

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Optical fibre cables –

Part 3-11: Outdoor cables – Product specification for duct, directly buried, and lashed aerial single-mode optical fibre telecommunication cables

Câbles à fibres optiques –

Partie 3-11: Câbles extérieurs – Spécification de produit pour les câbles de télécommunication à fibres optiques unimodales, destinés à être installés dans des conduites, directement enterrés et en aériens ligaturés





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60794-3-11

Edition 2.0 2010-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Optical fibre cables –

Part 3-11: Outdoor cables – Product specification for duct, directly buried, and lashed aerial single-mode optical fibre telecommunication cables

Câbles à fibres optiques –

Partie 3-11: Câbles extérieurs – Spécification de produit pour les câbles de télécommunication à fibres optiques unimodales, destinés à être installés dans des conduites, directement enterrés et en aériens ligaturés

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-88910-974-6

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions and symbols.....	7
3.1 Terms and definitions	7
3.2 Symbols	7
4 General information	7
4.1 Overview.....	7
4.2 General cable description	7
4.2.1 Characteristics of optical fibre	7
4.2.2 Characteristics of optical fibre cable elements	8
4.2.3 Characteristics of optical fibre cables	8
4.2.4 Environmental and product safety requirements.....	8
4.3 Optical fibre splice-ability.....	8
4.4 Testing.....	9
4.4.1 General	9
4.4.2 No change in attenuation	9
4.4.3 No change in fibre strain	9
5 Requirements for cabled single-mode optical fibres.....	9
5.1 Fibre materials	9
5.2 Optical requirements.....	10
5.2.1 General	10
5.2.2 Attenuation coefficient.....	10
5.2.3 Attenuation discontinuities.....	11
5.2.4 Cable cut-off wavelength.....	11
5.2.5 Polarization mode dispersion (PMD).....	11
5.2.6 Group index.....	12
6 Requirements for cable elements.....	12
6.1 Element design.....	12
6.1.1 General	12
6.1.2 Modularity.....	12
6.1.3 Fibre and element identification.....	12
6.2 Element characteristics.....	13
6.2.1 Ribbon.....	13
6.2.2 Tube kinking	13
7 Requirements for optical cables	14
7.1 Cable construction.....	14
7.1.1 General	14
7.1.2 Cable core	14
7.1.3 Anti-buckling and strength element splicing	14
7.1.4 Cable element stranding	14
7.1.5 Spliced fibres.....	14
7.1.6 Spare fibres	14
7.1.7 Cable sheath removal	15
7.1.8 Armouring.....	15

7.2	Marking	15
7.2.1	Sheath marking	15
7.2.2	Identification marking	15
7.2.3	Cable length marking	16
7.3	Cable core materials	16
7.3.1	Tube filling compound material (if required)	16
7.3.2	Water-blocking material	16
7.3.3	Cable material compatibility	16
7.3.4	Tube material	16
7.4	Cable sheath	17
7.4.1	Sheath material	17
7.4.2	Sheath thickness	17
7.4.3	Outer cable diameter	17
7.4.4	Moisture barrier	17
7.4.5	Rodent resistant barrier	17
7.5	Mechanical requirements	17
7.5.1	General	17
7.5.2	Bend	17
7.5.3	Impact	18
7.5.4	Crush	18
7.5.5	Tensile performance	19
7.5.6	Torsion	20
7.5.7	Repeated bending	20
7.6	Environmental requirements	21
7.6.1	Temperature cycling	21
7.6.2	Stripping force stability of cabled optical fibres	22
7.6.3	Water penetration	23
7.6.4	Environmental impact	23
7.7	Electrical protection	23
8	Quality assurance	23
Annex A (informative)	Guidance for ITU-T and IEC cabled fibre and fibre references	24
Annex B (informative)	Fibres	25
Bibliography		27
Figure 1	– For all cycles except last	21
Figure 2	– Last cycle	21
Table 1	– Requirements for the attenuation coefficient of cabled fibre	10
Table 2	– Colour for individual fibres or units (listed alphabetically)	12
Table A.1	– ITU-T & IEC Cross reference	24
Table B.1	– Dimensional attributes and measurement methods	25
Table B.2	– Mechanical attributes and test methods	26
Table B.3	– Transmission attributes and measurement methods	26
Table B.4	– Environmental exposure tests	26
Table B.5	– Attributes measured during or after environmental exposure	26

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRE CABLES –

**Part 3-11: Outdoor cables –
Product specification for duct, directly buried, and lashed aerial
single-mode optical fibre telecommunication cables**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). 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. 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 IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60794-3-11 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2007. It constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are as follows:

- the title of the specification has been updated to include lashed applications;
- the fibres specification clause (subclause 5.2.2) has been enlarged to include fibre types B6_a.

This bilingual version, published in 2011-04, corresponds to the English version.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
86A/1314/FDIS	86A/1326/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of IEC 60794 series, published under the general title *Optical fibre cables*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

OPTICAL FIBRE CABLES –

Part 3-11: Outdoor cables – Product specification for duct, directly buried, and lashed aerial single-mode optical fibre telecommunication cables

1 Scope

This part of IEC 60794 sets forth technical requirements and characteristics of single-mode optical fibre cables for duct and direct buried installation.

This specification includes functional mechanical, environmental and optical requirements, recommended features and test methods for assessing the product against the stated requirements.

The specified test methods, where applicable, are those referenced in IEC 60794-1-1 and described in detail in IEC 60794-1-2.

The requirements of this specification supplement those of IEC 60794-3 and IEC 60794-3-10

Multimode fibre requirements are not addressed in this standard; see IEC 60794-3-12.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60708, *Low-frequency cables with polyolefin insulation and moisture barrier polyolefin sheath*

IEC 60793-1-22, *Optical fibres – Part 1-22: Measurement methods and test procedures – Length measurement*

IEC 60793-1-40, *Optical fibres – Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation*

IEC 60793-1-44, *Optical fibres – Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength*

IEC 60793-1-48, *Optical fibres – Part 1-48: Measurement methods and test procedures – Polarization mode dispersion*

IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*

IEC 60794-1-1, *Optical fibre cables – Part 1-1: Generic specification – General*

IEC 60794-1-2, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures*

IEC 60794-3 (all parts), *Optical fibre cables – Part 3: Sectional specification – Outdoor cables*

IEC 60794-3-10, *Optical fibre cables – Part 3-10: Outdoor cables – Family specification for duct, directly buried and lashed aerial optical telecommunication cables*

IEC 60811-1-1, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables and optical cables – Part 1-1: Methods for general application – Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties*

IEC/TR 61931, *Fibre optic – Terminology*

IEC/TR 62000, *Single mode fibre compatibility guidelines*

3 Terms, definitions and symbols

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61931 apply.

3.2 Symbols

The following symbols are used in this document:

λ_{cc}	cable cut-off wavelength
d	outer cable diameter
SZ	technique in which the lay reverses direction periodically.

4 General information

4.1 Overview

Single-mode optical fibres are widely used for telecommunication purposes and are cabled to satisfy the functional requirements of the installation environment. Further, cables placed into ducts and sub-ducts may be installed using solely, or a combination of, pushing, pulling, and air-assisted installation techniques. For duct installation, the environment and infrastructure can be varied and may also involve the use of single and multiple sub-ducts. Directly buried cables may be installed by a variety of methods such as ploughing and trenching with different environments and infrastructure. This may require specific cable design solutions based on multiple layers of armours and sheaths. It is recognised that certain designs of cable for direct buried applications involving such solutions may also be suitable for duct installation. The functional requirements and test methods featured in this specification are based upon adherence to established and recognised installation techniques such as those included in Annex C of IEC 60794-1-1.

NOTE Annex C of IEC 60794-1 should become a technical report.

4.2 General cable description

4.2.1 Characteristics of optical fibre

Single-mode optical fibres are classified according to their operational wavelength and dispersion characteristics. The fibres covered by this specification are categorised as type B and are described in IEC 60793-2-50. The fibre types featured in this specification are listed below:

- dispersion unshifted (B1.1, B1.3);
- bending loss insensitive (B6);
- dispersion shifted (B2);

cut-off shifted (B1.2), non-zero dispersion (B4) - While cut-off shifted B1.2 fibre can be used in terrestrial applications, it is mainly used in submarine applications;

wide-band non-zero dispersion-shifted (B5).

(See Annex A for ITU-T cabled optical fibre references).

4.2.2 Characteristics of optical fibre cable elements

Optical fibre cable elements such as buffer tubes (loose or not), slotted core, fibre ribbons, fibre bundles and central/core tubes shall be suitably designed to provide adequate means of fibre location, identification, modularity, protection during cable manufacture, installation and termination. The structure of these elements, and the materials used in their manufacture, shall not have any long term detrimental effects on fibre performance during the service life of the cable, splice enclosure and/or cabinet. To satisfy these functional requirements, the different elements shall comply with the requirements of IEC 60794-3 series as well as those outlined in Clause 6 of this standard.

4.2.3 Characteristics of optical fibre cables

Optical fibre cables, for the intent of this standard, are completed cable products as shipped by the manufacturer typically on disposable reels. Such products do not require additional assembly, or the use of additional materials or protection to meet the requirements contained herein. Some assembly or added protection is usually required only where the cables are terminated to other cables or equipment, and typically involve the use of an optical fibre closure or other hardware to protect cable splice or connectorization points. The required levels of protection for the fibre can be achieved by laying up or assembling the cable elements in association with suitable strength and/or anti-buckling members. These can be either metallic or non-metallic and positioned at the centre of the cable core or as peripheral members in or underneath the outer cable sheath. The cable may also contain moisture barrier tapes, metallic or non-metallic tapes, and water blocking or swellable materials.

4.2.4 Environmental and product safety requirements

IEC Guide 104 should be taken into account as far as possible. The materials of the cables in contact with the environment shall not be hazardous to the environment and personnel.

It should be noted that the cables specified by this standard are rarely accessible once installed. Therefore, the risk of exposure to hazardous materials, if any, is mostly a concern in the handling of the cable during manufacturing and installation. Additionally, the type of outer sheath specified herein is generally considered to be non-toxic, therefore the risk to the environment or personnel is minimal once properly installed.

This standard does not address the use of all types of cable materials that may be utilized in various cable designs to support meeting the requirements unique to a specific type of special application (e.g., very high temperatures or resistance to specific chemical attack). In such cases, it is incumbent on the customer and supplier to agree on the requirements applicable to such materials and cable designs, and to determine any special handling precautions or instructions needed as a result of their use.

4.3 Optical fibre splice-ability

All of the single-mode fibre types covered in this specification can readily achieve very low splice loss levels using a range of commercially available splicing techniques.

Typical bi-directional splice losses at 1 550 nm should be below 0,1 dB, with an average of 0,05 dB for fusion splices between fibres of the same category (B1-B1, or B2-B2, etc.) performed by skilled operators on active alignment splicers according to the current best practices. Additional fibre compatibility guidelines are provided in IEC/TR 62000.

NOTE 1 Higher maximum splice losses can be tolerated without affecting the link transmission capability.

NOTE 2 Splices of fibres of the same category, but different manufacturers and/or different production processes, do generally not exceed the above values.

NOTE 3 If fibres of different categories (B1-B2, B1-B4, etc.) are spliced, typically the splice loss is slightly higher than with splices between fibres of the same category.

4.4 Testing

4.4.1 General

For all test procedures, the atmospheric conditions shall be (23 °C ± 5 °C, and 20 % to 70 % relative humidity), unless otherwise specified. All measured and computed values are to be rounded to the number of decimal places given in the corresponding acceptance criteria for each requirement. The number of fibres to be tested shall be agreed upon between the customer and supplier.

4.4.2 No change in attenuation

4.4.2.1 General

For some of the parameters specified in this standard, the objective is no change in attenuation.

These parameters may be affected by measurement uncertainty arising from measurement errors or calibration errors due to a lack of suitable reference standards. Acceptance criteria shall be interpreted with respect to this consideration.

4.4.2.2 No change in attenuation - single-mode

The total uncertainty of measurement for this standard shall be 0,05 dB for attenuation or 0,05 dB/km for attenuation coefficient. Any measured value within this range shall be considered as “no change in attenuation”.

The requirement for these parameters is indicated as “no change (± 0,05 dB)” or “no change (± 0,05 dB/km)”. By agreement between the customer and the supplier, minor deviation from this limit may be accepted at some low frequency, e.g. less than 10 %. However, for mechanical tests no deviation in excess of 0,15 dB shall be accepted. For environmental tests, no deviation in excess of 0,10 dB/km shall be accepted.

4.4.3 No change in fibre strain

For some of the parameters specified in this standard, the objective is zero strain.

These parameters may be affected by measurement uncertainty arising from measurement errors or calibration errors due to a lack of suitable reference standards. Acceptance criteria shall be interpreted with respect to this consideration.

The total uncertainty of measurement for this standard shall be 0,05 % strain. Any measured value within this range shall be considered as “zero”.

5 Requirements for cabled single-mode optical fibres

5.1 Fibre materials

Use optical fibre as specified in IEC 60793-2-50.

The coating surface shall be cleaned (e.g. from cable filling compounds) with only those cleaning agents recommended by the fibre manufacturer. In any case, chlorine-based cleaning agents shall not be used because of the health hazards involved.

5.2 Optical requirements

5.2.1 General

All optical fibre transmission attributes shall comply with 5.4 of IEC 60793-2-50. Attributes of the cabled fibre (attenuation, point discontinuity, polarization mode dispersion, cable cut-off wavelength and group index) are specified in the following subclauses. Other fibre attributes in IEC 60793-2-50 are summarized in the informative Annex B.

5.2.2 Attenuation coefficient

The cabled fibre attenuation coefficients for the fibre types covered by this specification shall meet the following requirements in Table 1, or as otherwise agreed upon between the customer and the supplier.

