

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Optical fibre cables –**

**Part 1-111: Generic specification – Basic optical cable test procedures –  
Mechanical tests methods – Bend, method E11**

**Câbles à fibres optiques –**

**Partie 1-111: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des  
câbles optiques – Méthodes d'essai mécanique – Courbures, méthode E11**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://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 corrigendum or an amendment might have been published.

#### IEC publications search - [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

### A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

#### Recherche de publications IEC -

[webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Optical fibre cables –**

**Part 1-111: Generic specification – Basic optical cable test procedures –  
Mechanical tests methods – Bend, method E11**

**Câbles à fibres optiques –**

**Partie 1-111: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des  
câbles optiques – Méthodes d'essai mécanique – Courbures, méthode E11**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-8322-7518-4

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.**  
**Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

## CONTENTS

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                                                                                      | 3  |
| INTRODUCTION.....                                                                                                                                  | 5  |
| 1 Scope.....                                                                                                                                       | 6  |
| 2 Normative references .....                                                                                                                       | 6  |
| 3 Terms and definitions .....                                                                                                                      | 6  |
| 4 General .....                                                                                                                                    | 6  |
| 4.1 Sample .....                                                                                                                                   | 6  |
| 4.2 Apparatus .....                                                                                                                                | 7  |
| 4.3 Test methods .....                                                                                                                             | 7  |
| 4.4 Test conditions .....                                                                                                                          | 7  |
| 5 Method E11A – Bend as helix.....                                                                                                                 | 7  |
| 5.1 General.....                                                                                                                                   | 7  |
| 5.2 Single-helix configuration.....                                                                                                                | 8  |
| 5.3 Two-helix configuration .....                                                                                                                  | 9  |
| 5.4 Procedure .....                                                                                                                                | 10 |
| 6 Method E11B – U bend.....                                                                                                                        | 10 |
| 7 Requirements .....                                                                                                                               | 11 |
| 8 Details to be specified .....                                                                                                                    | 11 |
| 9 Details to be reported .....                                                                                                                     | 12 |
| Annex A (informative) Example of a special mandrel for two-helix configuration.....                                                                | 13 |
| Annex B (informative) Rationale for the options of an equal or larger turnaround loop diameter for the two-helix configuration of method E11A..... | 14 |
| Bibliography.....                                                                                                                                  | 19 |
| Figure 1 – Bend test set-up for method E11A: single-helix configuration .....                                                                      | 8  |
| Figure 2 – Bend test set-up for method E11A: two-helix configuration .....                                                                         | 9  |
| Figure 3 – Bend test set-up for method E11B.....                                                                                                   | 11 |
| Figure A.1 – Example of a special mandrel .....                                                                                                    | 13 |
| Figure B.1 – Options for turnaround loop size for two-helix configuration of method E11A.....                                                      | 14 |
| Figure B.2 – Difference of change in attenuation for single-mode cable .....                                                                       | 17 |
| Figure B.3 – Difference of change in attenuation for multimode cable .....                                                                         | 17 |
| Figure B.4 – Worst case difference of change in attenuation .....                                                                                  | 18 |
| Table B.1 – Used change in attenuation values.....                                                                                                 | 15 |
| Table B.2 – Calculated changes in attenuation of single-mode cable .....                                                                           | 15 |
| Table B.3 – Calculated changes in attenuation of multimode cable .....                                                                             | 16 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## OPTICAL FIBRE CABLES –

**Part 1-111: Generic specification –  
Basic optical cable test procedures –  
Mechanical test methods – Bend, method E11**

## 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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60794-1-111 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics. It is an International Standard.

This document partially cancels and replaces IEC 60794-1-21:2015. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC 60794-1-21:2015:

- a) the nominal sample length was newly specified as 10 m between the cable element fixing points at both ends, unless otherwise specified;
- b) the number of turns on the mandrel in Figure 1 for the single-helix configuration were corrected to match the number of turns shown in the figure for the two-helix configuration;

- c) requirements on the turnaround loop were added for method E11A, two-helix configuration;
- d) the turnaround loop with the same diameter as the mandrel was taken into account for calculation of the number of turns of each helix for method E11A, two-helix configuration;
- e) added a formula for calculation of the number of revolutions in each helix for method E11A, two-helix configuration;
- f) added a description for the procedure when the turnaround loop diameter is larger than the mandrel diameter for method E11A, two-helix configuration;
- g) all the figures were updated and the different components labelled;
- h) added the attenuation monitoring equipment in 4.2 for the apparatus and the description to measure the change in attenuation in the test methods E11A and E11B;
- i) added Clause 9 for details to be reported;
- j) added Annex A showing an example of a special mandrel to perform the bend test according to method E11A, two-helix configuration;
- k) added Annex B providing the rationale for the options of method E11A, two-helix configuration.

The text of this International Standard is based on the following documents:

| Draft         | Report on voting |
|---------------|------------------|
| 86A/2367/FDIS | 86A/2373/RVD     |

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

A list of all parts in the 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 document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

**IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.**

## INTRODUCTION

This document cancels and replaces method E11 of IEC 60794-1-21:2015, which will be withdrawn. It includes an editorial revision, based on the new structure and numbering system for optical fibre cable test methods. Additionally, technical changes were implemented. The mechanical tests contained in IEC 60794-1-21:2015 will be individually numbered in the IEC 60794-1-1xx series. Each test method is now considered to be an individual document rather than part of a multi-test method compendium. Full cross-reference details are given in IEC 60794-1-2.

The descriptions and the figures of the test methods in this document have been considerably changed to improve the procedures, avoid different interpretations and add useful information such as examples and rationale. However, the intention and procedures of the test methods were not changed.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60794-1-111:2023

## OPTICAL FIBRE CABLES –

### **Part 1-111: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Mechanical test methods – Bend, method E11**

## **1 Scope**

This part of IEC 60794 defines the test procedure to determine the ability of an optical fibre cable to withstand bending around a test mandrel. The primary purpose of this procedure is to measure the change in attenuation when the cable is bent around a test mandrel. A secondary purpose is to assess whether the cable has been physically damaged by bending.

NOTE 1 This test can be utilized at any specified temperature, including the low or high temperature limits for the cable.

NOTE 2 The bend test procedure for cable elements is specified in IEC 60794-1-301, method G1.

## **2 Normative references**

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60793-1-46, *Optical fibres – Part 1-46: Measurement methods and test procedures – Monitoring of changes in optical transmittance*

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 – General guidance*

## **3 Terms and definitions**

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60794-1-1 apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

## **4 General**

### **4.1 Sample**

The nominal sample length shall be 10 m and the fibres, buffers, sheath(s) and any strength members shall be clamped, glued or otherwise fixed together at each end so that they do not move during the bend test, unless otherwise specified in the relevant specification. The actual sample length should be longer than the nominal sample length to allow for connection to the optical monitoring equipment. The section in the middle of the nominal sample length shall be bent.

## 4.2 Apparatus

A single mandrel shall enable the sample to be wrapped tangentially in a close helix around a mandrel (see Figure 1, Figure 2 and Figure 3).

If optical monitoring is required, an optical monitoring equipment according to IEC 60793-1-46 shall be used.

## 4.3 Test methods

As indicated in the relevant specification, one of the methods described in Clause 5 or Clause 6 shall be used.

## 4.4 Test conditions

The tests shall be carried out at the temperature specified in the relevant detail specification. If no temperature is specified, the ambient temperature shall be within the standard atmospheric conditions as specified in IEC 60794-1-2.

