dimensions of optical fibre ribbons

Number of fibres	Width w μm	Thickness t μm	Fibre alignment			Planarity ρ μm	
			Horizontal separation				
			Adjacent fibres d μm	Extreme fibres b μm			
2	700	480	280	280	–		
4	1 220	480	280	835	50		
6	1 770	480	280	1 385	50		
8	2 300	480	300	1 920	50*		
10	2 850	480	300	2 450	50*		
12	3 400	480	300	2 950	50*		

* Provisional values.

More stringent requirements may need to be agreed between the user and the manufacturer, depending on the splice or the connector technique employed.

The dimensions and structural geometry can be verified with a type test described below, visual measurement method. The need for a routine test is under consideration.

c) *Visual measurement method*

Object

The purpose of this test is to determine the geometry of an optical fibre ribbon as defined by the parameters width, thickness and fibre alignment.

Appareillage

Un microscope ou un projecteur de grossissement approprié.

Echantillons

Le nombre d'échantillons à contrôler doit être précisé dans la spécification particulière. Les échantillons sélectionnés doivent être statistiquement indépendants et représentatifs de la population de rubans contrôlée.

Procédure

Typiquement, les échantillons sont placés verticalement dans un moule et remplis de résine réticulable. Après réticulation, les échantillons sont meulés et polis. La partie polie est mesurée à l'aide d'un microscope ou d'un projecteur de profil.

NOTE – Il convient de veiller à ce que la préparation des échantillons ne modifie pas la structure du ruban et représente une image non déformée de la gaine de la fibre et de la section droite du ruban.

D'autres types de préparation d'échantillons sont à l'étude.

Résultats

Pour le nombre spécifié d'échantillons, toutes les dimensions indiquées doivent être données sous forme de moyenne et de valeurs maximales/minimales.

Les données suivantes doivent être présentées avec leurs résultats associés:

- identification du ruban;
- valeur maximale/minimale;
- valeur moyenne;
- nombre d'échantillons contrôlés.

7.2.3.2 Prescriptions mécaniques

7.2.3.2.1 Séparabilité du ruban en fibres individuelles

Si l'aptitude à la séparation en fibres est prescrite, la structure des rubans doit être telle que les fibres puissent être divisées en sous-éléments ou en fibres optiques individuelles, tout en respectant les critères suivants:

- L'aptitude du ruban à être séparé en fibres individuelles doit être contrôlée en utilisant l'essai décrit ci-dessous: déchirement (aptitude à la séparation), paragraphe 7.2.3.2.3 b), ou une méthode convenue entre le fabricant et l'utilisateur.
- La séparation en fibres doit être effectuée sans outils ou appareillage spécialisés.
- La procédure de séparation en fibres ne doit pas détériorer de façon permanente les performances optiques et mécaniques de la fibre optique.
- Toute codification des fibres par coloration doit rester suffisamment lisible pour garantir une bonne distinction entre les différentes fibres individuelles.

7.2.3.2.2 Dénudabilité du ruban

Le revêtement des fibres individuelles ainsi que les matières résiduelles provenant de l'agent d'enrobage du ruban doivent pouvoir être facilement retirés. La méthode pour retirer le revêtement doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur ou doit être définie dans la spécification particulière.

Apparatus

Microscope or projector with appropriate magnification.

Samples

The number of samples to be tested shall be specified in the detail specification. The samples selected shall be statistically independent and representative of the ribbon population tested.

Procedure

Typically, the samples are placed in the mold in an upright position and filled with curable resin. After curing the samples are ground and polished. The polished section is measured by means of a microscope or projector.

NOTE – Care should be taken that the preparation of the sample does not change the structure of the fibre ribbon and represents an undisturbed image of the fibre cladding and ribbon cross section.

Other kinds of preparation of samples are under study.

Results

For the specified number of samples all specified dimensions shall be given as average and maximum / minimum values.