Table 1 – Requirements for the attenuation coefficient of cabled fibre

Wavelength	Fibre type (maximum attenuation in dB/km)						
	B1.1	B1.2	B1.3	B2	B4	B5	B6_a
1 310 nm	0,40	NA	0,40	0,50	^a	NA	0,40
1 383 nm	NA	NA	0,40 ^b	NA	NA	NA	0,40 ^b
1 550 nm	0,35	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,30
1 625 nm	0,40 ^c	0,40 ^c	0,40 ^c	0,40 ^c	0,40 ^c	0,40 ^c	0,40 ^c
NA = Not applicable. ^a 1 310 nm is not specified unless agreed otherwise between the customer and the supplier. ^b 1383 nm attenuation is specified after hydrogen aging as per IEC 60793-2-50. ^c 1625 nm attenuation values are optionally specified by the customer.							

Fibre type definitions are provided in IEC 60793-2-50 for single-mode fibre. For informative purposes, they are described below:

B1.1: Single-mode fibre with a zero dispersion between 1 300 nm to 1 324 nm, which is optimised for use in the 1 310 nm region and is compatible in the 1 550 nm region.

B1.2: Dispersion unshifted single-mode fibre that is optimised for 1 550 nm transmission with a cable cut-off wavelength 1 530 nm.

B1.3: Single-mode fibre similar to B1.1 but has a low loss at 1383 nm to provide additional compatibility between 1 360 nm to 1 460 nm.

B2: Dispersion shifted single-mode fibre with a zero dispersion in the 1 525 nm to 1 575 nm region.

B4: A non-zero dispersion shifted single-mode fibre (NZDSF) that is optimised for 1 550 nm transmission with the zero dispersion outside the 1 530 nm to 1 565 nm region.

B5: A non-zero dispersion shifted single-mode fibre (NZDSF) that is optimised for 1 460 nm to 1625 nm transmission with the zero dispersion region below 1 460 nm.

B6_a: A bending loss insensitive fibre compatible with B1.3 fibre that is suitable for use in the access networks, including inside buildings.

Test procedure:

Measurements shall be made in accordance with IEC 60793-1-40 at room temperature (23 °C ± 5 °C).

5.2.3 Attenuation discontinuities

Point discontinuities / local variations representing non-reflective events shall be: 0,10 dB.

a) Test procedure:

Measurements shall be made in accordance with IEC 60793-1-40, method C (backscattering technique).

b) Measurement variables:

Wavelength: 1 310 nm and/or 1 550 nm.

5.2.4 Cable cut-off wavelength

Cable cut-off wavelength λ_{cc} shall be:

λ_{cc}	1 260 nm for fibre types B1.1 and B1.3;
λ_{cc}	1 270 nm for fibre type B2;
λ_{cc}	1 450 nm for fibre type B4 and B5;
λ_{cc}	1 530 nm for fibre type B1.2;
λ_{cc}	1 260 nm for fibre types B6_a.

Test procedure:

Cut-off wavelength measurements shall be made in accordance with IEC 60793-1-44.

5.2.5 Polarization mode dispersion (PMD)

Polarization mode dispersion (PMD) is usually described in terms of a differential group delay (DGD), which is the propagation time difference between the principal states of polarization of an optical signal. PMD in cabled fibres and optical components causes an optical pulse to spread in the time domain, which may impair the performance of a long length and high bit rate (e.g. 10 Gbit/s transport over 400 km) optical fibre system. For these systems, only the following evaluation may be useful.

Concerning the statistical nature of PMD in installed cable links, reference is made to IEC 60794-3, Annex A.

The appropriate test method shall be selected from IEC 60793-1-48, which also describes the statistical nature of PMD (see Introduction of IEC 60793-1-48):

- For links ≤ 400 km, the link design value (PMD_Q) shall be less than or equal to 0,20 ps/km^{0,5}. Note, from ITU-T Recommendation G.652 Table I.2/, this maximum link design value should allow the possibility of 3 000 km links at 10 Gbit/s and 80 km (to 200 km) at 40 Gbit/s.
- For links > 400 km, the link design value (PMD_Q) shall be less than or equal to 0,50 ps/km^{0,5}. Note from ITU-T Recommendation G.652 Table I.2 /, this maximum link design value should allow the possibility of 400 km links at 10 Gbit/s.

5.2.6 Group index

This parameter is used to determine the fibre length within cables or cable lengths (taking construction into account) using IEC 60793-1-22, Method B. The group index shall be given at 1 310 nm for B1.1, B1.3, and B2 fibres and at 1 550 nm for all fibres. The group index shall be given at 1 625 nm for any cable specified for operation at 1 625 nm.

6 Requirements for cable elements

6.1 Element design

6.1.1 General

An optical fibre cable element is an assembly of optical fibres arranged in such a way to maintain its structure both inside the cable and once the sheath is removed.

The design intent of a fibre optic cable element is to organize fibres so as to facilitate fibre identification and to improve handling.

Current cable designs may include the following fibre optic cable elements:

- tube(s);
- slotted core(s);
- fibre bundle(s);
- fibre ribbon(s);
- central / core tube.

6.1.2 Modularity

The most common modularities are: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24.

6.1.3 Fibre and element identification

6.1.3.1 Fibre identification

The coated fibre or buffer shall be distinguishable by means of colour coding or positioning. Fibre and cable units shall be distinguishable by means of numbering or colour coding. Cable units are defined as structures within the cable that combines the fibres into groups. For example, this can be accomplished by placing fibres inside a tube, wrapping them with a thread, placing them in a ribbon, placing them inside a slot, or any other method that combines a group of fibres into an identifiable unit. Standard colours listed below alphabetically in Table 2 shall be used, as near as possible (reasonable match) to IEC 60304.

The colour code system is to be agreed upon between the customer and the supplier.

Table 2 – Colour for individual fibres or units (listed alphabetically)

<i>Colour</i>
Black
Blue
Brown
Green
Grey
Orange
Pink

<i>Colour</i>
Red
Turquoise
Violet
White
Yellow

NOTE For units containing more than 12 fibres, fibres should be identified by combining the above sequence with an added identification (e.g. ring marking, dashed mark, tracer or coloured unit binders).

6.1.3.2 Element identification

The optical fibre cable elements shall be identified uniquely. One method is by the same colour code as for the fibre identification. The first twelve elements (1-12) are identical to the first twelve fibre colours. The next groups of twelve elements shall be identified by combining the twelve colour sequence with an added identification.

Further alternatives are

- printing the sequential number on the element,
- marker/reference system (e.g. first element blue, second element yellow, followed by other elements uncoloured),
- marking of the slots or the ribs in slotted core construction,
- block-bar numbering.

6.2 Element characteristics

6.2.1 Ribbon

Optical fibre ribbons shall comply with IEC 60794-3.

6.2.2 Tube kinking

The resistance of stranded loose tube elements to kinking shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method G7.

Test conditions:

Number of cycles: 5

Length L = 100 mm for tube diameter: d 2,0 mm

Length L = 70 mm for tube diameter: 2,0 mm d 2,8 mm

Length L = 50 mm for tube diameter: d 2,8 mm

Length $L1$: 350 mm

Length $L2$: 100 mm

The sample may be smoothed using a hot air fan.

7 Requirements for optical cables

7.1 Cable construction

7.1.1 General

The cable construction shall ensure protection of fibres from damage during shipping, storage, installation and use. It shall further ensure to maintain the optical characteristics of the fibres within the specified limits during the entire lifetime of the cable.

The features and characteristics given in the following paragraphs are for all general applications of the cables covered by this standard. Special applications may require deviations from these characteristics, to be agreed between the customer and the supplier.

The cable manufacturer shall give a description of the cable and particularly the arrangements of cable elements and the location and material of the strength members. The description may include a schematic cross-sectional drawing.

7.1.2 Cable core

Unless otherwise agreed, the cable core shall be longitudinally water-blocked, which may be achieved by gel, water swellable materials or other suitable materials.

7.1.3 Anti-buckling and strength element splicing

Splices are allowed in anti-buckling or strength elements if the mechanical requirements of the cable are fulfilled (e.g. tensile strength and bending requirements).

Every anti-buckling and strength element splice shall have a strength of at least 80 % the nominal strength of the relevant anti-buckling and strength elements. The diameter of a spliced anti-buckling element shall not be greater than the nominal anti-buckling element diameter.

7.1.4 Cable element stranding

Optical fibre cable elements as described in Clause 6 may be laid up according to the following configurations:

- single optical element(s) without a stranding lay;
- multiple homogeneous optical elements using helical or reverse oscillating (SZ) lay method;
- a number of hybrid configurations in loose tube(s), slotted core(s) or central core tube(s) such as fibre bundles, ribbons or loose tubes.

Fillers, insulated copper wires such as pairs or quads may be laid up with the optical elements, if required.

NOTE The intent of this requirement is that sufficient fibre length be available in the cable structure to accomplish fibre routing and splicing in mid-span access. SZ and single central elements are obvious solutions, but any construction meeting this intent is acceptable.

7.1.5 Spliced fibres

Spliced fibres in the factory length of a cable are not allowed, unless agreed between the customer and the supplier.

7.1.6 Spare fibres

Optical fibre cables shall not contain spare fibres unless agreed between the customer and the supplier.

NOTE A spare fibre is a fibre which is added to a cable element in extension of the nominal fibre content of this element.

7.1.7 Cable sheath removal

The supplier shall provide an appropriate method for sheath removal, such as the provision of one or two ripcords under the sheath.

7.1.8 Armouring

For direct burial, armouring (metallic or non-metallic) may be required, depending on mechanical and environmental conditions as agreed between the customer and the supplier including adapted mechanical cable requirements (see 7.5). Additional cable mechanical testing can be agreed upon by the customer and the supplier.

7.2 Marking

7.2.1 Sheath marking

The cable shall be marked by one of the following methods: sintering, embossing, hot foil, ink-jet, laser, indent or imprinting.

The abrasion resistance of the sheath markings shall comply with IEC 60794-1-2, method E2B.

Depending on the cable marking method used, one of the following test methods shall be used:

Method 1: Steel needle diameter $d = 1,0$ mm

Load: 4 N

Number of cycles: 100 to 300 cycles depending on customer requirement.

or

Method 2: Felt pad to consist of either 1) water soaked wool felt or 2) rayon felt with 30 % wool

Weight: 450 g

Number of cycles: 3

7.2.2 Identification marking

The markings on each length of cable shall be in accordance with the customer and the supplier requirements. Unless specified otherwise, the marking shall contain, at minimum, the following:

- designation (e.g. words or graphic identifying cable as an “optical cable”);
- number of fibres;
- type of fibres (e.g. B1,);
- name of the supplier or product brand name;
- year of manufacture.

7.2.3 Cable length marking

Unless otherwise agreed, the difference between the length shown by the length marker and the actual length shall not be more than $-\frac{1}{0}$ % of the actual length (that is the actual cable length shall always be equal to or longer than the marked length). Other tolerances can be allowed provided the cable length is assured by other means.

The cable shall have sequentially numbered length markings on the sheath at 1 m intervals. Alternate length marking is also acceptable. The length marking shall not be reset to zero for the entire length of cable. The length marking can start with a value different from zero.

If agreed between the customer and the supplier, cables may be re-marked in accordance with the following.

Defective marking may be removed and the cable re-marked with the same colour.

Alternatively, the defective marking may remain and the cable re-marked, using preferably a yellow marking on a different portion of the circumference. This marking shall meet all of the original requirements. Any cable that contains two sets of cable markings shall be labelled to indicate the colour of the marking to be considered.

7.3 Cable core materials

7.3.1 Tube filling compound material (if required)

The tube filling compound, if used, shall comply with IEC 60794-1-2, method E15. The following acceptance criteria apply:

- bleeding: 2 %;
- evaporation: 0,5 %, at 80 °C;
- duration: 24 h.

7.3.2 Water-blocking material

Dry water blocking materials and/or compounds may be used to ensure water-tightness of the cable core. Flooding compound may also be used as the water blocking material in the cable core.

Filling and water-blocking material flow:

A representative sample of cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method E14. The filling and water-blocking materials shall not flow at or below 70 °C.

7.3.3 Cable material compatibility

The compatibility of fibre coating and tube filling material shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method E5.

7.3.4 Tube material

The tube shall be such that the fibres maintain their performance under operating conditions. Handling requirements for buffer tubes shall be agreed upon by the customer and the supplier.

7.4 Cable sheath

7.4.1 Sheath material

The recommended sheath material is UV-resistant black polyethylene. Other suitable materials can be considered.

7.4.2 Sheath thickness

Unless otherwise agreed, the minimum outer sheath thickness at any spot shall meet the below criteria:

- a) Outer sheath of multiple-jacket cables: 0,8 mm.
- b) Outer sheath of single jacket unarmoured cables: 0,9 mm.
- c) Outer sheath of single jacket armour cables: 1,0 mm.
- d) Outer sheath over embedded strength members: 0,4 mm over embedded strength members.

For special applications, other sheath thickness may be chosen when agreed between the customer and the supplier.

The test method shall be as given in IEC 60811-1-1 (end sample measurement).

7.4.3 Outer cable diameter

The outer diameter of the cable shall be measured in accordance with IEC 60811-1-1 and shall not exceed the supplier's stated maximum.

7.4.4 Moisture barrier

If required, additional moisture protection shall be provided by a tape. If the tape is metallic it shall be coated on at least one side with a polymer film with a sufficient longitudinal overlap and bonded to the sheath. The adhesion of the metallic tape to the sheath shall be tested in accordance with IEC 60708.

The nominal thickness of the tape, excluding the polymer layer(s), shall be sufficient to prevent ingress of moisture.

7.4.5 Rodent resistant barrier

If required, additional protection layers shall be applied over the cable core. Protective barriers shall use materials of sufficient design and thickness to meet rodent resistance requirements as agreed upon by customer and supplier.

7.5 Mechanical requirements

7.5.1 General

For directly buried or armoured cables, the mechanical requirement could be adapted by agreement between the customer and the supplier.

7.5.2 Bend

The cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method E11.

- a) Detail requirements

There shall be “no change ($\pm 0,05$ dB)” in attenuation when measured in the 1 550 nm region at room temperature. For 1 625 nm applications, performance criteria shall be mutually agreed upon between the customer and the supplier.