# 5 Method E11A – Bend as helix

## 5.1 General

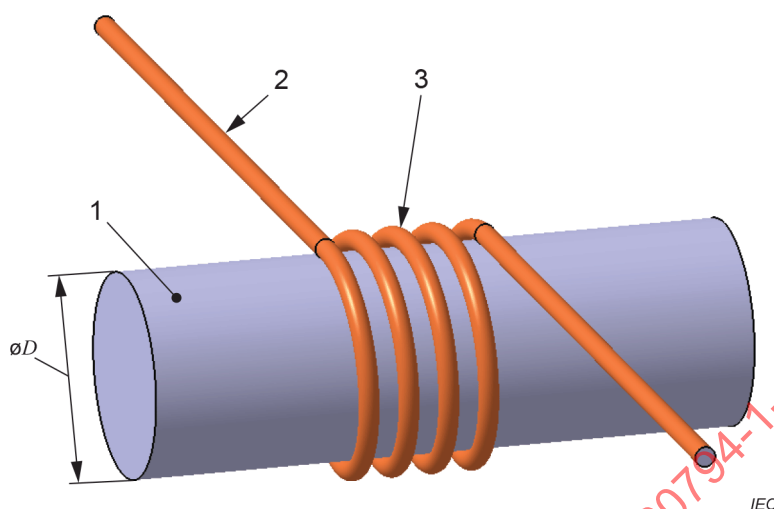
The intent of method E11A is to specify the test with the total number of turns on a mandrel of a specified diameter.

Either test set-up, single-helix or two-helix configuration, may be used for testing according to method E11A.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60794-1-111:2023

## 5.2 Single-helix configuration

The test set-up with one helix as shown in Figure 1 may be used.



### Key

- 1 mandrel
- 2 sample
- 3 wrapped sample in a single helix
- $D$  mandrel diameter

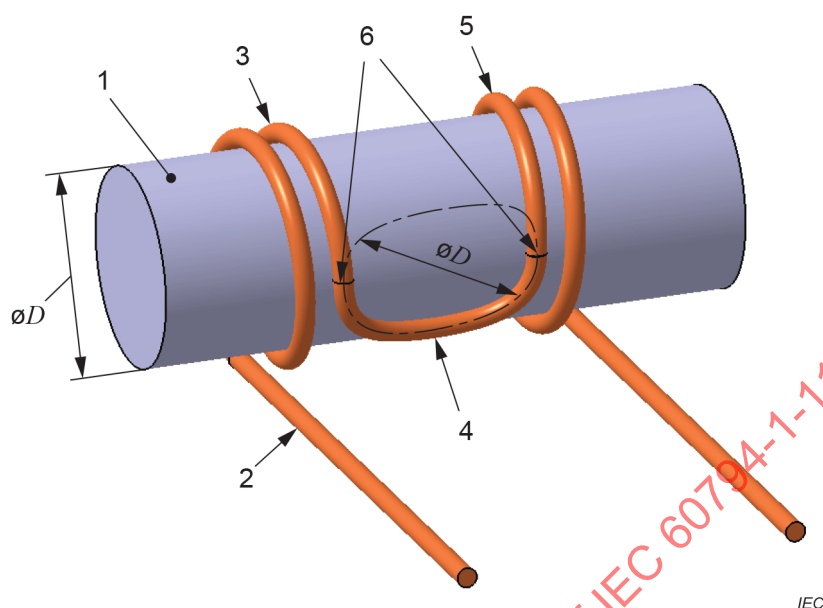
NOTE This figure illustrates 4 turns of the sample on the mandrel.

**Figure 1 – Bend test set-up for method E11A: single-helix configuration**

Torsion should be minimised but cannot be avoided with this configuration. If torsion should be avoided altogether, the two-helix configuration should be used.

### 5.3 Two-helix configuration

The test set-up with two helices as shown in Figure 2 may be used.



#### Key

- 1 mandrel
- 2 sample
- 3 helix with  $h$  revolutions on one side of the mandrel
- 4 turnaround loop (180° or 0,5 turns)
- 5 helix with  $h$  revolutions on the other side of the mandrel
- 6 transition point between helix and turnaround loop
- $D$  mandrel diameter and same size for turnaround loop diameter

NOTE 1 This figure illustrates 4 turns of the sample on the mandrel (0,5 turns in the turnaround loop and 1,75 turns in each helix).

NOTE 2 Annex A shows an advanced design of a special mandrel to perform the bend test.

**Figure 2 – Bend test set-up for method E11A: two-helix configuration**

The diameter of the turnaround loop shall be at least the diameter of the mandrel. If the diameter of the turnaround loop is equal to the diameter of the mandrel, the number of revolutions in each helix shall be calculated as given in Formula (1).

$$h = (n - p) / 2 \quad (1)$$

where

$h$  is the number of revolutions in each helix (without turnaround loop);

$n$  is the specified number of turns;

$p$  is the number of turns in the turnaround loop (0,5 turns).

EXAMPLE 1 If the number of turns ( $n$ ) is specified with 4 and the number of turns in the turnaround loop with 0,5, the number of revolutions in each helix ( $h$ ) results in 1,75.

EXAMPLE 2 If the number of turns ( $n$ ) is specified with 6 and the number of turns in the turnaround loop with 0,5, the number of revolutions in each helix ( $h$ ) results in 2,75.

If the turnaround loop diameter is larger than the mandrel diameter, the turnaround loop shall not be taken into account for the calculation of the number of revolutions in each helix as given in Formula (1). In this case,  $p$  shall be entered with the value 0 in Formula (1).

NOTE See Annex B for the rationale for the above options.

#### 5.4 Procedure

The attenuation of the sample shall be measured in the unwrapped configuration before the start of the test. The fibres of the sample and optical monitoring equipment shall remain connected throughout the test.

The sample shall be wrapped around the mandrel at a uniform rate. Sufficient tension shall be applied to ensure that there is no gap between the mandrel and the outer surface of the sample. The number of turns and revolutions in each helix shall be applied correctly. The change in attenuation shall be measured in the wrapped configuration.

NOTE When using the single-helix configuration (Figure 1), torsion of the cable cannot be avoided.

The sample shall then be unwrapped. The change in attenuation shall be measured in the unwrapped configuration.

A cycle consists of one wrapping and one unwrapping of the sample on and from the mandrel.

The diameter of the test mandrel, the number of turns and the number of cycles shall be specified in the relevant specification.

The change in attenuation shall be calculated relative to the initial attenuation measured before the start of the test.

### 6 Method E11B – U bend

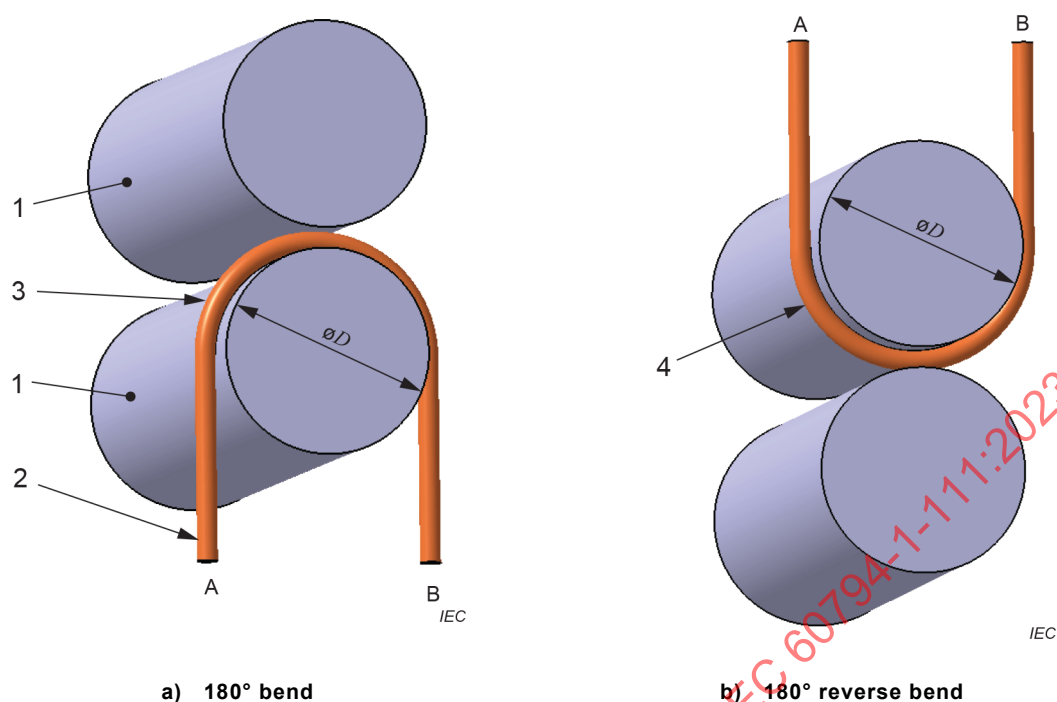
The attenuation of the sample shall be measured in the straight configuration before the start of the test.