The following data shall be presented with the results:

- ribbon identification;
- maximum/minimum value;
- average value;
- number of samples tested.

7.2.3.2 Mechanical requirements

7.2.3.2.1 Separability of individual fibres from a ribbon

If fibre breakout capability is required, the ribbons shall be constructed in such a way that fibres can be separated from the ribbon construction, into sub-units or individual optical fibres, while meeting the following criteria:

- The ribbon shall be tested for the ability to break out individual fibres using the test described below: tear (separability), paragraph 7.2.3.2.3 b), or a method agreed upon between the manufacturer and the user.
- Breakout shall be accomplished without specialized tools or apparatus.
- The fibre breakout procedure shall not be permanently detrimental to the fibre optical and mechanical performance.
- Any colour coding of fibres shall remain sufficiently intact to enable individual fibres to be distinguished from each other.

7.2.3.2.2 Ribbon stripping

The coating from individual fibres as well as the residual ribbon bonding material shall be easily removable. The method of removal shall be agreed between manufacturer and user or shall be defined in the detail specification.

7.2.3.2.3 Essais mécaniques

a) Essai de torsion

Objet

L'objet de cet essai est de vérifier l'intégrité mécanique et fonctionnelle de la structure du ruban. Cet essai détermine l'aptitude du ruban à résister aux torsions sans délamination tout en maintenant la possibilité de séparer le ruban en fibres, lorsque prescrit.

Préparation des échantillons

Cinq échantillons représentatifs, chacun d'une longueur minimale de 120 mm, sont obtenus à partir du ruban à contrôler.

Appareillage

L'appareillage d'essai, dont la figure 4 fournit un exemple, est composé de deux pinces verticales qui permettent de maintenir l'échantillon, durant la torsion, sous une tension minimale de 1 N. La longueur minimale à contrôler est de 100 mm.

Procédure

L'échantillon est soigneusement fixé à l'appareillage et subit des torsions de $180^\circ \pm 5^\circ$ d'une durée de 2 s. La période minimale de repos après chaque torsion supplémentaire est de 5 s. La torsion est appliquée en fonction des valeurs convenues entre le fabricant et l'utilisateur, selon les indications de la spécification particulière ou jusqu'à ce qu'une délamination intervienne.

NOTE – La résistance du ruban à la torsion est inversement proportionnelle à sa largeur w , cette dernière étant généralement proportionnelle au nombre de fibres. D'autre part, la résistance à la torsion définie par conception pour des rubans séparables est inférieure à celle des rubans non séparables.

Résultats

Pour chaque échantillon contrôlé, préciser le nombre de fibres de l'échantillon et le type de ruban (séparable ou non). Indiquer si l'échantillon contrôlé peut résister au nombre de tours de torsion défini dans la spécification particulière.

Prescriptions

Le nombre de tours de 180° effectués avant la délamination doit être indiqué dans la spécification particulière.

b) Déchirement (aptitude à la séparation)

Objet

Cet essai a pour objet de:

α) garantir la stabilité suffisante de la structure du ruban en mesurant la résistance des rubans de fibres optiques au déchirement si les fibres ne sont pas prévues pour être séparables;

β) garantir une aptitude suffisante à la séparation des fibres si les fibres doivent être séparées.

Préparation des échantillons

Pour un ruban à n fibres, on prélève $n/2$ échantillons d'au moins 100 mm de longueur chacun sur une longueur d'environ un mètre.

Les fibres à contrôler sont séparées à l'aide d'un couteau sur une longueur correspondant à la fixation (voir figure 5). Pour x échantillons (x typiquement de 3 à 5 à spécifier dans la spécification particulière), une fibre est séparée des autres fibres du ruban. Pour x échantillons supplémentaires, deux fibres sont séparées du ruban etc, jusqu'à $n/2$ fibres.