If required by the customer, after the cable has come to thermal equilibrium at -30°C or at the lowest specified installation temperature for warmer climates, the change in attenuation relative to ambient temperature shall be $\pm 0,1$ dB.

b) Test conditions

Diameter of mandrel: The greater of $20 d$ or the static bend diameter agreed between the customer and the supplier.

For cable incorporating a non-metallic rod and/or metallic armouring, bending shall be limited to a value from $20 d$ to $80 d$.

Number of turns/helix: 4

Number of cycles: 3

7.5.3 Impact

The cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method E4.

a) Detail requirements

Under visual examination without magnification there shall be no damage to the sheath or to the cable elements. The imprint of the striking surface on the sheath is not considered mechanical damage.

The residual increase in attenuation shall be $\pm 0,1$ dB at 1 550 nm. For 1625 nm applications, performance criteria shall be mutually agreed upon between the customer and the supplier.

b) Test conditions

Striking surface radius: 10 mm or 300 mm ± 3 mm.

Impact energy:

Non-armoured cable: 3 J with striking surface radius of 10 mm or 10 J with striking surface radius of 300 mm.

Armoured cable: 10 J with striking surface radius of 10 mm, or 20 J with striking surface radius of 300 mm depending on particular customer conditions.

Other criteria may be agreed between the customer and the supplier.

Number of impacts: One in 3 different places spaced not less than 500 mm apart.

7.5.4 Crush

The cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method E3.

a) Detail requirements

After release of the short term load, there shall be “no change ($\pm 0,05$ dB)” in attenuation when measured at 1 550 nm.

Prior to release of the long term load, there shall be “no change ($\pm 0,05$ dB)” in attenuation when measured at 1 550 nm.

For 1 625 nm applications, performance criteria shall be mutually agreed upon between the customer and the supplier.

Under visual examination, there shall be no damage to the sheath or to the cable elements. The imprint of the plate or mandrel on the sheath is not considered mechanical damage.

b) Test conditions

It is optional to perform the crush test with either a plate/plate or a mandrel/plate (mandrel diameter = 25 mm). Note that the short term test may be performed separately or prior to the long term test. The choice of plate/plate and mandrel/plate should be agreed upon between the customer and the supplier.

Short term test: Apply the following load for 1 min, after release of load measure the change in attenuation.

	Plate/Plate	Mandrel/Plate
Unarmoured cable:	1,5 kN	1,5 kN
Armoured cable:	2,2 kN	2,0 kN

Alternative loads may be applied as agreed upon between the customer and the supplier to meet particular customer conditions.

Long term test: Apply the load for 10 min.

	Plate/Plate	Mandrel/Plate
Unarmoured cable:	0,75 kN	0,75 kN
Armoured cable:	1,1 kN	1,0 kN

Alternative loads may be applied as agreed upon between the customer and the supplier to meet particular customer conditions.

7.5.5 Tensile performance

The cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method E1A (attenuation change) and method E1B (fibre elongation strain).

a) Detail requirements

The maximum rated cable installation load T_M (Newton) shall be specified. It should be noted that this is a short term load. Depending on the application and cable construction and agreement between the customer and the supplier, a maximum tensile force less than the calculation (for example 2 700 N) may be allowed.

The main criteria are as follows:

T_M shall be “9,8 a m ”.

m is the mass of 1 km of cable, in kg.

9,8 is the acceleration due to gravity on earth, in m/s^2 .

a is the multiplier for to cover variations in application conditions. “ a ” = 1; however different values may be used with agreement between the customer and the supplier (i.e. some regions specify “ a ” = 1,5 for cable pulled into ducts).

At T_M , the fibre strain shall be less than 60 % of the proof test level of the fibre. Fibre strain shall be measured in accordance with IEC 60794-1-2, method E1B.

The long term operating load T_L shall be 30 % of the maximum rated installation load.

At T_L , the fibre strain shall be less than 20 % of the proof test level of the fibre.

At T_L , the attenuation increase shall be “no change (0,05 dB)” at 1 550 nm. For 1 625 nm applications, performance criteria shall be mutually agreed upon between the customer and the supplier.

Other criteria may be agreed between the customer and the supplier.

Under visual examination without magnification, there shall be no damage to the sheath or to the cable elements.

b) Test conditions

Cable length under tension: not less than 50 m. Taking into account the measurement accuracy and end effects, shorter lengths may be used by agreement between the customer and the supplier.

Load duration: 5 min.

Fibre length: Finished cable length.

Tensile load on cable: Rated maximum tensile load during installation (short term load) for the cable and maximum rated long term load. Other loads may be applied in accordance with particular customer conditions.

Diameter of test pulleys: 1 m but not less than the minimum loaded bending diameter specified for the cable. The dynamic bend diameter under load shall be agreed between customer and supplier.

7.5.6 Torsion

The cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method E7.

a) Detail requirements

Under visual examination without magnification, there shall be no damage to the sheath or to the cable elements.

The variation on attenuation for each fibre shall be less than or equal to 0,10 dB at 1 550 nm. For 1 625 nm applications, performance criteria shall be mutually agreed upon between the customer and the supplier.

There shall be no permanent change in attenuation after the test.

b) Test conditions

Length under test: Maximum 1 m.

Sample rotation (degrees torsion/m): 90 °/m turn in each direction (e.g. one half turn of 180 ° over the length of 2 m in each direction).

Number of cycles: 5.

7.5.7 Repeated bending

The cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method E6.

a) Detail requirements

Under visual examination without magnification, there shall be no damage to the sheath and to the cable elements.

b) Test conditions

Bending radius:	20 <i>d</i> .
Load:	Adequate to assure uniform contact with the mandrel.
Number of cycles:	25 or different number of cycles may be applied in accordance with particular customer conditions.
Duration of cycle:	Approximately 2 s.

7.6 Environmental requirements

7.6.1 Temperature cycling

The cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method F1. All but the last cycle may use the “one cycle procedure”. The last cycle shall use the “combined test procedure”.

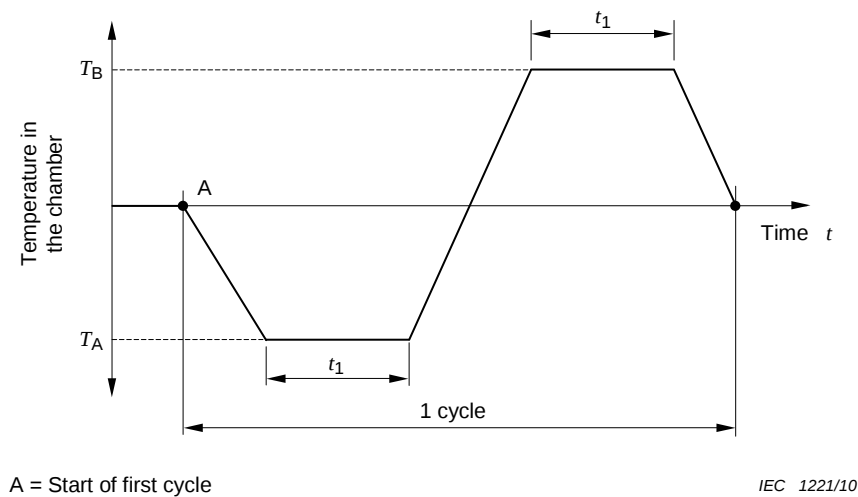


Figure 1 – For all cycles except last

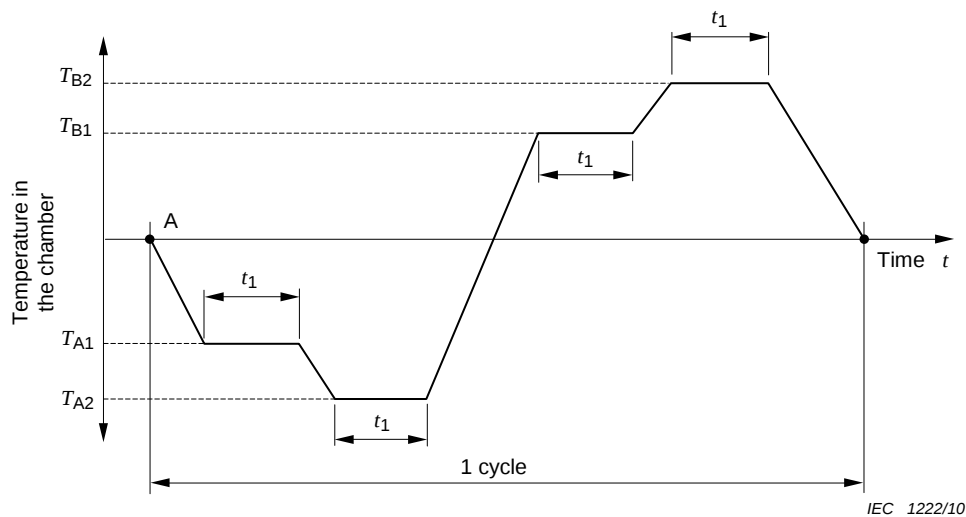


Figure 2 – Last cycle

a) Detail requirements

For T_{A2} and T_{B2} , the change in attenuation coefficient measured in the last cycle shall be 0,15 dB/km from the initial ambient temperature.

For T_{A1} and T_{B1} , there shall be “no change (0,05 dB/km)” in attenuation coefficient measured during the last cycle from the initial ambient temperature.

On completion of the test at the ambient temperature, the change of attenuation coefficient shall be less than 0,05 dB/km.

The measurements shall be made in the 1 550 nm region. For 1 625 nm applications, performance criteria shall be mutually agreed upon between the customer and supplier.

b) Test conditions

Sample length: Finished cable length of at least 500 m.

Temperature

High temperature, T_{B2} : +60 °C or +70 °C, depending on customer requirements.

Low temperature, T_{A2} : –40 °C or –45 °C, depending on customer requirements.

High temperature, T_{B1} : +30 °C to +60 °C, depending on customer requirements.

Low temperature, T_{A1} : –10 °C to –20 °C, depending on customer requirements.

NOTE Alternative high and low temperatures may be agreed between the customer and the supplier for warmer or colder climates.

Rate of heating: Sufficiently slow that the effect of changing the cooling temperature does not cause temperature shock.

t_1 : Temperature cycling test dwell time sufficient to reach thermal stability throughout the entire cable test length.

Definition of the temperature range in a cycle: T_{A2} to T_{B2}

Definition of the temperature range in the last cycle: T_{A2} , T_{A1} , T_{B1} , T_{B2}

Number of cycles: 2, but additional cycles may be required in accordance with particular customer requirements.

For some cable constructions, it can be important to specify which fibres are tested. For example, ribbon cables should include fibres in the corners and middle of the ribbon stack. These details should be agreed between the customer and the supplier.

7.6.2 Stripping force stability of cabled optical fibres

The fibres of the cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method E5.

a) Detail requirements

After conditioning: At standard atmospheric conditions, the average strip force required to remove 50 mm of the fibre's coating shall not be greater than 5 N and not less than 1 N.

b) Test conditions:

Test condition should be agreed between the customer and the supplier. For example, 168 h at 70 °C is a test condition that may be used.

7.6.3 Water penetration

Water-blocked cables shall be tested in accordance with IEC 60794-1-2, method F5 (end test).

7.6.4 Environmental impact

Any material used in the cable shall be non-toxic and shall not provide a health hazard during normal operational conditions. If requested, the manufacturer shall be capable of providing details on the environmental impact of the cable.

7.7 Electrical protection

All metallic elements used in the cable (e.g., longitudinally applied metallic tape, steel strength members, insulated copper conductors) shall be electrically continuous.

8 Quality assurance

Compliance with specification requirements shall be verified by carrying out tests as indicated in the relevant part of IEC 60794. It is not intended that all tests shall be carried out on every length of cable. The frequency of testing shall be agreed between the customer and the supplier.

It is the responsibility of the supplier to establish quality assurance by quality control procedures, which ensure that the product meets the requirements of this standard. When the customer wishes to specify acceptance tests to other quality procedures, it is essential that an agreement is reached between the customer and the supplier at the time of ordering.

Annex A (informative)

Guidance for ITU-T and IEC cabled fibre and fibre references

A.1 Guidance for ITU-T and IEC cabled fibre and fibre references

This specification is intended to provide cable that is compatible with:

- ITU-T Recommendation G.652, *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable*
- ITU-T Recommendation G.653, *Characteristics of a dispersion-shifted optical fibre and cable*
- ITU-T Recommendation G.654, *Characteristics of a cut-off shifted optical fibre and cable*
- ITU-T Recommendation G.655, *Characteristics of a non-zero dispersion-shifted optical fibre and cable*
- ITU-T Recommendation G.656, *Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband transport*
- ITU-T Recommendation G.657, *Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network*

This specification references the following IEC optical fibre specifications to be used within the cable:

- IEC 60793-2, *Optical fibres – Part 2: Product specifications – General*
- IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications - Sectional specification for class B fibres*

The fibre specifications are organized as a series of sectional specification standards beneath a general specification. Within each sectional specification there is a series of normative annexes that define the requirements for the different family specifications. Within the fibre sectional specification, IEC 60793-2-50, for example, are the family specifications for the B1.1, B1.2, B1.3, B2, B4, B5, and B6 fibre categories.

Table A.1 – ITU-T and IEC cross-reference

IEC Designation	B1.1	B1.2	B1.3	B2	B4	B5	B6_a
ITU Designation	G.652.A and G.652.B	G.654	G.652.C and G.652.D	G.653	G.655	G.656	G.657.A
B1.1: Single-mode fibre with a zero dispersion between 1 300 nm to 1 324 nm, which is optimised for use in the 1 310 nm region and is compatible in the 1 550 nm region. B1.2: Dispersion unshifted single-mode fibre that is optimised for 1 550 nm transmission with a cable cut-off wavelength 1 530 nm. B1.3: Single-mode fibre similar to B1.1 but has a low loss at 1 383 nm to provide additional compatibility between 1 360 nm to 1 460 nm. B2: Dispersion shifted single-mode fibre with a zero dispersion in the 1 525 nm to 1 575 nm region. B4: A non-zero dispersion shifted single-mode fibre (NZDSF) that is optimised for 1 550 nm transmission with the zero dispersion outside the 1 530 nm to 1 565 nm region. B5: A non-zero dispersion shifted single-mode fibre (NZDSF) that is optimised for 1 460 nm to 1 625 nm transmission with the zero dispersion region below 1 460 nm. B6_a: A bending loss insensitive fibre compatible with B1.3 fibre that is suitable for use in the access networks, including inside buildings.							