The sample shall be bent around a mandrel through 180° and kept taut during the bending as shown in Figure 3 a).

A cycle consists of one U bend of 180° as shown in Figure 3 a) followed by a reverse U bend of 180° as shown in Figure 3 b), and a return to the straight position.

The two sample sections away from the mandrel (beyond A and B in Figure 3) have to be moved to achieve the 180° bend and 180° reverse bend. Ensure that the two sample sections have sufficiently large bending radii. These bending radii shall be significantly larger than that of the bent sample around the mandrel.

The diameter of the mandrel and the number of cycles shall be stated in the relevant specification. A minimum of one mandrel is required to perform the test but two mandrels having the same diameter may be used, as illustrated in Figure 3.

**Key**

- 1 mandrel
- 2 sample
- 3 180° bend of sample
- 4 180° reverse bend of sample
- A sample section on one side
- B sample section on the other side
- D mandrel diameter

NOTE This figure uses two mandrels with the same diameter for better illustration.

**Figure 3 – Bend test set-up for method E11B**

The change in attenuation shall be measured in the bent and straight configuration during and in the straight configuration after test as required by the relevant specification. The change in attenuation shall be calculated relative to the initial attenuation before the start of the test.

## 7 Requirements

The acceptance criteria for the test shall be as stated in the relevant specification. The requirements include change in attenuation and physical damage to the cable.

## 8 Details to be specified

The relevant specification shall include the following:

- a) method to be used (E11A or E11B);
- b) mandrel diameter (or ratio of mandrel diameter to cable diameter);
- c) number of turns (for method E11A);
- d) number of cycles;

- e) maximum allowable change in attenuation at the specified wavelength(s):
  - during the test (if applicable);
  - after the test (if applicable);
- f) physical change to the cable that does not affect the function of the cable;
- g) test temperature, for example ambient, low, or high.

## 9 Details to be reported

The test report shall include all the information given in Clause 8 and, where applicable, the following:

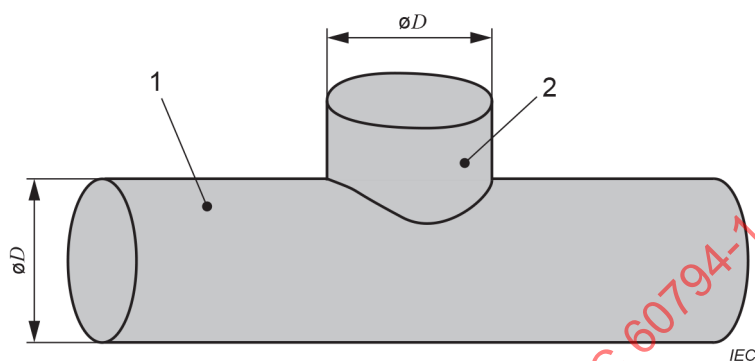
- a) detailed description of sample (cable type);
- b) length of sample;
- c) type of fixing all cable elements at both ends (glue, clamps, etc.);
- d) number of samples;
- e) description of the test set-up;
- f) description of the optical measurement equipment;
- g) preconditioning procedure, if any;
- h) used test set-up configuration (single-helix or two-helix for method E11A);
- i) turnaround loop considered in the calculation of the number of revolution in each helix (for method E11A, two-helix configuration);
- j) number of revolutions in each helix (for method E11A, two-helix configuration);
- k) change in attenuation at the specified wavelength(s) in wrapped and unwrapped situation during and unwrapped situation after test;
- l) any physical damage to the cable;
- m) observations during and after test;
- n) any deviations from the test procedure.

## Annex A

(informative)

### Example of a special mandrel for two-helix configuration

Figure A.1 shows an advanced design of a special mandrel to perform the bend test according to method E11A with a two-helix configuration. The diameter of the mandrel and short peg should be the same.



#### Key

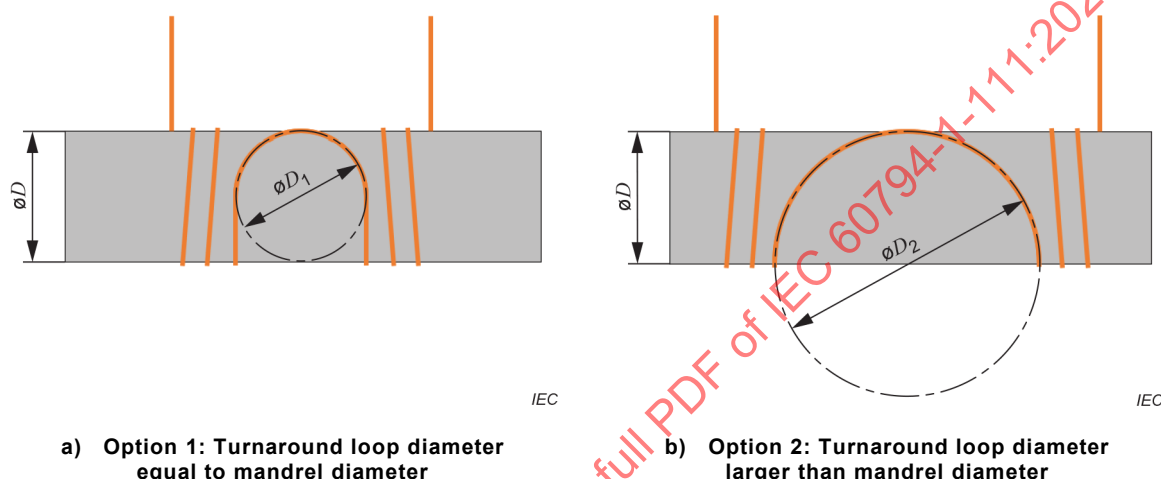
- 1 mandrel
- 2 peg
- $D$  mandrel and peg diameter

Figure A.1 – Example of a special mandrel

## Annex B (informative)

### Rationale for the options of an equal or larger turnaround loop diameter for the two-helix configuration of method E11A

The options of the two-helix configuration using an equal or a larger turnaround loop diameter than the one from the mandrel was considered as useful to allow flexibility in different implementations of the turnaround loop in test laboratories. If the difference of the change in attenuation between the two options is small, both options can be announced as equal and can be allowed. The two options given in 5.3 are illustrated in Figure B.1 a) and b).



#### Key

$D$  mandrel diameter

$D_1$  turnaround loop diameter of option 1, equal to  $D$

$D_2$  turnaround loop diameter of option 2, larger than  $D$

NOTE The diameter  $D_2$  in Figure B.1 b) is drawn twice as large as the diameters  $D_1$  and  $D$  for illustration purposes.

**Figure B.1 – Options for turnaround loop size for two-helix configuration of method E11A**

To evaluate the difference, a few case examples were calculated with the changes in attenuation for the two options, using the maximum bend performance limits for B-657.A1 and B-652.D fibres at 1 550 nm and A1-OMxb ( $x = 2, 3, 4$  or  $5$ ) fibres at 850 nm given in the optical fibre product specifications IEC 60793-2-50:2018, Table A.5 (B-652) and Table F.3 (B-657), and IEC 60793-2-10:2019 and IEC 60793-2-10:2019/AMD1:2022, Table A.3 (A1-OM2b to A1-OM5b), and used as cable performance. If no bend performance specification was available for a given bend diameter, the maximum change in attenuation was estimated. Table B.1 gives the used change in attenuation values. Typical real values of change in attenuation of bent fibres are lower than the maximum values used for the case examples.