7.2.3.2.3 Mechanical tests

a) Torsion test

Object

The purpose of this test is to verify the mechanical and functional integrity of the fibre ribbon structure. The test determines the capability of the ribbon to withstand torsion without delamination while maintaining the fibre separability where required.

Preparation of samples

Five representative samples, each with a minimum length of 120 mm, are obtained from the ribbon to be tested.

Apparatus

The testing apparatus, an example of which is in figure 4, consists of two vertically positioned clamps to hold the sample while it is twisted under a minimum tension of 1 N. The minimum length to be tested is 100 mm.

Procedure

The sample is securely fixed in the apparatus and twisted in increments of $180^\circ \pm 5^\circ$ within a time of 2 s. The minimum dwell time after each twist increment is 5 s. The incremental twisting is continued to the value(s) agreed upon between the manufacturer and user, as defined in the detail specification or until delamination occurs.

NOTE – The torsional strength of the ribbon structure is inversely related to its width w which is usually proportional to its fibre count. Also, the design torsional strength of separable ribbons is lower than the strength of non-separable ribbons.

Results

For each sample tested, record the number of fibres within the sample, the type of ribbon (separable or non-separable) and whether or not the sample tested can withstand the number of twists defined in the detail specification.

Requirements

The number of 180° turns until delamination occurs shall be given in the detail specification.

b) Tear (separability)

Object

The purpose of this test is:

- α) to assure sufficient stability of the ribbon structure by measuring the tear resistance of optical fibre ribbons in the case where fibres are not intended to be separable;
- β) to assure sufficient separability of the fibres in the case where fibres shall be separated.

Sample preparation

For an n fibre ribbon, $n/2$ specimens, each with a minimum length of 100 mm, are taken in a length of approximately one metre each from the fibre ribbon.

The fibres to be tested are separated with a knife on a suitable length for clamping (see figure 5). For x samples (x typically 3 to 5 to be specified in the detail specification), one fibre is separated from the other fibres in the ribbon. For x more samples, two fibres are separated from the other fibres in the ribbon, etc. up to $n/2$ fibres.

Appareillage

Un appareil de mesure de traction équipé de moyens de serrage adaptés.

Un microscope avec un grossissement minimal de 100 (dans le cas β).

Procédure

Chaque échantillon est inséré dans l'appareil de mesure comme indiqué à la figure 6. Les fibres à contrôler sont séparées par déchirement à une vitesse de 100 mm/min environ. La force de déchirement des fibres sur une longueur de 50 mm est enregistrée en continu.

Dans le cas β), le revêtement primaire de la/les fibre(s) séparée(s) doit être visuellement contrôlé par microscope.

Résultats

Les données suivantes doivent être présentées avec leurs résultats associés:

- dans le cas α), force de déchirement minimale et moyenne, en N;
- dans le cas β), force de déchirement maximale et moyenne, en N;
- identification et sélection des fibres à contrôler.

Prescriptions

Les valeurs concernant la force de déchirement requise doivent figurer dans la spécification particulière. Dans le cas β), le revêtement primaire doit rester intact. En cas de fibres colorées, la couleur doit être suffisamment visible pour permettre l'identification de la fibre.

c) Si des essais mécaniques supplémentaires sont prescrits, en dehors de ceux déjà indiqués dans les spécifications génériques CEI 793-1 et CEI 794-1 ou dans cette spécification, ils doivent être mentionnés dans la spécification particulière.

7.2.3.3 Prescriptions liées à l'environnement

7.2.3.3.1 Immersion dans l'eau.

A l'étude.

7.2.3.3.2 Toute prescription supplémentaire liée à l'environnement doit, le cas échéant, faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

8 Essais sur les câbles à fibres optiques

Les paramètres figurant dans cette norme peuvent être affectés par une incertitude de mesure provenant d'erreurs de mesure ou d'erreurs d'étalonnage, dues à l'absence de normes appropriées. Les critères d'acceptation doivent être interprétés en tenant compte de cette observation. En ce qui concerne l'affaiblissement, l'incertitude totale de mesure, pour cette norme, doit être inférieure ou égale à 0,05 dB.