Annex B (informative)

Fibres

B.1 Fibre materials

The materials used in the manufacture of single-mode optical fibres for incorporation into cables to this specification, shall be of a uniform quality. The core and cladding regions of the fibre shall be made from predominantly purified silica (SiO_2) with a defined and closely controlled refractive index difference. The refractive index of either the core and/or the cladding shall be controlled by the inclusion of small amounts of highly purified dopant materials.

The glass surface shall be protected with one or more layers of suitable inert coating material, such as UV cured acrylates. The coating shall be in intimate contact with the cladding surface to avoid delamination which may expose the glass surface to the environment and shall facilitate removal for connecting and splicing purposes without damage to the fibre.

Optical fibres are inherently robust and strong, but the strength can be reduced due to the combination of environmental conditions, unavoidable microscopic surface flaws introduced during fibre manufacture, and stresses imposed on the fibre during handling, cabling and installation. The strength degradation can be as a result of dynamic or static fatigue as well as through ageing with no stress component. Dynamic fatigue is more likely to occur during installation while static fatigue could occur over the lifetime of the fibre arising from residual strain in the cable or within coiled fibre housed in a splice enclosure or foot-way box. The attenuation of cabled fibre could also increase during its lifetime if the fibre is not suitably protected from mechanical stresses and environmental hazards or if inappropriate and incompatible materials are used in the cable construction. Reference should be made to the guidance given in IEC/TR 62048.

The recommended cable design features, test parameters and requirements outlined in this specification are designed to mitigate these risks and hazards for the optical fibres.

B.2 List of fibre attributes

Tables B.1 to Table B.5 provide a list of fibre attributes.

Table B.1 – Dimensional attributes and measurement methods

<i>Attributes</i>	<i>Measurement methods</i>
Cladding diameter	IEC 60793-1-20
Cladding non-circularity	IEC 60793-1-20
Core-cladding concentricity error	IEC 60793-1-20
Primary coating diameter	IEC 60793-1-21
Primary coating non-circularity	IEC 60793-1-21
Coating-cladding concentricity error	IEC 60793-1-21
Fibre length	IEC 60793-1-22

Table B.2 – Mechanical attributes and test methods

<i>Attributes</i>	<i>Test methods</i>
Proof test	IEC 60793-1-30
Tensile strength	IEC 60793-1-31
Primary coating strippability	IEC 60793-1-32
Stress corrosion susceptibility	IEC 60793-1-33
Fibre curl	IEC 60793-1-34

Table B.3 – Transmission attributes and measurement methods

<i>Attributes</i>	<i>Measurement methods</i>
Attenuation coefficient	IEC 60793-1-40
Chromatic dispersion	IEC 60793-1-42
Cable cut-off wavelength	IEC 60793-1-44
Mode field diameter	IEC 60793-1-45
Change of optical transmission	IEC 60793-1-46
Macrobending loss	IEC 60793-1-47
Polarisation mode dispersion	IEC 60793-1-48

Table B.4 – Environmental exposure tests

<i>Attributes</i>	<i>Test methods</i>
Damp heat tests	IEC 60793-1-50
Dry heat tests	IEC 60793-1-51
Change of temperature tests	IEC 60793-1-52
Water immersion tests	IEC 60793-1-53

Table B.5 – Attributes measured during or after environmental exposure

<i>Attributes</i>	<i>Test methods</i>
Change in optical transmission	IEC 60793-1-46
Attenuation	IEC 60793-1-40
Coating strip force	IEC 60793-1-32
Tensile strength	IEC 60793-1-31
Stress corrosion susceptibility	IEC 60793-1-33

Bibliography

IEC Guide 104, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

IEC 60304, *Standard colours for insulation for low-frequency cables and wires*

IEC 60793-1 (all parts), *Optical fibres – Part 1: Measurement methods and test procedures*

IEC 60793-1-20, *Optical fibres – Part 1-20: Measurement methods and test procedures – Fibre geometry*

IEC 60793-1-21, *Optical fibres – Part 1-21: Measurement methods and test procedures – Coating geometry*

IEC 60793-1-30, *Optical fibres – Part 1-30: Measurement methods and test procedures – Fibre proof test*

IEC 60793-1-31, *Optical fibres – Part 1-31: Measurement methods and test procedures – Tensile strength*

IEC 60793-1-32, *Optical fibres – Part 1-32: Measurement methods and test procedures – Coating strippability*

IEC 60793-1-33, *Optical fibres – Part 1-33: Measurement methods and test procedures – Stress corrosion susceptibility*

IEC 60793-1-34, *Optical fibres – Part 1-34: Measurement methods and test procedures – Fibre curl*

IEC 60793-1-42, *Optical fibres – Part 1-42: Measurement methods and test procedures – Chromatic dispersion*

IEC 60793-1-45, *Optical fibres – Part 1-45: Measurement methods and test procedures – Mode field diameter*

IEC 60793-1-46, *Optical fibres – Part 1-46: Measurement methods and test procedures – Monitoring of changes in optical transmittance*

IEC 60793-1-47, *Optical fibres – Part 1-47: Measurement methods and test procedures – Macrobending loss*

IEC 60793-1-50, *Optical fibres – Part 1-50: Measurement methods and test procedures – Damp heat (steady state)*

IEC 60793-1-51, *Optical fibres – Part 1-51: Measurement methods and test procedures – Dry heat*

IEC 60793-1-52, *Optical fibres – Part 1-52: Measurement methods and test procedures – Change of temperature*

IEC 60793-1-53, *Optical fibres – Part 1-53: Measurement methods and test procedures – Water immersion*

IEC 60793-2, *Optical fibres – Part 2: Product specifications – General*

IEC 60794-3-12, *Optical fibre cables – Part 3-12: Outdoor cables – Detailed specification for duct and directly buried optical telecommunication cables for use in premises cabling*

IEC/TR 62048, *The power law theory of optical fibre reliability*

ITU-T Recommendation G.652, *Characteristics of a optical fibre and cable*

ITU-T Recommendation G.653, *Characteristics of a dispersion-shifted optical fibre and cable*

ITU-T Recommendation G.654, *Characteristics of a cut-off shifted optical fibre and cable*

ITU-T Recommendation G.655, *Characteristics of a non-zero dispersion-shifted optical fibre and cable*

ITU-T Recommendation G.656, *Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband transport*

ITU-T Recommendation G.657, *Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	32
1 Domaine d'application	34
2 Références normatives	34
3 Termes, définitions et symboles	35
3.1 Termes et définitions	35
3.2 Symboles	35
4 Informations générales	35
4.1 Vue d'ensemble.....	35
4.2 Description générale des câbles.....	36
4.2.1 Caractéristiques des fibres optiques	36
4.2.2 Caractéristiques des éléments de câble à fibres optiques	36
4.2.3 Caractéristiques des câbles à fibres optiques	36
4.2.4 Exigences environnementales et exigences de sécurité des produits.....	36
4.3 Capacité d'épissurage des fibres optiques.....	37
4.4 Essais	37
4.4.1 Généralités.....	37
4.4.2 Aucune variation de l'affaiblissement.....	37
4.4.3 Aucune variation de l'allongement de la fibre.....	38
5 Exigences pour les fibres optiques unimodales câblées.....	38
5.1 Matériaux de fibre	38
5.2 Exigences optiques	38
5.2.1 Généralités.....	38
5.2.2 Affaiblissement linéique.....	38
5.2.3 Discontinuités d'affaiblissement.....	39
5.2.4 Longueur d'onde de coupure des câbles.....	39
5.2.5 Dispersion du mode de polarisation (PMD)	40
5.2.6 Indice de groupe.....	40
6 Exigences sur les éléments du câbles	40
6.1 Conception des éléments	40
6.1.1 Généralités.....	40
6.1.2 Modularité	41
6.1.3 Identification des fibres et des éléments	41
6.2 Caractéristiques des éléments	42
6.2.1 Ruban	42
6.2.2 Pliure du tube	42
7 Exigences relatives aux câbles optiques.....	42
7.1 Construction du câble.....	42
7.1.1 Généralités.....	42
7.1.2 Âme du câble	43
7.1.3 Epissurage et renforts anti-déformation et de traction	43
7.1.4 Toronnage des éléments de câbles	43
7.1.5 Fibres épissurées	43
7.1.6 Fibres de réserve	43
7.1.7 Retrait de la gaine de câble	43
7.1.8 Armure	43
7.2 Marquage	44

7.2.1	Marquage de la gaine	44
7.2.2	Marquage d'identification.....	44
7.2.3	Marquage de la longueur du câble	44
7.3	Matériaux du cœur du câble	45
7.3.1	Matériau composite de remplissage du tube (si nécessaire)	45
7.3.2	Matériau d'étanchéité	45
7.3.3	Compatibilité des matériaux de câble	45
7.3.4	Matériau du tube	45
7.4	Gaine du câble	45
7.4.1	Matériau de la gaine	45
7.4.2	Épaisseur de la gaine	45
7.4.3	Diamètre du câble extérieur.....	46
7.4.4	Barrières contre l'humidité.....	46
7.4.5	Barrière résistante aux rongeurs.....	46
7.5	Exigences mécaniques.....	46
7.5.1	Généralités.....	46
7.5.2	Courbure	46
7.5.3	Chocs.....	47
7.5.4	Écrasement	47
7.5.5	Résistance à la traction	48
7.5.6	Torsion	49
7.5.7	Courbure répétée	49
7.6	Exigences environnementales	50
7.6.1	Cycle de température	50
7.6.2	Stabilité de la force de dénudage des fibres optiques câblées	51
7.6.3	Essai de pénétration d'eau	52
7.6.4	Effets sur l'environnement	52
7.7	Protection électrique	52
8	Assurance de la qualité	52
Annexe A (informative) Lignes directrices pour les références UIT-T et CEI de fibres et de fibres câblées		53
Annexe B (informative) Fibres.....		55
Bibliographie.....		58
Figure 1 – Pour tous les cycles sauf le dernier.....		50
Figure 2 – Dernier cycle.....		50
Tableau 1 – Exigences relatives à l'affaiblissement linéique de la fibre câblée.....		38
Tableau 2 – Couleurs pour unités complètes ou fibres individuelles (liste alphabétique)		41
Tableau A.1 – Références croisées UIT-T et CEI		54
Tableau B.1 – Attributs dimensionnels et méthodes de mesure.....		56
Tableau B.2 – Attributs mécaniques et méthodes d'essai.....		56
Tableau B.3 – Attributs de transmission et méthodes de mesure		56
Tableau B.4 – Essais d'exposition à l'environnement		56
Tableau B.5 – Attributs mesurés pendant ou après l'exposition à l'environnement.		57

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 3-11: Câbles extérieurs – Spécification de produit pour les câbles de télécommunication à fibres optiques unimodales, destinés à être installés dans des conduites, directement enterrés et en aériens ligaturés

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60794-3-11 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 2007. Elle constitue une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition antérieure sont indiquées ci-dessous:

- le titre de la spécification a été mis à jour pour inclure les applications avec ligatures;
- L'article relatif aux spécifications de fibres (paragraphe 5.2.2) a été étendu pour inclure les types de fibres B6_a.

La présente version bilingue, publiée en 2011-04, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 86A/1314/FDIS et 86A/1326/RVD.

Le rapport de vote 86A/1326/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60794, dont le titre général est *Câbles à fibres optiques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 3-11: Câbles extérieurs – Spécification de produit pour les câbles de télécommunication à fibres optiques unimodales, destinés à être installés dans des conduites, directement enterrés et en aériens ligaturés

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60794 établit les exigences techniques et les caractéristiques des câbles à fibres optiques unimodales destinés à être installés dans des conduites ou directement enterrés.

Cette spécification comprend des exigences fonctionnelles mécaniques, environnementales et optiques, des caractéristiques recommandées et des méthodes d'essai pour l'évaluation des produits par rapport aux exigences établies.

Les méthodes d'essai spécifiées, si applicables, sont celles référencées dans la CEI 60794-1-1 et décrites en détail dans la CEI 60794-1-2.

Les exigences de la présente spécification complètent celles de la CEI 60794-3 et de la CEI 60794-3-10.

La présente norme ne traite pas les exigences relatives aux fibres multimodales; voir pour cela la CEI 60794-3-12.

2 Références normatives

Les documents référencés suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document référencé s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60708, *Low-frequency cables with polyolefin insulation and moisture barrier polyolefin sheath* (disponible en anglais seulement)

CEI 60793-1-22, *Fibres optiques – Partie 1-22: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Mesure de la longueur*

CEI 60793-1-40, *Fibres optiques – Partie 1-40: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Affaiblissement*

CEI 60793-1-44, *Fibres optiques – Partie 1-44: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur d'onde de coupure*

CEI 60793-1-48, *Fibres optiques – Partie 1-48: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Dispersion du mode de polarisation*

CEI 60793-2-50, *Fibres optiques – Partie 2-50: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B*

CEI 60794-1-1, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-1: Spécification générique – Généralités*

CEI 60794-1-2, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-2: Spécification générique – Procédures de base applicables aux essais des câbles optiques*

CEI 60794-3 (toutes les parties), *Câbles à fibres optiques – Partie 3: Spécification intermédiaire – Câbles extérieurs*

CEI 60794-3-10, *Optical fibre cables – Part 3-10: Outdoor cables – Family specification for duct, directly buried and lashed aerial optical telecommunication cables* (disponible en anglais seulement)

CEI 60811-1-1, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques et des câbles optiques – Partie 1-1: Méthodes d'application générale – Mesure des épaisseurs et des dimensions extérieures – Détermination des propriétés mécaniques*

CEI/TR 61931, *Fibres optiques – Terminologie*

CEI/TR 62000, *Guideline for combining different single-mode fibres types* (disponible en anglais seulement)

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 61931 s'appliquent.

3.2 Symboles

Les symboles suivants sont utilisés dans le présent document:

λ_{cc}	longueur d'onde de coupure du câble
d	diamètre extérieur du câble
SZ	technique dans laquelle le pas s'inverse périodiquement.