**Table B.1 – Used change in attenuation values**

| Fibre type                    | Mandrel diameter | Maximum change in attenuation per one turn | Wavelength | Source         |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------------------|------------|----------------|
|                               | mm               | dB                                         | nm         |                |
| Single-mode, B-657.A1         | 20               | 0,750                                      | 1 550      | IEC 60793-2-50 |
| Single-mode, B-657.A1         | 30               | 0,025                                      | 1 550      | IEC 60793-2-50 |
| Single-mode, B-657.A1         | 40               | 0,010                                      | 1 550      | Estimated      |
| Single-mode, B-657.A1         | 50               | 0,005                                      | 1 550      | Estimated      |
| Single-mode, B-652.D          | 60               | 0,001                                      | 1 550      | IEC 60793-2-50 |
| Multimode, A1-OM2b to A1-OM5b | 15               | 0,100                                      | 850        | IEC 60793-2-10 |
| Multimode, A1-OM2b to A1-OM5b | 30               | 0,050                                      | 850        | IEC 60793-2-10 |
| Multimode, A1-OM2b to A1-OM5b | 40               | 0,020                                      | 850        | Estimated      |
| Multimode, A1-OM2b to A1-OM5b | 60               | 0,005                                      | 850        | Estimated      |

The parameters and the calculated changes in attenuation are given in Table B.2 for single-mode cable at 1 550 nm and Table B.3 for multimode cable at 850 nm.

**Table B.2 – Calculated changes in attenuation of single-mode cable**

| Parameter |       |     | Option 1 ( $D_1 = D$ ) |        |              |                   |              | Option 2 ( $D_2 > D$ ) |        |                |                   |              |
|-----------|-------|-----|------------------------|--------|--------------|-------------------|--------------|------------------------|--------|----------------|-------------------|--------------|
| $D, D_1$  | $D_2$ | $n$ | $p$                    | $2^*h$ | $\Delta A_p$ | $\Delta A_{2^*h}$ | $\Delta A_t$ | $p$                    | $2^*h$ | $\Delta A_p^a$ | $\Delta A_{2^*h}$ | $\Delta A_t$ |
| mm        | mm    | -   | -                      | -      | dB           | dB                | dB           | -                      | -      | dB             | dB                | dB           |
| 20        | 30    | 4   | 0,5                    | 3,5    | 0,375        | 2,625             | 3,000        | 0                      | 4      | 0,013          | 3,000             | 3,013        |
| 20        | 30    | 6   | 0,5                    | 5,5    | 0,375        | 4,125             | 4,500        | 0                      | 6      | 0,013          | 4,500             | 4,513        |
| 20        | 30    | 10  | 0,5                    | 9,5    | 0,375        | 7,125             | 7,500        | 0                      | 10     | 0,013          | 7,500             | 7,513        |
| 30        | 50    | 4   | 0,5                    | 3,5    | 0,013        | 0,088             | 0,100        | 0                      | 4      | 0,003          | 0,100             | 0,103        |
| 30        | 50    | 6   | 0,5                    | 5,5    | 0,013        | 0,138             | 0,150        | 0                      | 6      | 0,003          | 0,150             | 0,153        |
| 30        | 50    | 10  | 0,5                    | 9,5    | 0,013        | 0,238             | 0,250        | 0                      | 10     | 0,003          | 0,250             | 0,253        |
| 40        | 60    | 4   | 0,5                    | 3,5    | 0,005        | 0,035             | 0,040        | 0                      | 4      | 0,001          | 0,040             | 0,041        |
| 40        | 60    | 6   | 0,5                    | 5,5    | 0,005        | 0,055             | 0,060        | 0                      | 6      | 0,001          | 0,060             | 0,061        |
| 40        | 60    | 10  | 0,5                    | 9,5    | 0,005        | 0,095             | 0,100        | 0                      | 10     | 0,001          | 0,100             | 0,101        |

**Key**

$D$  mandrel diameter

$D_1$  turnaround loop diameter of option 1 ( $D_1 = D$ )

$D_2$  turnaround loop diameter of option 2 ( $D_2 > D$ )

$n$  specified number of turns, see Formula (1)

$p$  number of turns in the turnaround loop, see Formula (1)

$2^*h$  number of revolutions in both helices (without turnaround loop), see Formula (1)

$\Delta A_p$  change in attenuation of turnaround loop

$\Delta A_{2^*h}$  change in attenuation of both helices

$\Delta A_t$  total change in attenuation (turnaround loop and both helices)

NOTE The values of change in attenuation in the table were rounded to three digits after the comma.

<sup>a</sup> The change in attenuation of the turnaround loop is added for the calculation of the total change in attenuation of option 2, although the turnaround loop is not considered ( $p = 0$ ) in the calculation of the number of revolutions in each helix in Formula (1) but may contribute more or less to the measured total change in attenuation.

**Table B.3 – Calculated changes in attenuation of multimode cable**

| Parameter |       |     | Option 1 ( $D_1 = D$ ) |        |              |                   |              | Option 2 ( $D_2 > D$ ) |        |                |                   |              |
|-----------|-------|-----|------------------------|--------|--------------|-------------------|--------------|------------------------|--------|----------------|-------------------|--------------|
| $D, D_1$  | $D_2$ | $n$ | $p$                    | $2^*h$ | $\Delta A_p$ | $\Delta A_{2^*h}$ | $\Delta A_t$ | $p$                    | $2^*h$ | $\Delta A_p^a$ | $\Delta A_{2^*h}$ | $\Delta A_t$ |
| mm        | mm    | -   | -                      | -      | dB           | dB                | dB           | -                      | -      | dB             | dB                | dB           |
| 15        | 30    | 4   | 0,5                    | 3,5    | 0,050        | 0,350             | 0,400        | 0                      | 4      | 0,025          | 0,400             | 0,425        |
| 15        | 30    | 6   | 0,5                    | 5,5    | 0,050        | 0,550             | 0,600        | 0                      | 6      | 0,025          | 0,600             | 0,625        |
| 15        | 30    | 10  | 0,5                    | 9,5    | 0,050        | 0,950             | 1,000        | 0                      | 10     | 0,025          | 1,000             | 1,025        |
| 30        | 40    | 4   | 0,5                    | 3,5    | 0,025        | 0,175             | 0,200        | 0                      | 4      | 0,010          | 0,200             | 0,210        |
| 30        | 40    | 6   | 0,5                    | 5,5    | 0,025        | 0,275             | 0,300        | 0                      | 6      | 0,010          | 0,300             | 0,310        |
| 30        | 40    | 10  | 0,5                    | 9,5    | 0,025        | 0,475             | 0,500        | 0                      | 10     | 0,010          | 0,500             | 0,510        |
| 40        | 60    | 4   | 0,5                    | 3,5    | 0,010        | 0,070             | 0,080        | 0                      | 4      | 0,003          | 0,080             | 0,083        |
| 40        | 60    | 6   | 0,5                    | 5,5    | 0,010        | 0,110             | 0,120        | 0                      | 6      | 0,003          | 0,120             | 0,123        |
| 40        | 60    | 10  | 0,5                    | 9,5    | 0,010        | 0,190             | 0,200        | 0                      | 10     | 0,003          | 0,200             | 0,203        |

**Key**

$D$  mandrel diameter

$D_1$  turnaround loop diameter of option 1 ( $D_1 = D$ )

$D_2$  turnaround loop diameter of option 2 ( $D_2 > D$ )

$n$  specified number of turns, see Formula (1)

$p$  number of turns in the turnaround loop, see Formula (1)

$2^*h$  number of revolutions in both helixes (without turnaround loop), see Formula (1)

$\Delta A_p$  change in attenuation of turnaround loop

$\Delta A_{2^*h}$  change in attenuation of both helixes

$\Delta A_t$  total change in attenuation (turnaround loop and both helixes)