L'expression «aucune modification de l'affaiblissement» signifie que tout changement positif ou négatif de la valeur de mesure, compris dans la marge d'incertitude, doit être ignoré.

Le nombre de fibres contrôlées doit être représentatif de la conception du câble et doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Apparatus

A tensile strength measuring apparatus with suitable clamping devices.

A microscope with at least 100 x magnification (in case β).

Procedure

Each specimen is inserted in the strength measuring apparatus as shown in figure 6. The fibres to be tested are torn with a speed of approximately 100 mm/min. The force to tear the fibres on a length of 50 mm is continuously recorded.

In case β) the primary coating of the separated fibre(s) shall be visually inspected by means of a microscope.

Results

The following data shall be presented with the results:

- in case α) minimum and mean tear force in N;
- in case β) maximum and mean tear force in N;
- identification and selection of the fibre(s) to be tested.

Requirements

The required tear force values shall be given in the detail specification. In the case β) primary coating shall remain intact. In the case of coloured fibres sufficient colour shall remain for fibre identification.

- c) If additional mechanical tests are required, other than those already specified in the generic specifications IEC 793-1 and IEC 794-1 or in this specification, they shall be specified in the detail specification.

7.2.3.3 Environmental requirements

7.2.3.3.1 Water immersion

Under consideration.

7.2.3.3.2 Additional environmental requirements, if any, shall be agreed between the user and the manufacturer.

8 Optical fibre cable tests

The parameters specified in this standard may be affected by measurement uncertainty arising either from measurement errors or calibration errors due to the lack of suitable standards. Acceptance criteria shall be interpreted with respect to this consideration. The total uncertainty of measurement for this standard shall be less than or equal to 0,05 dB for attenuation.

The expression of no change in attenuation means that any change in measurement value, either positive or negative, within the uncertainty of measurement shall be ignored.

The number of fibres tested shall be representative of the cable design and shall be agreed between the user and the manufacturer.

Les essais applicables aux câbles de télécommunications sont énumérés ci-après. Les critères d'acceptation minimale pour les différents types de câbles sont indiqués dans les spécifications de famille concernées.

Pour certains essais applicables à la structure de type «en 8», les essais doivent être effectués avec le porteur. Lorsque exigé par certaines pratiques d'installation, le câble «en 8» doit aussi pouvoir être essayé sans le porteur.

8.1 *Résistance à la traction*

Le câble doit être contrôlé conformément à la CEI 794-1, méthode E1.

8.2 *Aptitude à l'installation*

La compatibilité du câble avec certaines conditions d'installations peut être démontrée à l'aide des essais suivants:

8.2.1 *Pliage sous tension*

Afin de démontrer l'aptitude de la construction du câble à supporter les contraintes d'une installation, il est préférable de le soumettre à un essai usine impliquant une méthode de pliage dynamique ou un essai sur site avec pliages et contre-pliages.

8.2.2 *Courbures répétées*

Le câble doit être contrôlé suivant la CEI 794-1, méthode E6 et avec un appareillage d'essai conforme aux indications du schéma donné dans la méthode d'essai.

8.2.3 *Chocs*

La structure du câble doit être contrôlée conformément à la CEI 794-1, méthode E4.

8.2.4 *Pliure*

Le câble doit être contrôlé conformément à la CEI 794-1, méthode E10. Le diamètre minimal doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

8.2.5 *Torsion*

Le câble doit être contrôlé conformément à la CEI 794-1, méthode E7.

8.3 *Pliage du câble*

Le câble doit être contrôlé conformément à la procédure 1 de la CEI 794-1, méthode E11.

8.4 *Ecrasement*

Le câble doit être contrôlé conformément à la CEI 794-1, méthode E3.

8.5 *Cycles de température*

Le câble doit être contrôlé conformément à la procédure d'essai combiné de la CEI 794-1, méthode F1.

The tests applicable for telecommunication cables are listed below. The minimum acceptance criteria for the different types of cables are given in the relevant family specifications.

For some tests applicable to figure 8 construction, the tests shall be carried out with the suspension strand. If required by certain installation practices, the figure 8 cable shall also be tested without the suspension strand.

8.1 *Tensile performance*

The cable shall be tested in accordance with IEC 794-1, method E1.

8.2 *Installation capability*

Compatibility with particular installation conditions may be demonstrated by selecting from the following tests:

8.2.1 *Bending under tension*

In order to demonstrate the ability of the cable construction to withstand the stresses of installation it is preferable that the cable is subjected to a factory test involving a moving bend method or a field trial introducing both normal and reverse bends.

8.2.2 *Repeated bending*

The cable shall be tested in accordance with the method specified in IEC 794-1, method E6 and the test apparatus which conforms to the sketch given in the test method.

8.2.3 *Impact*

The cable construction shall be tested in accordance with the method specified in IEC 794-1, method E4.

8.2.4 *Kink*

The cable shall be tested in accordance with the method specified in IEC 794-1, method E10. The minimum diameter shall be agreed between the user and the manufacturer.

8.2.5 *Torsion*

The cable shall be tested in accordance with the method specified in IEC 794-1, method E7.

8.3 *Cable bend*

The cable shall be tested in accordance with procedure 1 specified in IEC 794-1, method E11.

8.4 *Crush*

The cable shall be tested in accordance with the method specified in IEC 794-1, method E3.

8.5 *Temperature cycling*

The cable shall be tested in accordance with the combined test procedure of the method specified in IEC 794-1, method F1.

8.6 Vieillissement

8.6.1 Compatibilité du revêtement de la fibre

Lorsque les fibres sont en contact avec un matériau de remplissage, la compatibilité du matériau de remplissage avec le revêtement de la fibre doit être démontrée en effectuant l'essai après vieillissement accéléré sur la fibre en câble ou sur la fibre immergée dans le matériau de remplissage afin de déterminer:

- la stabilité de l'adhérence du revêtement conformément à la CEI 794-1 (méthode à l'étude);
- la stabilité de la couleur du revêtement pour l'identification de la fibre (méthode d'essai à l'étude);

et si prescrit, afin de déterminer:

- la stabilité des dimensions;
- l'aptitude du revêtement à l'injection locale.

Les méthodes d'essai sont à l'étude.

8.6.2 Câble terminé

A l'étude.

8.7 Pénétration d'eau (pour câbles remplis uniquement)

Le câble doit être contrôlé conformément à la CEI 794-1, méthode F5B.

D'autres critères d'acceptation peuvent être appliqués, en accord avec les prescriptions spécifiques du client.

8.8 Hydrogène

A l'étude.

8.9 Résistance pneumatique (pour câbles non remplis uniquement)

Si les câbles non remplis sont protégés par une pressurisation gazeuse, la résistance pneumatique d'un câble doit être déterminée en utilisant la méthode suivante:

La température ambiante et la pression barométrique doivent être mesurées.

Une longueur de câble terminé doit être connectée à une extrémité à un débit d'air sec régulier alimenté par une source de pression régulée fournissant de l'air sec à 5% de HR à 20 °C, ou mieux. L'autre extrémité du câble doit être ouverte à l'air libre.

La pression d'air exercée à l'extrémité du câble doit être de 62 kPa \pm 2 % et le débit d'air régulier doit être enregistré en utilisant un débitmètre étalonné à \pm 10 %. D'autres pressions peuvent être appliquées en accord avec les prescriptions spécifiques de l'utilisateur.

Seuls les passages d'air dans l'âme du câble doivent être pris en compte dans la mesure.