4 Informations générales

4.1 Vue d'ensemble

Les fibres optiques unimodales sont largement utilisées en télécommunication et sont câblées pour satisfaire aux exigences fonctionnelles de l'environnement de l'installation. De plus, les câbles placés dans des conduites et des sous-conduites peuvent être installés en utilisant seulement des techniques d'installation de poussée, de traction et par pression d'air, ou une combinaison de ces dernières. Pour l'installation en conduites, l'environnement et l'infrastructure peuvent être modifiés et peuvent également impliquer l'utilisation de sous-conduites simples ou multiples. Les câbles directement enterrés peuvent être installés au moyen d'une variété de méthodes telles que l'enfouissement ou la mise en tranchée avec différents environnements et infrastructures. Cela peut exiger des solutions de conception de câbles spécifiques fondées sur de multiples couches d'armures et de gaines. Il est reconnu que certaines conceptions de câble pour des applications directement enterrées impliquant de telles solutions peuvent également convenir à des installations en conduites. Les exigences fonctionnelles et méthodes d'essai figurant dans cette spécification sont fondées sur l'adhésion à des techniques d'installation établies et reconnues, telles que celles qui figurent à l'Annexe C de la CEI 60794-1-1.

NOTE L'Annexe C de la CEI 60794-1 devrait devenir un rapport technique.

4.2 Description générale des câbles

4.2.1 Caractéristiques des fibres optiques

Les fibres optiques unimodales sont classées selon leurs caractéristiques de longueur d'onde opérationnelle et de dispersion. Les fibres couvertes par la présente spécification font partie de la catégorie type B et sont décrites dans la CEI 60793-2-50. Les types de fibres figurant dans la présente spécification sont énumérés ci-dessous:

- à dispersion non décalée (B1.1, B1.3);
- sans pertes de courbures (B6);
- à dispersion décalée (B2);
- à coupure décalée (B1.2), à dispersion non nulle (B4) - Alors que la fibre B1.2 à coupure décalée peut être utilisée dans des applications terrestres, elle est principalement utilisée dans des applications sous-marines;
- à dispersion décalée non nulle à large bande (B5).

(Voir l'Annexe A pour les références UIT-T de fibres optiques câblées).

4.2.2 Caractéristiques des éléments de câble à fibres optiques

Les éléments de câble à fibres optiques tels que les tubes de protection (lâches ou non), les joncs rainurés, les rubans à fibres, les faisceaux de fibres et les cylindres du cœur/centraux doivent être convenablement conçus pour fournir des moyens appropriés d'emplacement, d'identification, de modularité, de protection des fibres, au cours de la fabrication, de l'installation et de la finition du câble. La structure de ces éléments, et les matériaux utilisés pour leur fabrication, ne doivent pas avoir d'effets préjudiciables à long terme sur la qualité de fonctionnement des fibres pendant la durée de vie utile du câble, de l'enveloppe d'épissure et/ou de l'armoire. Pour satisfaire à ces exigences fonctionnelles, les différents éléments doivent être conformes aux exigences de la série CEI 60794-3, ainsi qu'à celles décrites dans l'Article 6 de la présente norme.

4.2.3 Caractéristiques des câbles à fibres optiques

Les câbles à fibres optiques, dans l'intention de la présente norme, sont des produits complets tels que livrés par le fabricant généralement sur des bobines jetables. De tels produits ne nécessitent pas d'assemblage supplémentaire, ou l'utilisation de matériaux ou d'une protection supplémentaires pour satisfaire aux exigences contenues ici. Un assemblage ou une protection supplémentaire n'est habituellement nécessaire que si les câbles sont reliés à d'autres câbles ou à d'autres équipements, et impliquent généralement l'utilisation d'un boîtier à fibres optiques ou d'autres matériels pour protéger les épissures ou les points de connectivisation des câbles. Les niveaux de protection exigés pour la fibre peuvent être obtenus en superposant ou en assemblant les éléments de câble en association avec les renforts de traction et/ou d'anti-déformation adaptés. Ceux-ci peuvent être soit métallique soit non métallique et placés au centre du cœur du câble ou en tant qu'éléments périphériques dans ou sous la gaine du câble extérieur. Le câble peut également contenir des rubans formant une barrière d'étanchéité, des rubans métalliques ou non métalliques, et des matériaux étanches à l'eau ou gonflant sous l'effet de l'eau.

4.2.4 Exigences environnementales et exigences de sécurité des produits

Il convient de prendre en compte autant que possible le Guide CEI 104. Les matériaux des câbles en contact avec l'environnement ne doivent être dangereux ni pour l'environnement ni pour le personnel.

Il convient de noter que les câbles spécifiés par cette norme sont rarement accessibles une fois installés. De ce fait, le risque d'exposition aux matériaux dangereux, le cas échéant, n'est essentiellement un motif de préoccupation que lors de la manipulation du câble, pendant sa fabrication et son installation. De plus, le type de gaine extérieure spécifiée ici est

généralement considéré comme non toxique; de ce fait le risque pour l'environnement ou le personnel est minimal une fois qu'il est correctement installé.

La présente norme n'aborde pas l'utilisation de tous les types de matériaux de câble qui peuvent être utilisés dans diverses conceptions de câbles pour contribuer à satisfaire aux exigences propres à un type spécifique d'application spéciale (par exemple très haute température ou résistance à une agression chimique spécifique). Dans de tels cas, il incombe à l'utilisateur et au fournisseur de convenir des exigences applicables à de tels matériaux et aux conceptions de câble, et de déterminer toute précaution de manipulation spéciale ou toute instruction nécessaire à la suite de leur utilisation.

4.3 Capacité d'épissurage des fibres optiques

Tous les types de fibres unimodales couverts dans cette spécification peuvent facilement obtenir des niveaux de pertes d'épissure très faibles, en utilisant une gamme de techniques d'épissurage disponibles sur le marché.

Il convient que les pertes d'épissure typiques à 1 550 nm soient inférieures à 0,1 dB, avec une moyenne de 0,05 dB pour les épissures par fusion entre fibres de même catégorie (B1-B1, ou B2-B2, etc.) réalisées par des opérateurs qualifiés sur des soudeuses fusionneuses à alignement actif, selon les meilleures pratiques en cours. Les directives supplémentaires de compatibilité des fibres sont fournies dans la CEI/TR 62000.

NOTE 1 Des pertes d'épissure maximales plus élevées peuvent être tolérées sans affecter la capacité de transmission de la liaison.

NOTE 2 Des épissures de fibres de la même catégorie, mais de fabricants différents et/ou de processus de production différents, ne dépassent généralement pas les valeurs ci-dessus.

NOTE 3 Si des fibres de différentes catégories (B1-B2, B1-B4, etc.) sont épissurées, la perte d'épissure est généralement légèrement plus grande qu'avec des épissures entre fibres de même catégorie.

4.4 Essais

4.4.1 Généralités

Sauf spécification contraire, pour toutes les procédures d'essais, les conditions atmosphériques doivent correspondre à ($23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, et 20 % à 70 % d'humidité relative). Toutes les valeurs mesurées et calculées doivent être arrondies relativement au nombre de décimales données dans les critères d'acceptation correspondants pour chaque exigence. Le nombre de fibres soumis à l'essai doit convenir entre le client et le fournisseur.

4.4.2 Aucune variation de l'affaiblissement

4.4.2.1 Généralités

Pour certains des paramètres spécifiés dans la présente norme, l'objectif à atteindre est: aucune variation de l'affaiblissement.

Ces paramètres peuvent être affectés par l'incertitude de mesure liée à des erreurs de mesure ou des erreurs d'étalonnage dues à l'absence de normes de référence appropriées. Les critères d'acceptation doivent être interprétés en conséquence.

4.4.2.2 Aucune variation de l'affaiblissement - unimodal

L'incertitude de mesure totale pour la présente norme doit être $\leq \pm 0,05\text{ dB}$ pour l'affaiblissement ou $\pm 0,05\text{ dB/km}$ pour l'affaiblissement linéique. Toute valeur mesurée dans cette plage doit être considérée comme une "absence de variation d'affaiblissement".

L'exigence relative à ces paramètres indique "absence de variation ($\leq 0,05\text{ dB}$)" ou "absence de variation ($\leq 0,05\text{ dB/km}$)". Suite à un accord entre le client et le fournisseur, un écart

mineur par rapport à cette limite peut être accepté à certaines basses fréquences, par exemple inférieure à 10 %. Toutefois, pour les essais mécaniques aucun écart supérieur à 0,15 dB ne doit être accepté. Toutefois, pour les essais environnementaux aucun écart supérieur à 0,10 dB/km ne doit être accepté.

4.4.3 Aucune variation de l'allongement de la fibre

Pour certains des paramètres spécifiés dans la présente norme, l'objectif à atteindre est: allongement nul.

Ces paramètres peuvent être affectés par l'incertitude de mesure liée à des erreurs de mesure ou des erreurs d'étalonnage dues à l'absence de normes de référence appropriées. Les critères d'acceptation doivent être interprétés en conséquence.

L'incertitude totale de la mesure dans la présente norme doit correspondre à une valeur correspondant à $\pm 0,05$ % de l'allongement. Toute valeur mesurée dans cette plage doit être considérée comme "nulle".

5 Exigences pour les fibres optiques unimodales câblées

5.1 Matériaux de fibre

Utiliser la fibre optique comme spécifié dans la CEI 60793-2-50.

La surface du revêtement doit être nettoyée (par exemple pour supprimer toute trace de matériaux de remplissage de câble) avec les seuls agents de nettoyage recommandés par le fabricant de fibres. Dans tous les cas, les agents de nettoyage à base de chlore ne doivent pas être utilisés du fait des risques encourus sur la santé.

5.2 Exigences optiques

5.2.1 Généralités

Tous les attributs de transmission de la fibre optique doivent être conformes au 5.4 de la CEI 60793-2-50. Les attributs des fibres câblées (affaiblissement, discontinuité ponctuelle, dispersion du mode de polarisation, longueur d'onde de coupure des câbles et indice de groupe) sont spécifiés dans les paragraphes suivants. D'autres attributs de fibre indiqués dans la CEI 60793-2-50 sont résumés à l'Annexe informative B.

5.2.2 Affaiblissement linéique

Les affaiblissements linéiques de fibres câblées pour les types de fibres couverts par cette spécification doivent satisfaire aux exigences suivantes du tableau 1, ou selon accord entre le client et le fournisseur.

Tableau 1 – Exigences relatives à l'affaiblissement linéique de la fibre câblée

Type de fibre (affaiblissement maximal en dB/km)							
Longueur d'onde	B1.1	B1.2	B1.3	B2	B4	B5	B6_a
1 310 nm	0,40	NA	0,40	0,50	^a	NA	0,40
1 383 nm	NA	NA	0,40 ^b	NA	NA	NA	0,40 ^b
1 550 nm	0,35	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,30
1 625 nm	0,40 ^c	0,40 ^c	0,40 ^c	0,40 ^c	0,40 ^c	0,40 ^c	0,40 ^c

NA = Non applicable.

- a 1 310 nm n'est pas spécifié, sauf accord contraire entre le client et le fournisseur.
- b l'affaiblissement à 1 383 nm est spécifié après vieillissement à l'hydrogène selon la CEI 60793-2-50.
- c Les valeurs d'affaiblissement à 1 625 nm sont spécifiées facultativement par le client.

Les définitions des types de fibre sont fournies dans la CEI 60793-2-50 pour les fibres unimodales. Pour information, elles sont décrites ci-dessous:

- B1.1: Fibre unimodale à dispersion nulle entre 1 300 nm et 1 324 nm, optimisée pour une utilisation aux alentours de 1 310 nm et compatible aux alentours de 1 550 nm.
- B1.2: Fibre unimodale à dispersion non décalée, optimisée pour une transmission à 1 550 nm avec longueur d'onde de coupure des câbles < 1 530 nm.
- B1.3: Fibre unimodale similaire à B1.1 mais ayant une faible perte à 1383 nm pour fournir une compatibilité supplémentaire entre 1 360 nm et 1 460 nm.
- B2: Fibre unimodale à dispersion décalée avec une dispersion nulle entre 1 525 nm et 1 575 nm.
- B4: Fibre unimodale à dispersion décalée non nulle (NZDSF, *non-zero dispersion shifted single-mode fibre*), optimisée pour une transmission à 1 550 nm avec dispersion nulle en dehors de l'intervalle entre 1 530 nm et 1 565 nm.
- B5: Fibre unimodale à dispersion décalée non nulle (NZDSF), optimisée pour une transmission de 1 460 nm à 1 625 nm, avec une dispersion nulle au-dessous de 1 460 nm.
- B6_a: Fibre sans pertes de courbures, compatible avec la fibre B1.3 adaptée pour être utilisée dans les réseaux d'accès, y compris à l'intérieur des bâtiments.

Procédure d'essai:

Les mesures doivent être effectuées conformément à la CEI 60793-1-40 à température ambiante ($23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$).

5.2.3 Discontinuités d'affaiblissement

Les discontinuités ponctuelles / les variations locales représentant des événements non réfléchissants doivent être: $\leq 0,10\text{ dB}$.

a) Procédure d'essai:

Les mesures doivent être effectuées conformément à la CEI 60793-1-40, méthode C (technique de rétrodiffusion).

b) Variables de mesure:

Longueur d'onde: 1 310 nm et/ou 1 550 nm.

5.2.4 Longueur d'onde de coupure des câbles

La longueur d'onde de coupure des câbles λ_{cc} doit être la suivante:

- $\lambda_{cc} \leq 1\,260\text{ nm}$ pour les types de fibre B1.1 et B1.3;
- $\lambda_{cc} \leq 1\,270\text{ nm}$ pour le type de fibre B2;
- $\lambda_{cc} \leq 1\,450\text{ nm}$ pour les types de fibre B4 et B5;

$$\lambda_{cc} \leq 1\,530 \text{ nm pour le type de fibre B1.2;}$$

$$\lambda_{cc} \leq 1\,260 \text{ nm pour les types de fibre B6_a.}$$

Procédure d'essai:

Les mesures de longueur d'onde de coupure doivent être effectuées conformément à la CEI 60793-1-44.