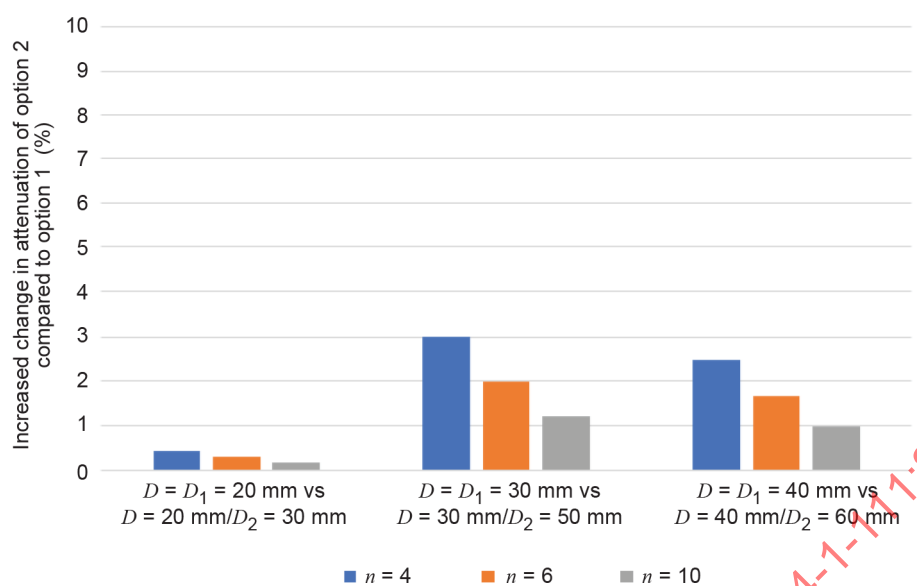
**NOTE** The values of change in attenuation in the table were rounded to three digits after the comma.

<sup>a</sup> The change in attenuation of the turnaround loop is added for the calculation of the total change in attenuation of option 2, although the turnaround loop is not considered ( $p = 0$ ) in the calculation of the number of revolutions in each helix in Formula (1) but may contribute more or less to the measured total change in attenuation.

For a better overview, the total attenuation changes of option 2 and option 1 calculated in Table B.2 and Table B.3 were put into relation and the relative increases in attenuation of option 2 compared to option 1 were determined in percent.

For example for a single-mode cable,  $D = D_1 = 30$  mm versus  $D = 30$  mm/ $D_2 = 50$  mm and 6 turns, the increased change in attenuation is calculated by subtracting the total change in attenuation of option 2 (0,153 dB) with the total change in attenuation of option 1 (0,15 dB) and its result divided by the total change in attenuation of option 1 (0,15 dB). That results in an increased change in attenuation of 2 % (see Figure B.2, orange bar in the centre of the figure).

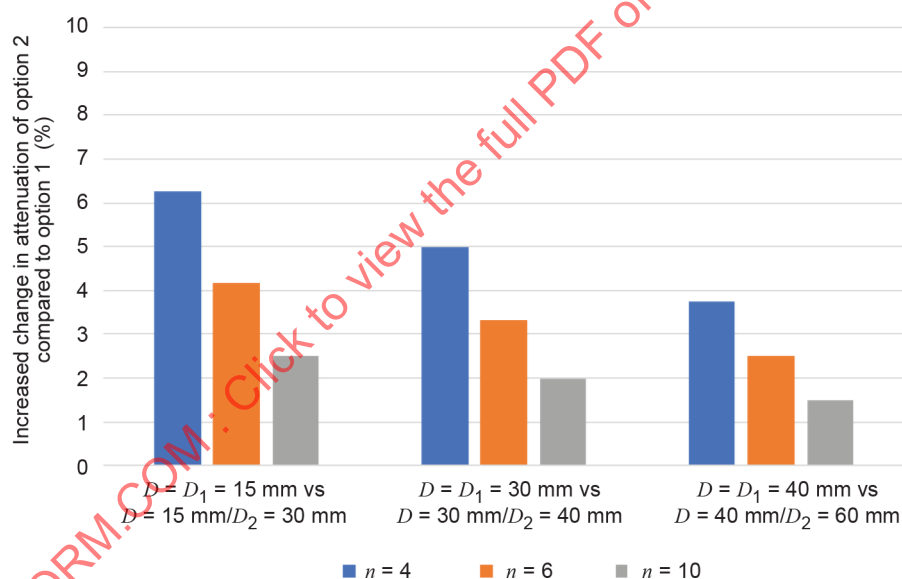
Figure B.2 for single-mode fibre and Figure B.3 for multimode cable show the relative increase of attenuation of option 2.



IEC

NOTE The descriptions of the letters used are given in Table B.2.

**Figure B.2 – Difference of change in attenuation for single-mode cable**



IEC

NOTE The descriptions of the letters used are given in Table B.3.

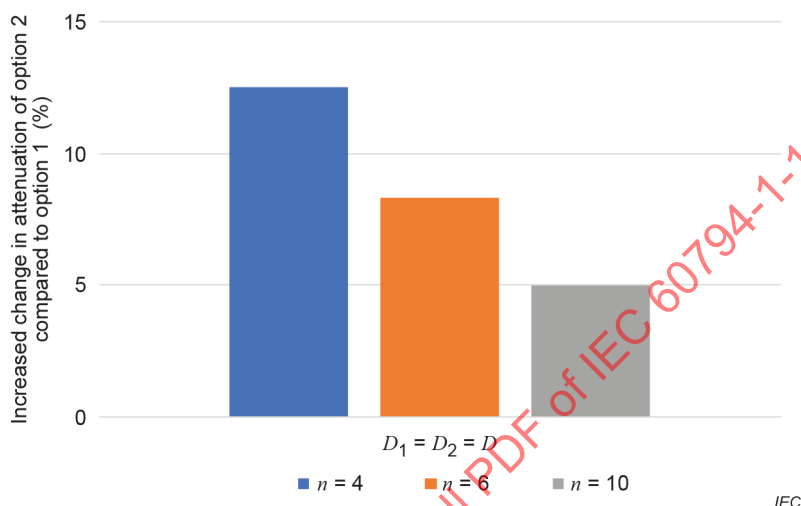
**Figure B.3 – Difference of change in attenuation for multimode cable**

A general observation is that the higher the number of turns ( $n$ ), the relative increase of change in attenuation of option 2 compared to option 1 decreases.

In addition, the worst case of the changes in attenuation for the two options was calculated. The worst case is when the diameter of the turnaround loop is only slightly larger than the diameter of the mandrel. For the calculation,  $D_2$  was defined as equal to  $D$ . In that case, the change in attenuation caused by the turnaround loop adds to the overall result but is not considered ( $p = 0$ ) in the calculation of the number of revolutions in each helix in Formula (1).

For example for a single-mode cable and  $D = D_1 = D_2 = 30$  mm with 6 turns, the increased change in attenuation is calculated by subtracting the total change in attenuation of option 2 (two helixes with 6 turns of 0,15 dB plus a turnaround loop of 0,5 turns of 0,012 5 dB results in total 0,162 5 dB) with the total change in attenuation of option 1 (two helixes and a turnaround loop with total 6 turns of 0,15 dB) and its result divided by the total change in attenuation of option 1 (0,15 dB). That results in an increased change in attenuation of 8,3 % (see Figure B.4, orange bar).

The worst case differences are shown in Figure B.4 that are independent of the mandrel diameter and are applicable for single-mode and multimode.



NOTE The descriptions of the letters used are given in Table B.2 and Table B.3.

**Figure B.4 – Worst case difference of change in attenuation**

The maximum change in attenuation in the cable specifications is typically specified as 0,4 dB or less during the test when the sample is wrapped on the mandrel. The increased changes in attenuation of option 2 compared to option 1 are therefore very small. The difference of 3 % for single-mode (maximum in Figure B.2) results in an absolute difference of 0,012 dB; the difference of 6,3 % for multimode (maximum in Figure B.3) results in an absolute difference of 0,025 dB. Because of these relatively small differences in the change in attenuation of the case examples and even in the worst case calculations, the two options were allowed and included in this document.

## Bibliography

IEC 60793-2-10:2019, *Optical fibres – Part 2-10: Product specifications – Sectional specification for category A1 multimode fibres*

IEC 60793-2-50:2018, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*

IEC 60794-1-21:2015, *Optical fibre cables – Part 1-21: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Mechanical tests methods*

IEC 60794-1-301, *Optical fibre cables – Part 1-301: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Cable elements test methods – Bend test, Method G*<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/CFDIS 60794-1-301:2023.