5.2.5 Dispersion du mode de polarisation (PMD¹)

La dispersion du mode de polarisation (PMD) est habituellement décrite en termes d'un retard de groupe différentiel (DGD²), qui est la différence du temps de propagation entre les états de polarisation principaux d'un signal optique. La PMD dans des fibres câblées et des composants optiques provoque l'élargissement de l'impulsion optique dans le domaine temporel, ce qui peut détériorer la performance d'un système à fibre optique de longueur importante et à débit binaire élevé (par exemple transport de 10 Gbit/s sur 400 km). Pour ces systèmes, seule l'évaluation suivante peut être utile.

Concernant la nature statistique du PMD dans des liaisons de câbles installés, on fait référence à la CEI 60794-3, Annexe A.

La méthode d'essai appropriée doit être choisie dans la CEI 60793-1-48, qui décrit également la nature statistique du PMD (voir l'introduction de la CEI 60793-1-48):

- Pour des liaisons > 400 km, la valeur de conception de la liaison (PMD_Q) doit être inférieure ou égale à 0,20 ps/km^{0,5}. A noter: à partir de la Recommandation UIT-T G.652 Tableau I.2/, il convient que la valeur de conception de la liaison maximale permette la possibilité de liaisons de 3 000 km à 10 Gbit/s et de 80 km (à 200 km) à 40 Gbit/s.
- Pour des liaisons ≤ 400 km, la valeur de conception de la liaison (PMD_Q) doit être inférieure ou égale à 0,50 ps/km^{0,5}. À noter: à partir de la Recommandation UIT-T G.652 Tableau I.2 /, il convient que la valeur de conception de la liaison maximale permette des liaisons de 400 km à 40 Gbit/s.

5.2.6 Indice de groupe

Ce paramètre est utilisé pour déterminer la longueur des fibres dans des câbles ou des longueurs définies de câbles (en tenant compte de leurs constructions) au moyen de la CEI 60793-1-22, Méthode B. L'indice de groupe doit être donné à 1 310 nm pour les fibres B1.1, B1.3 et B2, et à 1 550 nm pour toutes les fibres. L'indice de groupe doit être donné à 1 625 nm pour tout câble spécifié en vue d'un fonctionnement à 1 625 nm.

6 Exigences sur les éléments du câbles

6.1 Conception des éléments

6.1.1 Généralités

Un élément de câble à fibre optique est un assemblage de fibres optiques disposé de telle manière à maintenir sa structure à l'intérieur du câble et une fois que la gaine est enlevée.

La conception attendue d'un élément de câble à fibre optique est d'organiser les fibres de façon à en faciliter l'identification et d'en améliorer la manipulation.

¹ PMD = Polarization Mode Dispersion.

² DGD = Differential Group Delay.

Les conceptions courantes de câbles peuvent comprendre les éléments de câble à fibre optique suivants:

- le(s) tube(s);
- le(s) jonc(s) rainuré(s);
- le(s) faisceau(x) de fibres;
- le(s) ruban(s) de fibres;
- tube cœur/central.

6.1.2 Modularité

Les modularités les plus communes sont les suivantes: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24.

6.1.3 Identification des fibres et des éléments

6.1.3.1 Identification des fibres

Une fibre sous revêtement primaire ou revêtement protecteur doit pouvoir être distinguée au moyen d'un code de couleur ou de positionnement. Les unités de fibres et de câbles doivent pouvoir être distingués au moyen d'une numérotation ou d'un codage par couleurs. Les unités de câble sont définies comme des structures à l'intérieur du câble qui combinent les fibres en groupes. Par exemple, ceci peut être réalisé en plaçant des fibres à l'intérieur d'un tube, en les enroulant avec un filet, en les plaçant dans un ruban, en les plaçant à l'intérieur d'une rainure, ou par toute autre méthode qui combine un groupe de fibres en une unité identifiable. On doit utiliser les couleurs normalisées énumérées ci-dessous par ordre alphabétique dans le Tableau 2, aussi proches que possible (correspondance raisonnable) de celles de la CEI 60304.

Le système de code de couleur doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Tableau 2 – Couleurs pour unités complètes ou fibres individuelles (liste alphabétique)

<i>Couleur</i>
Noir
Bleu
Marron
Vert
Gris
Orange
Rose
Rouge
Turquoise
Violet
Blanc
Jaune

NOTE Pour des unités contenant plus de 12 fibres, il convient que les fibres soient identifiées en combinant la séquence ci-dessus avec une identification supplémentaire (par exemple marquage par anneau, à jets d'encre, par traceur ou attaches unitaires en couleur).

6.1.3.2 Identification des éléments

Les éléments de câble à fibres optiques doivent être identifiés de manière unique. L'une des méthodes consiste à utiliser le même code de couleur que celui pour l'identification des

fibres. Les douze premiers éléments (1-12) sont identiques aux douze premières couleurs de fibre. Les groupes suivants de douze éléments doivent être identifiés en combinant la séquence des douze couleurs avec une identification supplémentaire.

Les autres possibilités sont

- l'impression d'un nombre séquentiel sur l'élément,
- le marqueur/système de référence (par exemple premier élément bleu, second élément jaune, suivi par d'autres éléments exempts de couleurs),
- le marquage des rainures ou des nervures sur les constructions à joncs rainurés,
- la numérotation par code-barres.

6.2 Caractéristiques des éléments

6.2.1 Ruban

Les rubans de fibres optiques doivent être conformes à la CEI 607943.

6.2.2 Pliure du tube

La résistance à la pliure des éléments du tube assemblé à structure lâche doit être soumise à l'essai conformément à la CEI 60794-1-2, méthode G7.

Conditions d'essai:

Nombre de cycles: 5

Longueur L = 100 mm pour un diamètre de tube: $d < 2,0$ mm

Longueur L = 70 mm pour un diamètre de tube: $2,0 \text{ mm} < d < 2,8$ mm

Longueur L = 50 mm pour un diamètre de tube: $d > 2,8$ mm

Longueur $L1$: 350 mm

Longueur $L2$: 100 mm

L'échantillon peut être lissé au moyen d'un générateur d'air chaud.

7 Exigences relatives aux câbles optiques

7.1 Construction du câble

7.1.1 Généralités

La construction du câble doit assurer la protection des fibres contre des détériorations au cours du transport, du stockage, de l'installation et de l'utilisation. Elle doit en outre assurer le maintien des caractéristiques optiques des fibres dans les limites spécifiées au cours de toute la durée de vie du câble.

Les particularités et caractéristiques données dans les alinéas suivants concernent toutes les applications générales des câbles couverts par cette norme. Des applications spéciales peuvent exiger des écarts par rapport à ces caractéristiques, devant faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Le fabricant de câbles doit fournir une description du câble et en particulier les dispositions des éléments de câbles ainsi que l'emplacement et le matériau des renforts de traction. La description peut inclure un schéma en coupe transversale.

7.1.2 Âme du câble

Sauf accord contraire, l'âme du câble doit être étanche longitudinalement, ce qui peut être obtenu par du gel, des matériaux gonflant sous l'effet de l'eau ou d'autres matériaux appropriés.

7.1.3 Épissurage et renforts anti-déformation et de traction

Des épissures sont autorisées dans des renforts anti-déformation et de traction si les exigences mécaniques du câble sont remplies (par exemple les exigences de résistance à la traction et de flexion).

Chaque renfort anti-déformation et de traction contenant des épissures doit avoir une résistance d'au moins 80 % de la résistance nominale des renforts anti-déformation et de traction correspondants. Le diamètre d'un renfort anti-déformation épissuré ne doit pas être supérieur au diamètre du renfort anti-déformation nominal.

7.1.4 Toronnage des éléments de câbles

Les éléments de câbles à fibres optiques décrits à l'Article 6 peuvent être disposés selon les configurations suivantes:

- élément(s) optique(s) unique(s) sans torsion de la nappe de fibre;
- éléments optiques homogènes multiples utilisant la méthode de nappage en hélice ou avec pas d'assemblage oscillant (SZ);
- un certain nombre de configurations hybrides dans des tubes à structure lâche, dans des joncs rainurés ou des tubes à cœur centraux tels que les faisceaux de fibres, les rubans de fibres, ou les tubes à structure lâche.

Des bourrages, des fils de cuivre isolés tels que des paires ou des quarts peuvent être disposés avec les éléments optiques, si nécessaire.

NOTE Le but de cette exigence est qu'une longueur suffisante de fibre soit disponible dans la structure du câble pour réaliser le routage et l'épissurage des fibres sur un accès à mi-portée. Les éléments SZ et les éléments centraux uniques sont des solutions évidentes, mais toute construction satisfaisant à ce but est acceptable.

7.1.5 Fibres épissurées

Sauf accord contraire entre le client et le fournisseur, des fibres épissurées dans un câble sortant d'usine ne sont pas autorisées.

7.1.6 Fibres de réserve

Les câbles à fibres optiques ne doivent pas contenir de fibres de réserve, sauf accord contraire entre le client et le fournisseur.

NOTE Une fibre de réserve est une fibre qui est ajoutée à un élément de câble en supplément du contenu nominal de cet élément.

7.1.7 Retrait de la gaine de câble

Le fournisseur doit fournir une méthode appropriée pour le retrait de la gaine, telle qu'une réserve pour un ou deux fils de déchirement sous la gaine.

7.1.8 Armure

Pour une installation directement enterrée, une armure (métallique ou non métallique) peut être exigée, en fonction des conditions mécaniques ou environnementales convenues entre l'utilisateur et le fournisseur, y compris les exigences mécaniques appropriées des câbles (voir 7.5), comme convenu entre le client et le fournisseur. Des essais mécaniques de câbles supplémentaires peuvent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

7.2 Marquage

7.2.1 Marquage de la gaine

Le câble doit comporter un marquage au moyen d'une des méthodes suivantes: le frittage, l'estampage, l'estampage à chaud, le jet d'encre, l'empreinte ou l'impression.

La résistance à l'abrasion des marquages de la gaine doit être conforme à la CEI 60794-1-2, méthode E2B.

En fonction de la méthode de marquage du câble utilisée, l'une des méthodes d'essai suivantes doit être utilisée:

Méthode 1: Diamètre de l'aiguille en acier $d = 1,0 \text{ mm}$

Charge: 4 N

Nombre de cycles: 100 à 300 cycles en fonction de l'exigence de l'utilisateur.

ou

Méthode 2: Tampon de feutre constitué soit 1) de feutre contenant de la laine imbibé d'eau, soit 2) de feutre contenant de la rayonne avec laine $\leq 30 \%$

Poids: $\geq 450 \text{ g}$

Nombre de cycles: 3

7.2.2 Marquage d'identification

Les marquages sur chaque longueur de câble doivent être selon les exigences du client et du fournisseur. Sauf spécification contraire, le marquage doit contenir, au minimum, les éléments suivants:

- la désignation (par exemple des mots ou une illustration identifiant le câble comme "câble optique");
- le nombre de fibres;
- le type de fibres (par exemple B1,);
- le nom du fournisseur ou de la marque du produit;
- l'année de fabrication.

7.2.3 Marquage de la longueur du câble

Sauf accord contraire, la différence entre la longueur indiquée par le marquage et la longueur réelle ne doit pas être supérieure à $-\frac{1}{0} \%$ de la longueur réelle (à savoir, la longueur réelle du câble doit toujours être supérieure ou égale à la longueur indiquée par marquage). D'autres tolérances peuvent être autorisées à condition que la longueur du câble soit garantie par d'autres moyens.

Le câble doit comporter des marquages de la longueur à numérotation séquentielle figurant sur la gaine à intervalles de 1 m. Un autre type de marquage de la longueur est également acceptable. Le marquage de la longueur ne doit pas être remis à zéro sur toute la longueur du câble. Le marquage de la longueur peut débuter avec une valeur différente de zéro.

Si cela est convenu entre le client et le fournisseur, les câbles peuvent faire l'objet d'un nouveau marquage avec les éléments suivants.

Le marquage défectueux peut être retiré et le câble peut faire l'objet d'un nouveau marquage de la même couleur

En variante, le marquage défectueux peut demeurer et le câble faire l'objet d'un nouveau marquage, en utilisant de préférence du jaune sur une partie différente de la circonférence. Ce marquage doit remplir toutes les exigences originales. Tout câble qui contient deux ensembles de marquages de câble doit être étiqueté de façon à indiquer la couleur du marquage à prendre en compte.

7.3 Matériaux du cœur du câble

7.3.1 Matériau composite de remplissage du tube (si nécessaire)

La matière de remplissage du tube, si elle est utilisée, doit être conforme à la CEI 60794-1-2, méthode E15. Les critères d'acceptation suivants s'appliquent:

- exsudation: $\leq 2 \%$
- volatilité: $\leq 0,5 \%$, à 80 °C;
- durée: 24 h.

7.3.2 Matériau d'étanchéité

Des matériaux et/ou mélanges secs d'étanchéités à l'eau peuvent être utilisés pour assurer l'étanchéité du cœur du câble. Le matériau d'enrobage peut également être utilisé comme le matériau étanche à l'eau dans le cœur du câble.

Écoulement des matériaux de remplissage et d'étanchéité à l'eau:

Un échantillon représentatif de câble doit être soumis à un essai selon la CEI 60794-1-2, méthode E14. Les matériaux de remplissage et d'étanchéité à l'eau ne doivent pas s'écouler à ou en dessous de 70 °C.

7.3.3 Compatibilité des matériaux de câble

La compatibilité des matériaux de revêtement de fibre et des matériaux de remplissage du tube doit être soumise à un essai conformément à la CEI 60794-1-2, méthode E5.

7.3.4 Matériau du tube

Le tube doit être tel que les fibres conservent leur performance en conditions de fonctionnement. Des exigences de manipulation relatives aux tubes de protection doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

7.4 Gaine du câble

7.4.1 Matériau de la gaine

Le matériau de gaine recommandé est le polyéthylène noir résistant aux UV. D'autres matériaux adaptés peuvent être envisagés.

7.4.2 Épaisseur de la gaine

Sauf accord contraire, l'épaisseur minimale de la gaine extérieure en tout point doit répondre aux critères ci-dessous:

- a) Gaine extérieure des câbles à plusieurs revêtements: 0,8 mm.

- b) Gaine extérieure des câbles non armés à un seul revêtement: 0,9 mm.
- c) Gaine extérieure des câbles armés à un seul revêtement: 1,0 mm.
- d) Gaine extérieure sur éléments de renfort incorporés: 0,4 mm sur les éléments de renfort incorporés.

Pour des applications particulières, d'autres épaisseurs de gaine peuvent être choisies selon accord entre le client et le fournisseur.

La méthode d'essai doit être celle qui est indiquée dans la CEI 60811-1-1 (mesure d'échantillon finale).

7.4.3 Diamètre du câble extérieur

Le diamètre extérieur du câble doit être mesuré conformément à la CEI 60811-1-1 et ne doit pas dépasser le maximum indiqué par le fournisseur.

7.4.4 Barrières contre l'humidité

Si nécessaire, une protection supplémentaire contre l'humidité doit être fournie au moyen d'un ruban. Si le ruban est métallique, il doit être revêtu sur au moins un côté d'une couche polymère avec un recouvrement longitudinal suffisant et contrecollé à la gaine. L'adhérence du ruban métallique à la gaine doit être soumise à un essai conformément à la CEI 60708.

L'épaisseur nominale du ruban, à l'exclusion de la ou des couches polymères, doit être suffisante pour prévenir la pénétration d'humidité.

7.4.5 Barrière résistante aux rongeurs

Si nécessaire, des couches de protection supplémentaires doivent être appliquées sur le cœur du câble. Les barrières de protection doivent utiliser des matériaux de conception et d'épaisseurs suffisantes pour satisfaire aux exigences de résistance aux rongeurs, comme convenu entre l'utilisateur et le fournisseur.

7.5 Exigences mécaniques

7.5.1 Généralités

Pour les câbles directement enterrés ou armés, l'exigence mécanique pourrait être adaptée, suite à un accord entre le client et le fournisseur.

7.5.2 Courbure

Le câble doit être soumis aux essais selon la CEI 60794-1-2, méthode E11.

a) Exigences particulières

Il ne doit y avoir "aucune variation ($\leq 0,05$ dB)" d'affaiblissement lors de mesures aux alentours de 1 550 nm à température ambiante. Pour des applications à 1 625 nm, les critères de performance doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Si le client le demande, après que le câble a atteint l'équilibre thermique à -30 °C ou à la température d'installation la plus basse spécifiée pour des climats plus chauds, la variation d'affaiblissement par rapport à la température ambiante doit être $\leq 0,1$ dB.

b) Conditions d'essai

Diamètre du mandrin: La valeur la plus grande entre $\leq 20 d$ et le diamètre de courbure statique convenu entre le client et le fournisseur.

Pour des câbles incorporant une tige non métallique et/ou une armure métallique, la courbure doit être limitée à une valeur comprise entre $20 d$ et $80 d$.

Nombre de spires/d'hélices: 4

Nombre de cycles: 3

7.5.3 Chocs

Le câble doit être soumis aux essais selon la CEI 60794-1-2, méthode E4.

a) Exigences particulières

Un examen visuel sans agrandissement ne doit montrer aucune détérioration de la gaine ou des éléments du câble. L'empreinte de la surface de frappe sur la gaine n'est pas considérée comme une détérioration mécanique.

L'augmentation résiduelle de l'affaiblissement doit être $\leq 0,1$ dB à 1 550 nm. Pour des applications à 1 625 nm, les critères de performance doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

b) Conditions d'essai

Rayon de la surface de frappe: 10 mm ou 300 mm $\pm$ 3 mm.

Énergie de choc:

Câble non armé: 3 J avec rayon de la surface de frappe de 10 mm ou 10 J avec rayon de la surface de frappe de 300 mm.

Câble armé: 10 J avec rayon de la surface de frappe de 10 mm ou 20 J avec rayon de la surface de frappe de 300 mm en fonction des conditions particulières de l'utilisateur.

D'autres critères peuvent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Nombre de chocs: Un en 3 endroits différents espacés de plus de 500 mm les uns des autres.

7.5.4 Écrasement

Le câble doit être soumis aux essais selon la CEI 60794-1-2, méthode E3.

a) Exigences particulières

Après libération de la charge temporaire, il ne doit se produire "aucune variation ($\leq 0,05$ dB)" d'affaiblissement lors de mesures à 1 550 nm.

Avant libération de la charge longue durée, il ne doit se produire "aucune variation ($\leq 0,05$ dB)" d'affaiblissement lors de mesures aux alentours de 1 550 nm.

Pour des applications à 1 625 nm, les critères de performance doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Un examen visuel ne doit montrer aucune détérioration de la gaine ou des éléments du câble. L'empreinte de la plaque ou du mandrin sur la gaine n'est pas considérée comme une détérioration mécanique.

b) Conditions d'essai

Il est possible de réaliser l'essai d'écrasement soit avec plaque à plaque ou mandrin à plaque (diamètre du mandrin = 25 mm). Il est à noter que l'essai de courte durée peut être

réalisé séparément ou préalablement à l'essai de longue durée. Il convient que le choix de plaque à plaque ou mandrin à plaque soit convenu entre le client et le fournisseur.

Essai de courte durée: Appliquer la charge suivante pendant 1 min, après libération de la charge, mesurer la variation d'affaiblissement.

	Plaque/Plaque	Mandrin/Plaque
Câble non armé:	1,5 kN	1,5 kN
Câble armé:	2,2 kN	2,0 kN

Des charges alternatives peuvent être appliquées si cela a été convenu entre le client et le fournisseur, pour satisfaire aux conditions particulières du client.

Essai de longue durée: Appliquer la charge pendant 10 min.

	Plaque/Plaque	Mandrin/Plaque
Câble non armé:	0,75 kN	0,75 kN
Câble armé:	1,1 kN	1,0 kN

Des charges alternatives peuvent être appliquées si cela a été convenu entre le client et le fournisseur, pour satisfaire aux conditions particulières du client.

7.5.5 Résistance à la traction

Le câble doit être soumis à l'essai conformément à la CEI 60794-1-2, méthode E1A (variation de l'affaiblissement) et méthode E1B (allongement à la traction de la fibre).

a) Exigences particulières

La charge d'installation assignée maximale du câble T_M (Newton) doit être spécifiée. Il convient de noter qu'il s'agit d'une charge temporaire. En fonction de l'application et de la construction du câble, ainsi que d'accord entre le client et le fournisseur, une force maximale de traction inférieure au calcul (par exemple 2 700 N) peut être autorisée.

Les critères principaux sont les suivants:

T_M doit être $\geq "9,8 \times a \times m"$.

m est la masse de 1 km de câble, en kg.

9,8 est l'accélération due à la gravité sur terre, en m/s^2 .

a est le multiplicateur en vue de couvrir les variations en conditions d'application. " a " = 1; toutefois des valeurs différentes peuvent être utilisées après accord entre le client et le fournisseur (à savoir, certaines régions spécifient " a " = 1,5 pour les câbles tirés dans des conduites).

À T_M , la déformation de la fibre doit être inférieure à 60 % du niveau d'essai de sélection de la fibre. La déformation de la fibre doit être mesurée selon la CEI 60794-1-2, méthode E1B.

La charge de fonctionnement longue durée T_L doit être égale à 30 % de la charge d'installation assignée maximale..

À T_L , la déformation de la fibre doit être inférieure à 20 % du niveau d'essai de sélection de la fibre.

À T_L , l'augmentation de l'affaiblissement doit correspondre à "aucune variation ($\leq 0,05$ dB)" à 1 550 nm. Pour des applications à 1 625 nm, les critères de performance doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

D'autres critères peuvent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Un examen visuel sans agrandissement ne doit montrer aucune détérioration de la gaine ou des éléments du câble.

b) Conditions d'essai

Longueur de câble sous tension: au moins 50 m. En tenant compte de la précision de la mesure et des effets d'extrémité, des longueurs plus courtes peuvent être utilisées après accord entre le client et le fournisseur.

Durée de charge: 5 min.

Longueur de fibre: Longueur de câble fini.

Charge de traction sur le câble: La charge de traction assignée maximale pendant l'installation (charge temporaire) pour le câble et la charge longue durée assignée maximale. D'autres charges peuvent être appliquées selon les conditions particulières de l'utilisateur.

Diamètre des poulies d'essai: 1 m, mais non inférieur au diamètre de courbure minimal en charge spécifié pour le câble. Le diamètre de courbure dynamique sous charge doit faire l'objet d'un accord entre client et fournisseur.

7.5.6 Torsion

Le câble doit être soumis aux essais selon la CEI 60794-1-2, méthode E7.

a) Exigences particulières

Un examen visuel sans agrandissement ne doit montrer aucune détérioration de la gaine ou des éléments du câble.

La variation d'affaiblissement pour chaque fibre doit être inférieure ou égale à 0,10 dB à 1 550 nm. Pour des applications à 1 625 nm, les critères de performance doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Il ne doit se produire aucun changement permanent de l'affaiblissement à l'issue de l'essai.

b) Conditions d'essai

Longueur en essai: Maximum 1 m.

Rotation de l'échantillon (torsion en degrés /m): spire de 90 °/m dans chaque direction (par exemple une demi spire de 180 ° sur une longueur de 2 m dans chaque direction).

Nombre de cycles: 5.

7.5.7 Courbure répétée

Le câble doit être soumis aux essais selon la CEI 60794-1-2, méthode E6.

a) Exigences particulières

Un examen visuel sans agrandissement ne doit montrer aucune détérioration de la gaine et des éléments du câble.

b) Conditions d'essai

Rayon de courbure: 20 d.

Charge: Appropriée pour assurer un contact uniforme avec le mandrin.

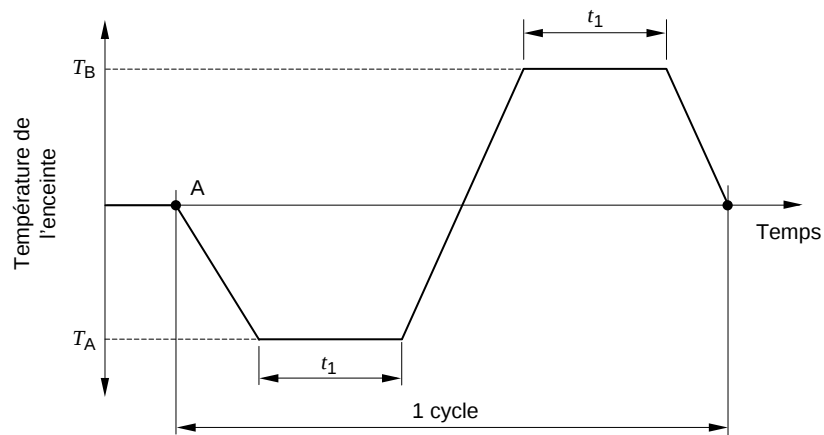
Nombre de cycles: 25, ou bien un nombre différent de cycles peut être appliqué selon les conditions particulières de l'utilisateur.

Durée du cycle: Approximativement 2 s.

7.6 Exigences environnementales

7.6.1 Cycle de température

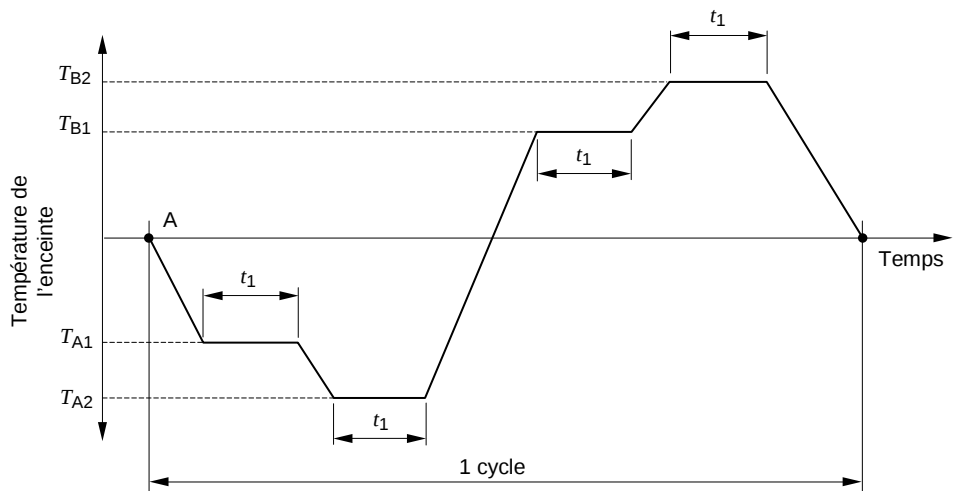
Le câble doit être soumis aux essais selon la CEI 60794-1-2, méthode F1. Tous les cycles sauf le dernier peuvent utiliser la "procédure en un cycle". Le dernier cycle doit utiliser la "procédure d'essai combinée".



A = Début du premier cycle

IEC 1221/10

Figure 1 – Pour tous les cycles sauf le dernier



IEC 1222/10

Figure 2 – Dernier cycle

a) Exigences particulières

Pour T_{A2} et T_{B2} , la variation de l'affaiblissement linéique mesuré dans le dernier cycle doit être $\leq 0,15$ dB/km par rapport à la température ambiante initiale.

Pour T_{A1} et T_{B1} , il ne doit se produire "aucune variation ($\leq 0,05$ dB/km)" de l'affaiblissement linéique mesuré au cours du dernier cycle par rapport à la température ambiante initiale.

A l'issue de l'essai à température ambiante, la variation de l'affaiblissement linéique doit être inférieure à 0,05 dB/km.

Les mesures doivent être effectuées aux alentours de 1 550 nm. Pour des applications à 1 625 nm, les critères de performance doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

b) Conditions d'essai

Longueur d'échantillon: Longueur de câble fini d'au moins 500 m.

Température

Température haute, T_{B2} : +60 °C ou +70 °C, en fonction des exigences du client.