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                                                    | 21 |
| INTRODUCTION.....                                                                                                                                                     | 23 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                                                                         | 24 |
| 2 Références normatives .....                                                                                                                                         | 24 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                                                                         | 24 |
| 4 Généralités .....                                                                                                                                                   | 24 |
| 4.1 Échantillon .....                                                                                                                                                 | 24 |
| 4.2 Appareillage.....                                                                                                                                                 | 25 |
| 4.3 Méthodes d'essai .....                                                                                                                                            | 25 |
| 4.4 Conditions d'essai.....                                                                                                                                           | 25 |
| 5 Méthode E11A – Courbure en spires .....                                                                                                                             | 25 |
| 5.1 Généralités .....                                                                                                                                                 | 25 |
| 5.2 Configuration à spire simple.....                                                                                                                                 | 26 |
| 5.3 Configuration à deux spires .....                                                                                                                                 | 27 |
| 5.4 Procédure .....                                                                                                                                                   | 28 |
| 6 Méthode E11B – Courbure en U .....                                                                                                                                  | 28 |
| 7 Exigences.....                                                                                                                                                      | 29 |
| 8 Informations détaillées à spécifier.....                                                                                                                            | 29 |
| 9 Informations détaillées à consigner.....                                                                                                                            | 30 |
| Annexe A (informative) Exemple d'un mandrin spécial pour une configuration à deux spires .....                                                                        | 31 |
| Annexe B (Informative) Justification des options d'un diamètre de boucle d'enroulement égal ou supérieur pour la configuration à deux spires de la méthode E11A ..... | 32 |
| Bibliographie.....                                                                                                                                                    | 37 |
| Figure 1 – Montage d'essai de courbure pour la méthode E11A: configuration à spire simple.....                                                                        | 26 |
| Figure 2 – Montage d'essai de courbure pour la méthode E11A: configuration à deux spires .....                                                                        | 27 |
| Figure 3 – Montage d'essai de courbure pour la méthode E11B .....                                                                                                     | 29 |
| Figure A.1 – Exemple d'un mandrin spécial .....                                                                                                                       | 31 |
| Figure B.1 – Options pour la taille de la boucle d'enroulement dans la configuration à deux spires de la méthode E11A.....                                            | 32 |
| Figure B.2 – Écart de variation de l'affaiblissement pour un câble unimodal.....                                                                                      | 35 |
| Figure B.3 – Écart de variation de l'affaiblissement pour un câble multimodal .....                                                                                   | 35 |
| Figure B.4 – Écart de la variation de l'affaiblissement dans le cas le plus défavorable .....                                                                         | 36 |
| Tableau B.1 – Valeurs de variation de l'affaiblissement utilisées .....                                                                                               | 33 |
| Tableau B.2 – Variations de l'affaiblissement calculées pour un câble unimodal .....                                                                                  | 33 |
| Tableau B.3 – Variations de l'affaiblissement calculées pour un câble multimodal .....                                                                                | 34 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

**Partie 1-111: Spécification générique –  
Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques –  
Méthodes d'essai mécanique – Courbures, méthode E11**

## AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété. À la date de publication du présent document, l'IEC n'a reçu aucune déclaration relative à des droits de brevets, qui pourraient être exigés pour la mise en œuvre du présent document. Toutefois, il est rappelé aux responsables de cette mise en œuvre qu'il ne s'agit peut-être pas des informations les plus récentes, qui peuvent être obtenues dans la base de données disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60794-1-111 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Ce document annule et remplace partiellement l'IEC 60794-1-21:2015. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC 60794-1-21:2015:

- a) nouvelle précision de la longueur nominale d'échantillon comme étant de 10 m entre les points de fixation de l'élément de câble aux deux extrémités, sauf indication contraire;
- b) correction du nombre de tours sur le mandrin à la Figure 1 pour la configuration à spire simple afin de correspondre au nombre de tours indiqué à la figure pour la configuration à deux spires;
- c) ajout d'exigences relatives à la boucle d'enroulement pour la méthode E11A, configuration à deux spires;
- d) prise en compte de la boucle d'enroulement du même diamètre que le mandrin pour le calcul du nombre de tours de chaque spire pour la méthode E11A, configuration à deux spires;
- e) ajout d'une formule pour le calcul du nombre de tours de chaque spire pour la méthode E11A, configuration à deux spires;
- f) ajout d'une description de la procédure à suivre lorsque le diamètre de la boucle d'enroulement est supérieur au diamètre du mandrin pour la méthode E11A, configuration à deux spires;
- g) mise à jour de toutes les figures et identification des différents composants;
- h) ajout de l'équipement de contrôle de l'affaiblissement en 4.2 dédié à l'appareillage et à la description pour la mesure de la variation de l'affaiblissement dans les méthodes d'essai E11A et E11B;
- i) ajout de l'Article 9 dédié aux informations détaillées à consigner;
- j) ajout d'une Annexe A qui présente un exemple de mandrin spécial en vue d'effectuer l'essai de courbure selon la méthode E11A, configuration à deux spires;
- k) ajout d'une Annexe B qui fournit la justification des options de la méthode E11A, configuration à deux spires.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

| Projet        | Rapport de vote |
|---------------|-----------------|
| 86A/2367/FDIS | 86A/2373/RVD    |

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60794, publiées sous le titre général *Câbles à fibres optiques*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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

## INTRODUCTION

Le présent document annule et remplace la méthode E11 de l'IEC 60794-1-21:2015, laquelle est destinée à être supprimée. Il comprend une révision rédactionnelle, fondée sur la nouvelle structure et sur le nouveau système de numérotation des méthodes d'essai des câbles à fibres optiques. En outre, des modifications techniques ont été appliquées. Les essais mécaniques contenus dans l'IEC 60794-1-21:2015 font désormais l'objet d'une numérotation dédiée dans la série IEC 60794-1-1xx. Chaque méthode d'essai est désormais considérée comme étant un document indépendant, et non plus comme une partie d'un recueil regroupant plusieurs méthodes d'essai. Le détail de l'ensemble des références croisées est donné dans l'IEC 60794-1-2.

Les descriptions et les figures des méthodes d'essai du présent document ont été considérablement modifiées pour améliorer les procédures, éviter des différences d'interprétation et ajouter des informations utiles comme des exemples et des justifications. Toutefois, l'objectif et les procédures des méthodes d'essai n'ont pas été modifiés.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60794-1-111:2023

## CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

### Partie 1-111: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques – Méthodes d'essai mécanique – Courbures, méthode E11

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60794 définit la procédure d'essai en vue de déterminer la capacité d'un câble à fibres optiques à résister à la courbure autour d'un mandrin d'essai. L'objectif principal de cette procédure est de mesurer la variation de l'affaiblissement lorsque le câble est courbé autour d'un mandrin d'essai. L'objectif secondaire est d'évaluer si le câble a été physiquement endommagé par la courbure.

NOTE 1 Cet essai peut être utilisé quelle que soit la température spécifiée, y compris aux limites de température inférieure ou supérieure pour le câble.

NOTE 2 La procédure d'essai de courbure pour les éléments de câble est spécifiée dans l'IEC 60794-1-301, méthode G1.

#### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

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

IEC 60794-1-2, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-2: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques – Recommandations générales*

#### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 60794-1-1 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

#### 4 Généralités

##### 4.1 Échantillon

La longueur nominale de l'échantillon doit être de 10 m et les fibres, les revêtements protecteurs, la ou les gaines et tout élément de renfort doivent être solidaires, collés ou bien fixés ensemble à chaque extrémité de manière à ne pas bouger pendant l'essai de courbure,

sauf indication contraire dans la spécification applicable. Il convient que la longueur réelle de l'échantillon soit supérieure à la longueur nominale de l'échantillon pour permettre sa connexion à l'équipement de contrôle optique. La coupe présente au milieu de la longueur nominale de l'échantillon doit être courbée.

## **4.2 Appareillage**

Un mandrin unique doit permettre d'enrouler tangentiellement l'échantillon en spires jointives autour d'un mandrin (voir la Figure 1, la Figure 2 et la Figure 3).

Lorsqu'un contrôle optique est exigé, un équipement de contrôle optique conforme à l'IEC 60793-1-46 doit être utilisé.

## **4.3 Méthodes d'essai**

Comme l'indique la spécification applicable, l'une des méthodes décrites à l'Article 5 ou à l'Article 6 doit être utilisée.

## **4.4 Conditions d'essai**

Les essais doivent être effectués à la température spécifiée dans la spécification particulière correspondante. Si aucune température n'est spécifiée, la température ambiante doit être comprise dans les conditions atmosphériques normalisées comme cela est spécifié dans l'IEC 60794-1-2.

# **5 Méthode E11A – Courbure en spires**

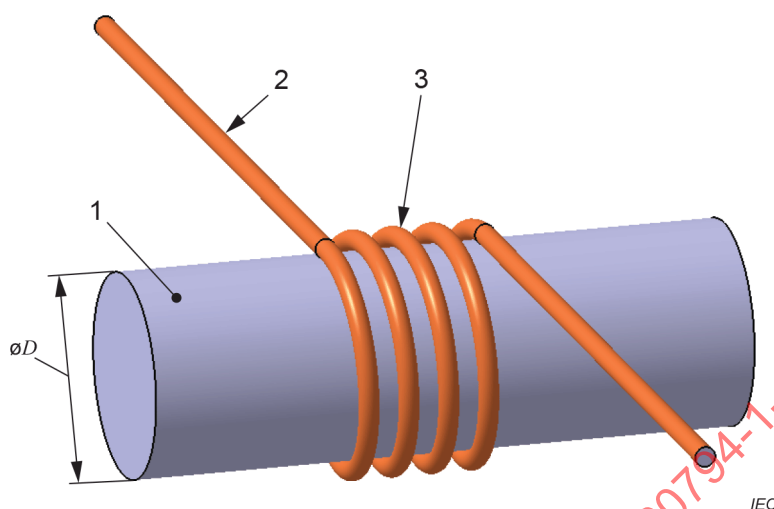
## **5.1 Généralités**

La méthode E11A a pour but de spécifier l'essai avec le nombre total de tours sur un mandrin d'un diamètre spécifié.

L'un de ces montages d'essai, configuration à spire simple ou à deux spires, peut être utilisé pour les essais selon la méthode E11A.

## 5.2 Configuration à spire simple

Le montage d'essai à spire simple représenté à la Figure 1 peut être utilisé.



### Légende

- 1 mandrin
- 2 échantillon
- 3 échantillon enroulé dans une spire simple
- $D$  diamètre du mandrin

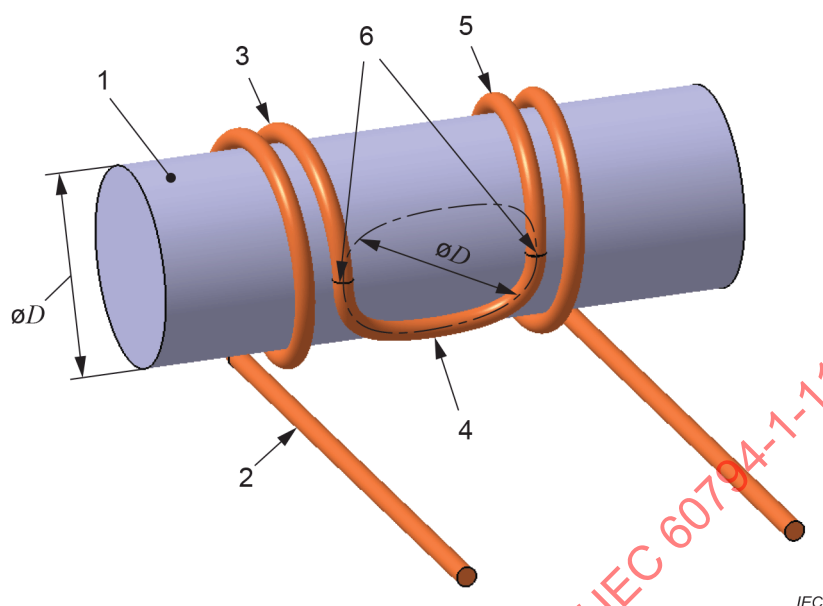
NOTE Cette figure représente 4 tours de l'échantillon sur le mandrin.

**Figure 1 – Montage d'essai de courbure pour la méthode E11A: configuration à spire simple**

Il convient de réduire le plus possible la torsion, mais elle ne peut être évitée dans cette configuration. Lorsqu'il convient d'éviter complètement la torsion, il convient d'utiliser la configuration à deux spires.

### 5.3 Configuration à deux spires

Le montage d'essai à deux spires représenté à la Figure 2 peut être utilisé.



#### Légende

- 1 mandrin
- 2 échantillon
- 3 spire avec  $h$  tours d'un côté du mandrin
- 4 boucle d'enroulement ( $180^\circ$  ou 0,5 tour)
- 5 spire avec  $h$  tours de l'autre côté du mandrin
- 6 point de transition entre la spire et la boucle d'enroulement
- $D$  diamètre du mandrin et même dimension pour le diamètre de la boucle d'enroulement

NOTE 1 Cette figure représente 4 tours de l'échantillon sur le mandrin (0,5 tour dans la boucle d'enroulement et 1,75 tour dans chaque spire).

NOTE 2 L'Annexe A présente une conception améliorée d'un mandrin spécial pour la réalisation de l'essai de courbure.

**Figure 2 – Montage d'essai de courbure pour la méthode E11A: configuration à deux spires**

Le diamètre de la boucle d'enroulement doit au moins correspondre au diamètre du mandrin. Si le diamètre de la boucle d'enroulement est égal au diamètre du mandrin, le nombre de tours dans chaque spire doit être calculé comme l'indique la formule (1).

$$h = (n - p) / 2 \quad (1)$$

où

$h$  est le nombre de tours dans chaque spire (sans boucle d'enroulement);

$n$  est le nombre de tours spécifié;

$p$  est le nombre de tours dans la boucle d'enroulement (0,5 tour).

EXEMPLE 1 Lorsque le nombre de tours ( $n$ ) spécifié est de 4 et le nombre de tours dans la boucle d'enroulement est de 0,5, le nombre de tours dans chaque spire ( $h$ ) est alors de 1,75.

EXEMPLE 2 Lorsque le nombre de tours ( $n$ ) spécifié est de 6 et le nombre de tours dans la boucle d'enroulement est de 0,5, le nombre de tours dans chaque spire ( $h$ ) est alors de 2,75.

Dans le cas où le diamètre de la boucle d'enroulement est supérieur au diamètre du mandrin, la boucle d'enroulement ne doit pas être prise en compte pour le calcul du nombre de tours dans chaque spire, comme l'indique la formule (1). Dans ce cas, la valeur 0 doit être saisie pour  $p$  dans la formule (1).

NOTE Voir l'Annexe B pour la justification des options ci-dessus.

#### 5.4 Procédure

L'affaiblissement de l'échantillon doit être mesuré dans la configuration déroulée avant le début de l'essai. Les fibres de l'échantillon et l'équipement de contrôle optique doivent rester connectés pendant toute la durée de l'essai.

L'échantillon doit être enroulé autour du mandrin à une vitesse uniforme. Une tension suffisante doit être appliquée pour veiller à ce qu'il n'y ait aucun espace entre le mandrin et la surface externe de l'échantillon. Le nombre de tours de chaque spire doit être appliqué correctement. La variation de l'affaiblissement doit être mesurée dans la configuration enroulée.

NOTE Lorsque la configuration à spire simple est utilisée (Figure 1), la torsion du câble ne peut être évitée.

L'échantillon doit alors être déroulé. La variation de l'affaiblissement doit être mesurée dans la configuration déroulée.

Un cycle consiste en un enroulement et en un déroulement de l'échantillon sur le mandrin et depuis le mandrin.

Le diamètre du mandrin d'essai, le nombre de tours et le nombre de cycles doivent être indiqués dans la spécification applicable.

La variation de l'affaiblissement doit être calculée par rapport à l'affaiblissement initial mesuré avant le début de l'essai.

### 6 Méthode E11B – Courbure en U

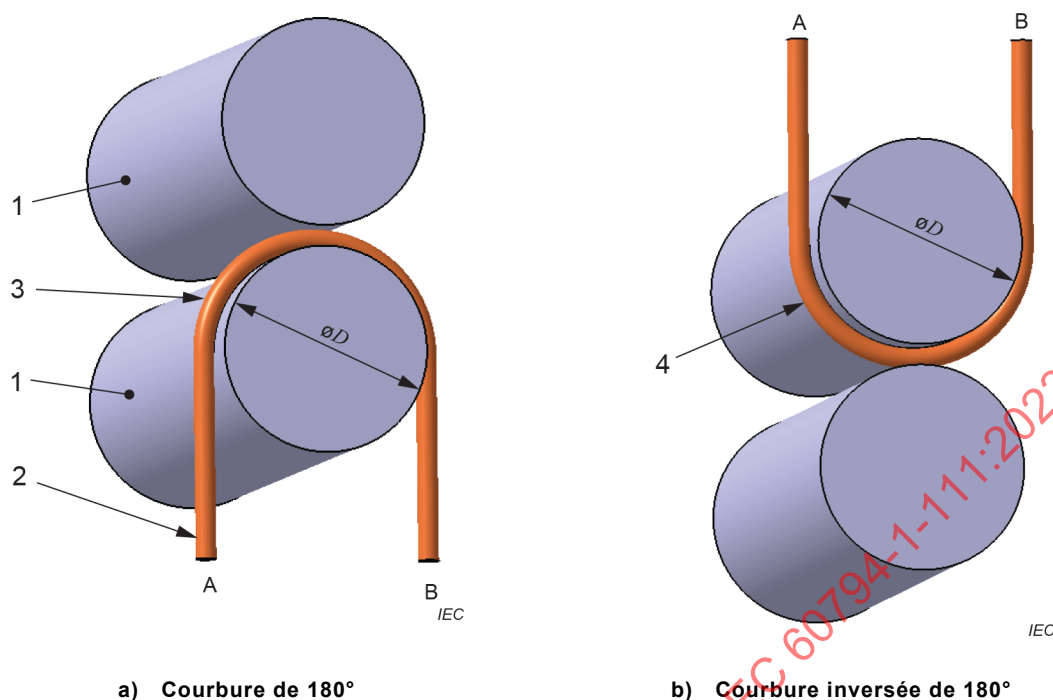
L'affaiblissement de l'échantillon doit être mesuré dans la configuration droite avant le début de l'essai.

L'échantillon doit être courbé autour d'un mandrin sur  $180^\circ$  et doit être maintenu tendu pendant la courbure comme cela est représenté à la Figure 3 a).

Un cycle consiste en une courbure en U de  $180^\circ$  comme cela est représenté à la Figure 3 a) suivi d'une courbure en U inversée de  $180^\circ$  comme cela est représenté à la Figure 3 b), puis d'un retour à la position droite.

Les deux coupes d'échantillon éloignées du mandrin (au-delà de A et B à la Figure 3) doivent être déplacées pour réaliser la courbure de  $180^\circ$  et la courbure inversée de  $180^\circ$ . Veiller à ce que les deux coupes d'échantillon aient des rayons de courbure suffisamment larges. Ces rayons de courbure doivent être considérablement plus larges que le rayon de l'échantillon courbé autour du mandrin.

Le diamètre du mandrin et le nombre de cycles doivent être indiqués dans la spécification applicable. Au moins un mandrin est exigé pour effectuer l'essai, mais deux mandrins de même diamètre peuvent être utilisés, comme cela est représenté à la Figure 3.



#### Légende

- 1 mandrin
- 2 échantillon
- 3 courbure de l'échantillon de 180°
- 4 courbure inversée de l'échantillon de 180°
- A coupe d'échantillon d'un côté
- B coupe d'échantillon de l'autre côté
- D diamètre du mandrin

NOTE Cette figure utilise deux mandrins de même diamètre pour une meilleure représentation.

**Figure 3 – Montage d'essai de courbure pour la méthode E11B**

La variation de l'affaiblissement doit être mesurée dans la configuration courbée et droite pendant et après l'essai de la configuration droite comme l'exige la spécification applicable. La variation de l'affaiblissement doit être calculée par rapport à l'affaiblissement initial avant le début de l'essai.

## 7 Exigences

Les critères d'acceptation pour l'essai doivent être indiqués dans la spécification applicable. Les exigences comprennent la variation de l'affaiblissement et les détériorations physiques du câble.

## 8 Informations détaillées à spécifier

La spécification applicable doit inclure les éléments suivants:

- a) la méthode à utiliser (E11A ou E11B);
- b) le diamètre du mandrin (ou rapport entre le diamètre du mandrin et le diamètre du câble);
- c) le nombre de tours (pour la méthode E11A);
- d) le nombre de cycles;

- e) la variation maximale admissible de l'affaiblissement à la longueur ou aux longueurs d'onde spécifiées:
  - pendant l'essai (le cas échéant);
  - après l'essai (le cas échéant);
- f) les changements physiques apportés au câble qui n'affectent pas sa fonction;
- g) la température d'essai (par exemple, température ambiante, basse ou élevée).

## 9 Informations détaillées à consigner

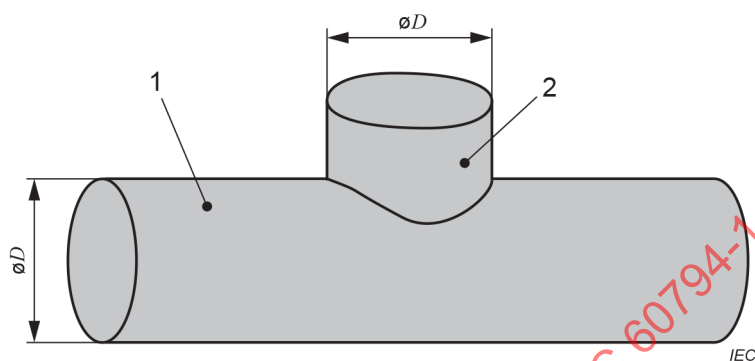
Le rapport d'essai doit comprendre toutes les informations données à l'Article 8 et, le cas échéant, les informations suivantes:

- a) la description détaillée de l'échantillon (type de câble);
- b) la longueur de l'échantillon;
- c) le type de fixation de tous les éléments du câble aux deux extrémités (colle, pinces, etc.);
- d) le nombre d'échantillons;
- e) la description du montage d'essai;
- f) la description de l'équipement de mesure optique;
- g) la procédure de préconditionnement, le cas échéant;
- h) la configuration du montage d'essai utilisée (à spire simple ou à deux spires pour la méthode E11A);
- i) la boucle d'enroulement examinée dans le calcul du nombre de tours dans chaque spire (pour la méthode E11A, configuration à deux spires);
- j) le nombre de tours dans chaque spire (pour la méthode E11A, configuration à deux spires);
- k) la variation de l'affaiblissement à la longueur ou aux longueurs d'onde spécifiées dans une configuration enroulée et déroulée, pendant et après l'essai de la configuration déroulée;
- l) toute détérioration physique du câble;
- m) les observations pendant et après l'essai;
- n) tout écart par rapport à la procédure d'essai.

## Annexe A (informative)

### Exemple d'un mandrin spécial pour une configuration à deux spires

La Figure A.1 représente une conception améliorée d'un mandrin spécial pour la réalisation de l'essai de courbure selon la méthode E11A avec une configuration à deux spires. Il convient que le diamètre du mandrin et le diamètre de la cheville courte soient identiques.



#### Légende

- 1 mandrin
- 2 cheville
- $D$  diamètre du mandrin et de la cheville

Figure A.1 – Exemple d'un mandrin spécial