Température basse, T_{A2} : –40 °C or –45 °C, en fonction des exigences du client.

Température haute, T_{B1} : +30 °C à +60 °C, en fonction des exigences du client.

Température basse, T_{A1} : –10 °C à –20 °C, en fonction des exigences du client.

NOTE D'autres températures hautes et basses peuvent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur dans le cas de climats plus chauds ou plus froids.

Vitesse de réchauffage: Suffisamment faible pour que l'effet du changement de la température de refroidissement ne provoque pas un choc thermique.

t_1 : Temps de maintien de l'essai cyclique de températures suffisant pour atteindre la stabilité thermique sur toute la longueur d'essai du câble.

Définition de la plage de températures dans un cycle: T_{A2} à T_{B2}

Définition de la plage de températures dans le dernier cycle: T_{A2} , T_{A1} , T_{B1} , T_{B2}

Nombre de cycles: 2, mais des cycles supplémentaires peuvent être exigés conformément aux exigences particulières du client.

Pour certaines constructions de câble, il peut être important de spécifier quelles fibres sont soumises aux essais. Par exemple, pour les câbles en rubans il convient d'inclure des fibres dans les coins et au milieu de l'empilement de rubans. Il convient que ces détails fassent l'objet d'un accord entre client et fournisseur.

7.6.2 Stabilité de la force de dénudage des fibres optiques câblées

Les fibres du câble doivent être soumises aux essais selon la CEI 60794-1-2, méthode E5.

a) Exigences particulières

Après conditionnement: Dans les conditions atmosphériques normalisées, la force de dénudage moyenne nécessaire pour enlever 50 mm du

revêtement de fibre ne doit pas être supérieure à 5 N ni être inférieure à 1 N.

b) Conditions d'essai

Il convient que les conditions d'essai fassent l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur. Par exemple, 168 h à 70 °C constitue une condition d'essai pouvant être utilisée.

7.6.3 Essai de pénétration d'eau

Les câbles étanches doivent être soumis aux essais selon la CEI 60794-1-2, méthode F5 (essai d'extrémité).

7.6.4 Effets sur l'environnement

Tout matériau utilisé dans le câble doit être non toxique et ne doit pas occasionner un danger pour la santé pendant des conditions de fonctionnement normales. Sur demande, le fabricant doit être capable de fournir des détails sur les effets du câble sur l'environnement.

7.7 Protection électrique

Tous les éléments métalliques utilisés dans le câble (par exemple ruban métallique appliqué longitudinalement, renforts métalliques, conducteurs en cuivre isolés) doivent être électriquement continus.

8 Assurance de la qualité

La conformité avec les exigences de la présente spécification doit être vérifiée en effectuant les essais indiqués dans la partie correspondante de la CEI 60794. Il n'est pas prévu que tous les essais soient effectués sur chaque longueur de câble. La fréquence d'essai doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Il est de la responsabilité du fournisseur de mettre en place un système d'assurance de la qualité par des procédures de contrôle de la qualité, qui garantisse que le produit satisfait aux exigences de la présente norme. Lorsque le client désire spécifier des essais de réception par rapport à d'autres procédures qualité, il est essentiel qu'un accord soit trouvé entre le client et le fournisseur au moment de la commande.

Annexe A (informative)

Lignes directrices pour les références UIT-T et CEI de fibres et de fibres câblées

A.1 Lignes directrices pour les références UIT-T et CEI de fibres et de fibres câblées

La présente spécification est destinée à fournir des câbles qui soient compatibles avec:

- Recommandation UIT-T G.652, *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable* (disponible en anglais seulement)
- Recommandation UIT-T G.653, *Characteristics of a dispersion-shifted optical fibre and cable* (disponible en anglais seulement)
- Recommandation UIT-T G.654, *Characteristics of a cut-off shifted optical fibre and cable* (disponible en anglais seulement)
- Recommandation UIT-T G.655, *Characteristics of a non-zero dispersion-shifted optical fibre and cable* (disponible en anglais seulement)
- Recommandation UIT-T G.656, *Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband transport* (disponible en anglais seulement)
- Recommandation UIT-T G.657, *Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network* (disponible en anglais seulement)

La présente spécification cite en référence les spécifications CEI de fibres optiques suivantes à utiliser dans les câbles:

- CEI 60793-2, *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produits – Généralités*
- CEI 60793-2-50, *Fibres optiques – Partie 2-50: Spécifications de produits - Spécification intermédiaire pour les fibres de classe B*

Les spécifications de fibres sont organisées en tant que série de normes de spécifications intermédiaires sous une spécification générale. Dans chaque spécification intermédiaire figure une série d'annexes normatives qui définissent les exigences pour les différentes spécifications de familles. Dans la spécification intermédiaire de fibres, la CEI 60793-2-50, par exemple, on trouve les spécifications de familles pour les catégories de fibres B1.1, B1.2, B1.3, B2, B4, B5 et B6.

Tableau A.1 – Références croisées UIT-T et CEI

Désignation CEI	B1.1	B1.2	B1.3	B2	B4	B5	B6_a
Désignation UIT	G.652.A et G.652.B	G.654	G.652.C et G.652.D	G.653	G.655	G.656	G.657.A
B1.1: Fibre unimodale à dispersion nulle entre 1 300 nm et 1 324 nm, optimisée pour une utilisation aux alentours de 1 310 nm et compatible aux alentours de 1 550 nm. B1.2: Fibre unimodale à dispersion non décalée, optimisée pour une transmission à 1 550 nm avec longueur d'onde de coupure des câbles <1 530 nm. B1.3: Fibre unimodale similaire à B1.1 mais ayant une faible perte à 1 383 nm pour fournir une compatibilité supplémentaire entre 1 360 nm et 1 460 nm. B2: Fibre unimodale à dispersion décalée avec une dispersion nulle entre 1 525 nm et 1 575 nm. B4: Fibre unimodale à dispersion décalée non nulle (NZDSF, non-zero dispersion shifted single-mode fibre), optimisée pour une transmission à 1 550 nm avec dispersion nulle en dehors de l'intervalle entre 1 530 nm et 1 565 nm. B5: Fibre unimodale à dispersion décalée non nulle (NZDSF, non-zero dispersion shifted single-mode fibre), optimisée pour une transmission de 1 460 nm à 1 625 nm, avec une dispersion nulle au-dessous de 1 460 nm. B6_a: Fibre sans pertes de courbures compatible avec la fibre B1.3 adaptée pour être utilisée dans les réseaux d'accès, y compris à l'intérieur des bâtiments.							

Annexe B **(informative)**

Fibres

B.1 Matériaux de fibre

Les matériaux utilisés dans la fabrication de fibres optiques unimodales destinées à être incorporées dans des câbles selon la présente spécification doivent être de qualité uniforme. Les régions du cœur et de la gaine de la fibre doivent être réalisées en silice majoritairement purifiée (SiO_2) avec une différence d'indice de réfraction définie et étroitement contrôlée. L'indice de réfraction du cœur et/ou de la gaine doit être contrôlé par l'inclusion de petites quantités de matériaux dopants hautement purifiés.

La surface de verre doit être protégée par au moins une couche de matériau de revêtement inerte adaptée, telle que des acrylates durcis aux UV. Le revêtement doit être en contact intime avec la surface de la gaine en vue d'éviter le délaminage qui peut exposer la surface de verre à l'environnement et son retrait doit en être facilité à des fins de connexion et d'épissurage sans endommager la fibre.

Les fibres optiques sont intrinsèquement robustes et solides, mais leur résistance peut en être réduite en raison de la combinaison des conditions d'environnement, des défauts superficiels microscopiques inévitables introduits au cours de leurs fabrications, et des contraintes imposées sur la fibre au cours de sa manipulation, son câblage et de son installation. La dégradation de résistance peut être l'effet d'une fatigue dynamique ou statique et également être causée par le vieillissement sans composantes de contraintes. Une fatigue dynamique est plus susceptible de se produire pendant l'installation tandis que la fatigue statique peut se produire sur toute la durée de vie de la fibre, résultant de la déformation résiduelle dans le câble ou à l'intérieur la fibre enroulée, logée dans un boîtier d'épissures ou une armoire de rue. L'affaiblissement de la fibre câblée pourrait également augmenter tout au long de sa durée de vie si la fibre n'est pas correctement protégée des contraintes mécaniques et des risques de l'environnement, ou si des matériaux inappropriés et incompatibles sont utilisés dans la construction du câble. Il convient de se référer aux lignes directrices données dans la CEI/TR 62048.

Les caractéristiques de conception des câbles, des paramètres d'essai et des exigences d'essai recommandés indiqués dans cette spécification sont conçus pour atténuer les risques et dangers encourus par les fibres optiques.

B.2 Liste des attributs des fibres

Les Tableaux B.1 à B.5 fournissent une liste des attributs des fibres.

Tableau B.1 – Attributs dimensionnels et méthodes de mesure

<i>Attributs</i>	<i>Méthodes de mesure</i>
Diamètre de la gaine	CEI 60793-1-20
Non-circularité de la gaine	CEI 60793-1-20
Erreur de concentricité entre le cœur et la gaine	CEI 60793-1-20
Diamètre du revêtement primaire	CEI 60793-1-21
Non-circularité du revêtement primaire	CEI 60793-1-21
Erreur de concentricité entre le revêtement et la gaine	CEI 60793-1-21
Longueur de fibre	CEI 60793-1-22

Tableau B.2 – Attributs mécaniques et méthodes d'essai

<i>Attributs</i>	<i>Méthodes d'essai</i>
Essais de sélection	CEI 60793-1-30
Résistance à la traction	CEI 60793-1-31
Dénudabilité du revêtement primaire	CEI 60793-1-32
Résistance à la corrosion sous contrainte	CEI 60793-1-33
Ondulation de la fibre	CEI 60793-1-34

Tableau B.3 – Attributs de transmission et méthodes de mesure

<i>Attributs</i>	<i>Méthodes de mesure</i>
Affaiblissement linéique	CEI 60793-1-40
Dispersion chromatique	CEI 60793-1-42
Longueur d'onde de coupure des câbles	CEI 60793-1-44
Diamètre du champ de mode	CEI 60793-1-45
Variations du facteur de transmission optique	CEI 60793-1-46
Pertes dues aux macrocourbures	CEI 60793-1-47
Dispersion du mode de polarisation	CEI 60793-1-48

Tableau B.4 – Essais d'exposition à l'environnement

<i>Attributs</i>	<i>Méthodes d'essai</i>
Essais de chaleur humide	CEI 60793-1-50
Essais de chaleur sèche	CEI 60793-1-51
Essais de variation de température	CEI 60793-1-52
Essais d'immersion dans l'eau	CEI 60793-1-53

Tableau B.5 – Attributs mesurés pendant ou après l'exposition à l'environnement.

<i>Attributs</i>	<i>Méthodes d'essai</i>
Variation de la transmission optique	CEI 60793-1-46
Affaiblissement	CEI 60793-1-40
Force de dénudabilité du revêtement	CEI 60793-1-32
Résistance à la traction	CEI 60793-1-31
Résistance à la corrosion sous contrainte	CEI 60793-1-33

Bibliographie

Guide CEI 104, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais seulement)

IEC 60304, *Couleurs de référence de l'enveloppe isolante pour câbles et fils pour basses fréquences*

CEI 60793-1 (toutes les parties), *Fibres optiques – Partie 1: Méthodes de mesure et procédures d'essai*

CEI 60793-1-20, *Fibres optiques – Partie 1-20: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Géométrie de la fibre*

CEI 60793-1-21, *Fibres optiques – Partie 1-21: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Géométrie du revêtement*

CEI 60793-1-30, *Optical fibres – Part 1-30: Measurement methods and test procedures – Fibre proof test* (disponible en anglais seulement)

CEI 60793-1-31, *Optical fibres – Part 1-31: Measurement methods and test procedures – Tensile strength* (disponible en anglais seulement)

CEI 60793-1-32, *Optical fibres – Part 1-32: Measurement methods and test procedures – Coating strippability* (disponible en anglais seulement)

CEI 60793-1-33, *Fibres optiques – Partie 1-33: Méthodes de mesures et procédures d'essai – Résistance à la corrosion sous contrainte*

CEI 60793-1-34, *Fibres optiques – Partie 1-34: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ondulation de la fibre*

CEI 60793-1-42, *Fibres optiques – Partie 1-42: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Dispersion chromatique*

CEI 60793-1-45, *Fibres optiques – Partie 1-45: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Diamètre du champ de mode*

CEI 60793-1-46, *Fibres optiques – Partie 1-46: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Contrôle des variations du facteur de transmission optique*

CEI 60793-1-47, *Optical fibres – Part 1-47: Measurement methods and test procedures – Macrobending loss* (disponible en anglais seulement)

CEI 60793-1-50, *Fibres optiques – Partie 1-50: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Chaleur humide (essai continu)*

CEI 60793-1-51, *Fibres optiques – Partie 1-51: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Chaleur sèche*

CEI 60793-1-52, *Fibres optiques – Partie 1-52: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Variations de température*

CEI 60793-1-53, *Fibres optiques – Partie 1-53: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Immersion dans l'eau*

CEI 60793-2, *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produits – Généralités*

CEI 60794-3-12, *Câbles à fibres optiques – Partie 3-12: Câbles extérieurs – Spécification particulière pour les câbles optiques de télécommunication destinés à être installés dans des conduites ou à être directement enterrés et utilisés dans le câblage de locaux*

CEI/TR 62048, *Fibres optiques – Fiabilité – Théorie de la loi de puissance*

Recommandation UIT-T G.652, *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable* (disponible en anglais seulement)

Recommandation UIT-T G.653, *Characteristics of a dispersion-shifted, single-mode optical fibre and cable* (disponible en anglais seulement)

Recommandation UIT-T G.654, *Characteristics of a cut-off shifted, single-mode optical fibre and cable* (disponible en anglais seulement)

Recommandation UIT-T G.655, *Characteristics of non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable* (disponible en anglais seulement)

Recommandation UIT-T G.656, *Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband optical transport* (disponible en anglais seulement)

Recommandation UIT-T G.657, *Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network* (disponible en anglais seulement)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch