

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Optical fibre cables –
Part 1-21: Generic specification – Basic optical cable test procedures –
Mechanical test methods**

**Câbles à fibres optiques –
Partie 1-21: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des
câbles optiques – Méthodes d'essai mécanique**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2015 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 Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
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

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Optical fibre cables –
Part 1-21: Generic specification – Basic optical cable test procedures –
Mechanical test methods**

**Câbles à fibres optiques –
Partie 1-21: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des
câbles optiques – Méthodes d'essai mécanique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-8322-6705-9

**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	9
1 Scope and object	11
2 Normative references	11
3 Method E1: Tensile performance	12
3.1 Object	12
3.2 Sample length	12
3.3 Apparatus	12
3.4 Procedure	12
3.4.1 General requirements	12
3.4.2 Procedure	13
3.5 Requirements	13
3.6 Details to be specified	13
3.7 Details to be reported	14
4 Method E2: Abrasion	15
4.1 Object	15
4.2 Sample	15
4.3 Method E2A: Abrasion resistance of optical fibre cable sheaths	15
4.3.1 Apparatus	15
4.3.2 Procedure	16
4.3.3 Requirements	16
4.3.4 Details to be specified	16
4.4 Method E2B: Abrasion resistance of optical fibre cable markings	16
4.4.1 Apparatus	16
4.4.2 Procedure	17
4.4.3 Requirements	17
4.4.4 Details to be specified	17
5 Method E3: Crush	18
5.1 Object	18
5.2 Sample	18
5.3 Method E3A: Plate/plate	18
5.3.1 Apparatus	18
5.3.2 Procedure	18
5.4 Method E3B: Mandrel/plate	19
5.4.1 Apparatus	19
5.4.2 Procedure	19
5.5 Requirements	19
5.6 Details to be specified	19
6 Method E4: Impact	21
6.1 Object	21
6.2 Sample	21
6.2.1 Sample length	21
6.2.2 Termination	21
6.3 Apparatus	21
6.4 Procedure	22
6.5 Requirements	22
6.6 Details to be specified	22

7	Method E5A: Stripping force stability of cabled optical fibres	24
7.1	Object	24
7.2	Sample	24
7.2.1	Sample length	24
7.2.2	Sample preparation	24
7.3	Apparatus	24
7.4	Procedure	24
7.5	Requirements	25
7.6	Details to be specified	25
8	Method E5B: Strippability of optical fibre ribbons	25
8.1	Object	25
8.2	Sample	25
8.3	Apparatus	25
8.3.1	General	25
8.3.2	Stripping tool	25
8.3.3	Motor and slide (if used)	26
8.3.4	Positioning and holding equipment	26
8.3.5	Alcohol wipe	26
8.4	Procedure	26
8.5	Requirements	27
8.6	Details to be specified	27
9	Method E5C: Strippability of buffered optical fibres	27
9.1	Object	27
9.2	Sample	27
9.3	Apparatus	27
9.4	Procedure	28
9.5	Requirements	28
9.6	Details to be specified	28
10	Method E6: Repeated bending	28
10.1	Object	28
10.2	Sample	28
10.2.1	Sample length	28
10.2.2	Termination	29
10.3	Apparatus	29
10.4	Procedure	29
10.5	Requirements	29
10.6	Details to be specified	29
11	Method E7: Torsion	30
11.1	Object	30
11.2	Sample	30
11.3	Apparatus	31
11.4	Procedure	31
11.5	Requirements	32
11.6	Details to be specified	32
11.7	Details to be reported	32
12	Method E8: Flexing	34
12.1	Object	34
12.2	Sample	34

12.3	Apparatus	34
12.4	Procedure	34
12.5	Requirements	34
12.6	Details to be specified.....	34
13	Method E9: Snatch (deleted)	35
14	Method E10: Kink	35
14.1	Object.....	35
14.2	Sample	35
14.3	Apparatus	35
14.4	Procedure	36
14.5	Requirements	36
14.6	Details to be specified.....	36
15	Method E11: Bend	37
15.1	Object.....	37
15.2	Sample	37
15.3	Apparatus	37
15.4	Procedure	37
15.4.1	Procedure 1 – Test method E11A (standard test procedure).....	37
15.4.2	Procedure 2 – Test method E11B (alternative test procedure)	37
15.5	Requirements	38
15.6	Details to be specified.....	38
16	Method E12: Cut-through resistance (deleted).....	39
17	Method E13: Shotgun damage.....	39
17.1	Object.....	39
17.2	General.....	39
17.3	Method E13A: Shotgun test.....	39
17.3.1	Sample	39
17.3.2	Apparatus.....	39
17.3.3	Procedure.....	39
17.3.4	Requirements	40
17.3.5	Details to be specified	40
17.4	Method E13B: Shotgun simulation	40
17.4.1	Sample	40
17.4.2	Apparatus.....	40
17.4.3	Procedure.....	41
17.4.4	Requirements	41
17.4.5	Details to be specified	41
17.4.6	Calculation of drop weight and height	41
18	Method E14: Compound flow (drip).....	45
18.1	Object.....	45
18.2	Sample	45
18.3	Apparatus	45
18.4	Procedure	46
18.5	Requirements	46
18.6	Details to be specified.....	46
19	Method E15: Bleeding and evaporation.....	46
19.1	Object.....	46
19.2	Sample	47

19.3	Apparatus	47
19.4	Procedure	47
19.5	Requirements	47
19.6	Details to be specified.....	47
20	Method E16: [Title unknown] (deleted).....	48
21	Method E17: Bending stiffness	48
21.1	Object.....	48
21.2	General.....	48
21.3	Method E17A: Three-point bend.....	49
21.3.1	Sample	49
21.3.2	Apparatus.....	49
21.3.3	Procedure.....	49
21.3.4	Requirements	50
21.3.5	Details to be specified	50
21.4	Method E17B: cantilever bend	50
21.4.1	Sample	50
21.4.2	Apparatus.....	50
21.4.3	Procedure.....	50
21.4.4	Requirements	50
21.4.5	Details to be specified	51
21.5	Method E17C: Buckling bend	51
21.5.1	Sample	51
21.5.2	Apparatus.....	51
21.5.3	Procedure.....	51
21.5.4	Requirements	51
21.5.5	Details to be specified	51
22	Method E18A: Bending under tension.....	53
22.1	Object.....	53
22.2	Sample	53
22.3	Apparatus	53
22.4	Procedure	54
22.5	Requirements	54
22.6	Details to be specified.....	54
23	Method E18B: Sheave test (primarily for OPGW and OPAC)	56
23.1	Object.....	56
23.2	Sample	56
23.3	Apparatus	57
23.4	Procedure	57
23.5	Requirements	58
23.6	Details to be specified.....	58
24	Method E19: Aeolian vibration	59
24.1	Object.....	59
24.2	Sample	59
24.3	Apparatus	59
24.4	Procedure	60
24.5	Requirements	61
24.6	Details to be specified.....	61
25	Method E20: Cable coiling performance	62

25.1	Object.....	62
25.2	Sample	62
25.3	Apparatus	62
25.4	Procedure.....	62
25.5	Requirements	63
25.6	Details to be specified.....	63
26	Method E21: Sheath pull-off force for optical fibre cable for use in patch cords.....	63
26.1	Object.....	63
26.2	General.....	63
26.3	Sample	63
26.4	Apparatus	63
26.4.1	General	63
26.4.2	Tensile test rig.....	63
26.4.3	Recording equipment.....	64
26.4.4	Stripping tools	64
26.4.5	Pulling	64
26.4.6	Cable anchor	64
26.5	Procedure	64
26.6	Requirements	64
26.7	Details to be specified.....	64
27	Method E22: Buffered fibre movement under compression in optical fibre cables for use in patch cords	66
27.1	Object.....	66
27.2	Sample	66
27.3	Apparatus	66
27.4	Procedure	67
27.5	Requirements	67
27.6	Details to be specified.....	67
28	Method E23: Microduct route verification test	68
28.1	Object.....	68
28.2	General.....	68
28.3	Sample	68
28.4	Apparatus	68
28.5	Procedure	69
28.6	Requirements	69
28.7	Details to be reported	69
29	Method E24: Installation test for microduct cabling	69
29.1	Object.....	69
29.2	General.....	69
29.3	Sample	69
29.4	Apparatus	69
29.5	Procedure	70
29.6	Requirements	70
29.7	Details to be specified.....	70
29.8	Details to be reported	71
30	Method E25: Rip cord functional test	71
30.1	Object.....	71
30.2	Sample	72

30.3	Apparatus	72
30.4	Procedure	72
30.5	Requirements	72
30.6	Details to be specified.....	72
30.7	Details to be reported	73
31	Method E26: Galloping	73
31.1	Object.....	73
31.2	Sample	73
31.3	Apparatus	73
31.4	Procedure	74
31.5	Requirements	74
31.6	Details to be specified.....	74
32	Method E27: Indoor simulated installation test.....	75
32.1	General.....	75
32.2	Object.....	75
32.3	Sample	75
32.4	Apparatus	76
32.5	Procedure	76
32.6	Requirements	76
32.7	Details to be specified.....	76
33	Method E28: Cable and fibre mechanical reliability test	76
33.1	Object.....	76
33.2	Sample	76
33.3	Apparatus	76
33.4	Procedure	76
33.5	Requirements	77
33.6	Detail to be specified	77
	Bibliography.....	78
	Figure 1 – Tensile performance measuring apparatus	14
	Figure 2 – Example of tensile performance measuring apparatus using transfer devices and chuck drums	15
	Figure 3 – Typical test set-up for tests E2A and E2B method 1	17
	Figure 4 – Typical test set-up for test E2B, apparatus 2	18
	Figure 5 – Apparatus for crush test, Method E3A, details of plate/plate option	20
	Figure 6 – Apparatus for crush test, Method E3B, details of plate/mandrel option	21
	Figure 7 – Impact test	24
	Figure 8 – Repeated bending test for cable/connector assembly	30
	Figure 9 – Cable torsion apparatus	33
	Figure 10 – Cable torsion apparatus with tension applied	33
	Figure 11 – Alternative cable torsion apparatus with tension applied.....	33
	Figure 12 – Flexing apparatus.....	35
	Figure 13 – Kink test.....	36
	Figure 14 – Bend test apparatus	38
	Figure 15 – Method E13B test set-up	43
	Figure 16 – Drop weight incorporating shot support pin.....	44

Figure 17 – Alternative drop weight and shot support pin	44
Figure 18 – Bleeding and evaporation test set-up	48
Figure 19 – Method E17A – Test set-up	52
Figure 20 – Example of results of applied force and displacement	52
Figure 21 – Method E17B – Test set-up	52
Figure 22 – Method E17C – Test set-up	53
Figure 23 – Single-bend	55
Figure 24 – S-bend	56
Figure 25 – Partial-bend	59
Figure 26 – Partial-bend, multiple pulley	59
Figure 27 – Aeolian vibration test.....	62
Figure 28 – Schematic of test arrangement.....	65
Figure 29 – Example of pulling jig	65
Figure 30 – Cable sample preparation	66
Figure 31 – Test set-up for fibre movement under compression	68
Figure 32 – Schematic representation of test route, with leg-length L	71
Figure 33 – Cable galloping test	75
Figure 34 – Indoor simulated installation test	76
Figure 35 – Mechanical reliability test apparatus.....	77
Table 1 – Condition of stripped samples	27
Table 2 – Typical test gauge length	31
Table 3 – Test values for cable galloping test schematic.....	75

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRE CABLES –**Part 1-21: Generic specification –
Basic optical cable test procedures –
Mechanical test methods**

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 60794-1-21 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

International Standard IEC 60794-1-21 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This first edition of IEC 60794-1-21 cancels and replaces the mechanical tests part of the second edition of IEC 60794-1-2, published in 2003. It constitutes a technical revision.

It has been decided to split the second edition of IEC 60794-1-2 into six new documents:

- IEC 60794-1-2, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures*
- IEC 60794-1-20, *Optical fibre cables – Part 1-20: Generic specification – Basic optical cable test procedures – General and definitions*
- IEC 60794-1-21, *Optical fibre cables – Part 1-21: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Mechanical tests methods*

- IEC 60794-1-22, *Optical fibre cables – Part 1-22: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Environmental tests methods*
- IEC 60794-1-23, *Optical fibre cables – Part 1-23: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Cable elements tests methods*
- IEC 60794-1-24, *Optical fibre cables – Part 1-24: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Electrical tests methods*

This bilingual version (2019-03) corresponds to the monolingual English version, published in 2015-03.

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

FDIS	Report on voting
86A/1638/FDIS	86A/1655/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.

This standard is intended to be used in conjunction with IEC 60794-1-1.

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 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 1-21: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Mechanical test methods

1 Scope and object

This part of IEC 60794 applies to optical fibre cables for use with telecommunication equipment and devices employing similar techniques, and to cables having a combination of both optical fibres and electrical conductors.

The object of this standard is to define test procedures to be used in establishing uniform requirements for mechanical requirement performance.

Throughout this standard the wording “optical cable” may also include optical fibre units, microduct fibre units, etc.

General requirements and definitions are given in IEC 60794-1-20 and a complete reference guide to test method of all types in the IEC 60794-1-2.

2 Normative references

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

IEC 60227-2, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 2: Test methods*

IEC 60793-1-22:2001, *Optical fibres – Part 1-22: Measurement methods and test procedures – Length measurement*

IEC 60793-1-32:2010, *Optical fibres – Part 1-32: Measurement methods and test procedures – Coating strippability*

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

IEC 60793-1-46:2001, *Optical fibres – Part 1-46: Measurement methods and test procedures – Monitoring of changes in optical transmittance*

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

IEC 60794-1-2:2013, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Cross reference table for optical cable test procedures*

IEC 60794-1-20:2014, *Optical fibre cables – Part 1-20: Generic specification – Basic optical cable test procedures – General and definitions*

IEC 60794-1-22:2012, *Optical fibre cables – Part 1-22: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Environmental test methods*

IEC TR 62691, *Guide to the installation of optical fibre cables*

IEC 61300-2-44, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 2-44: Tests – Flexing of the strain relief of fibre optic devices*

3 Method E1: Tensile performance

3.1 Object

This test method applies to optical fibre cables which are tested at a particular tensile strength in order to examine the behaviour of the attenuation and/or the fibre elongation strain as a function of the load on a cable which may occur during installation and operation. This method is intended to be non-destructive.

3.2 Sample length

Length under tension ≥ 50 m unless otherwise defined in the relevant specification. For cables requiring specialized anchoring devices (e.g. OPGW, all-dielectric self-supporting (ADSS), heavy wire armored cables, etc.), the minimum length shall be 25 m.

Short lengths in the tensile test will adversely affect the accuracy of the measurement. The lengths shown above are the recommended minimum lengths for this test.

Total sample length is longer than the length under tension to allow for clamping and connection to test equipment.

3.3 Apparatus

The apparatus consists of

- a) an attenuation measuring apparatus for the determination of attenuation changes (see IEC 60793-1-40), and/or a fibre elongation strain measuring apparatus (see IEC 60793_1_22:2001, Method C: Fibre elongation);
- b) a tensile strength measuring apparatus which is able to accommodate the minimum length to be tested. Transfer devices may be used for testing longer samples under tension (see Figure 2). The diameters of sheaves in the transfer device shall be no smaller than the minimum bending diameter of the cable under test; typically 1 m diameter;
- c) a load cell with a maximum error of ± 3 % of its maximum range;
- d) a clamping device to secure all cable components at the ends of the length under test: care should be taken that the specific method of capturing the cable components does not affect the results. A mandrel is frequently an appropriate device, with a diameter typically 1 m, but not less than the minimum bending diameter specified for the cable;
- e) if required, mechanical or electrical means for measuring the cable load or elongation, per the detail specification shall be provided.

Examples of suitable apparatus are shown in Figure 1 and Figure 2.

3.4 Procedure

3.4.1 General requirements

- a) Unless otherwise specified, the conditions for testing shall be in accordance with the expanded test conditions as defined in IEC 60794-1-20.

- b) Load the cable onto the tensile rig and secure it. At both ends of the tensile rig, a method of securing the cable shall be used, which uniformly locks the cable so that all components of the cable, including fibres, are restricted in their movement. For most cable constructions (e.g. stranded type cables), clamping on cable elements, except the fibres, is practical and sufficient to obtain attenuation changes and/or both the maximum allowable pulling load and the strain margin of the cable. However, for certain cable constructions (e.g. single loose tube), it may be necessary to prevent the fibres from slipping in order to obtain the correct strain margin figures.

For aerial cable types, if required by the detail specification, the fixing of the cable may be made by means of the anchoring devices relevant to the type of cable considered. For certain heavily armoured cables, a clamping device involving a stocking grip or similar anchoring device may be used.

- c) Connect the test fibre of the cable under tensile test to the measurement apparatus. For the pulse delay (time of flight) technique of Method C of IEC 60793-1-22:2001, care shall be taken that, during the pulling of the sample, the reference length does not change.
- d) The tension shall be continuously increased to the required value(s) given in the relevant specification.
- e) The change of attenuation and/or fibre strain shall be recorded, as a function of cable load or elongation.
- f) For cables with a large number of fibres, a multiple attenuation and/or fibre strain measuring device can be used.
- g) A representative number of fibres and/or a number of test cycles (typically one) shall be agreed between manufacturer and customer.
- h) The readings taken at the end of the time periods stated in 3.4.2 should be stable (i.e. within measurement uncertainty) before the loads are changed or the test completed. If the readings are still fluctuating then the load holding period should be extended until they are stable.

3.4.2 Procedure

Measure the optical attenuation and/or determine the fibre strain before the start of the test as a baseline:

- a) apply the short-term load to the cable;
- b) hold this load for 10 min;
- c) determine fibre strain, if required;
- d) if required, change the applied load to the long term load
 - hold this load for 10 min,
 - measure the attenuation and/or determine the fibre strain;
- e) remove the load;
- f) allow the cable to rest for 5 min;
- g) measure the attenuation and/or determine the fibre strain.

Different steps and load levels can be used if agreed between customer and supplier.

3.5 Requirements

The attenuation change and/or fibre strain of the sample shall not exceed the values given in the relevant specification.

3.6 Details to be specified

The relevant specification shall include the following:

- length under tension if different from this method;

- T_L long term load: load applied, limits on fibre strain, and/or change of attenuation;
- T_S short term load: load applied, limits on fibre strain (if required);
- $T_{\text{after the test}}$: limits on fibre strain and/or change in attenuation.

3.7 Details to be reported

Values for all attributes from 3.6 shall be reported plus the following:

- end preparation;
- rate of tension increase;
- temperature, if different from that indicated for standard test conditions.

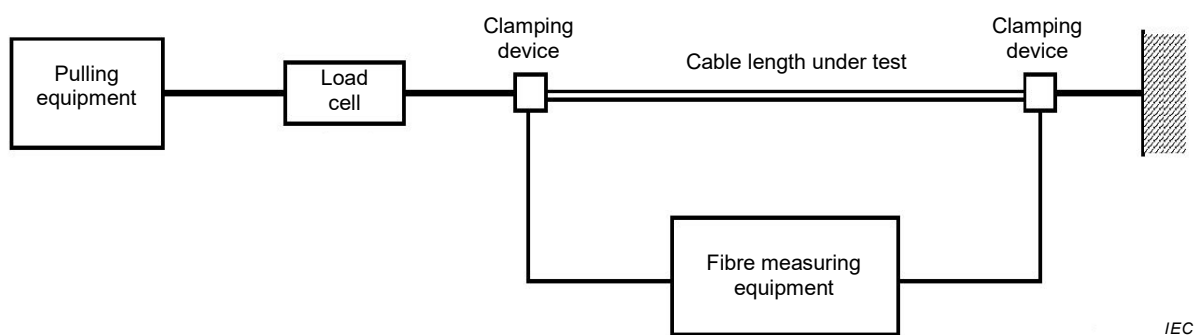


Figure 1 – Tensile performance measuring apparatus

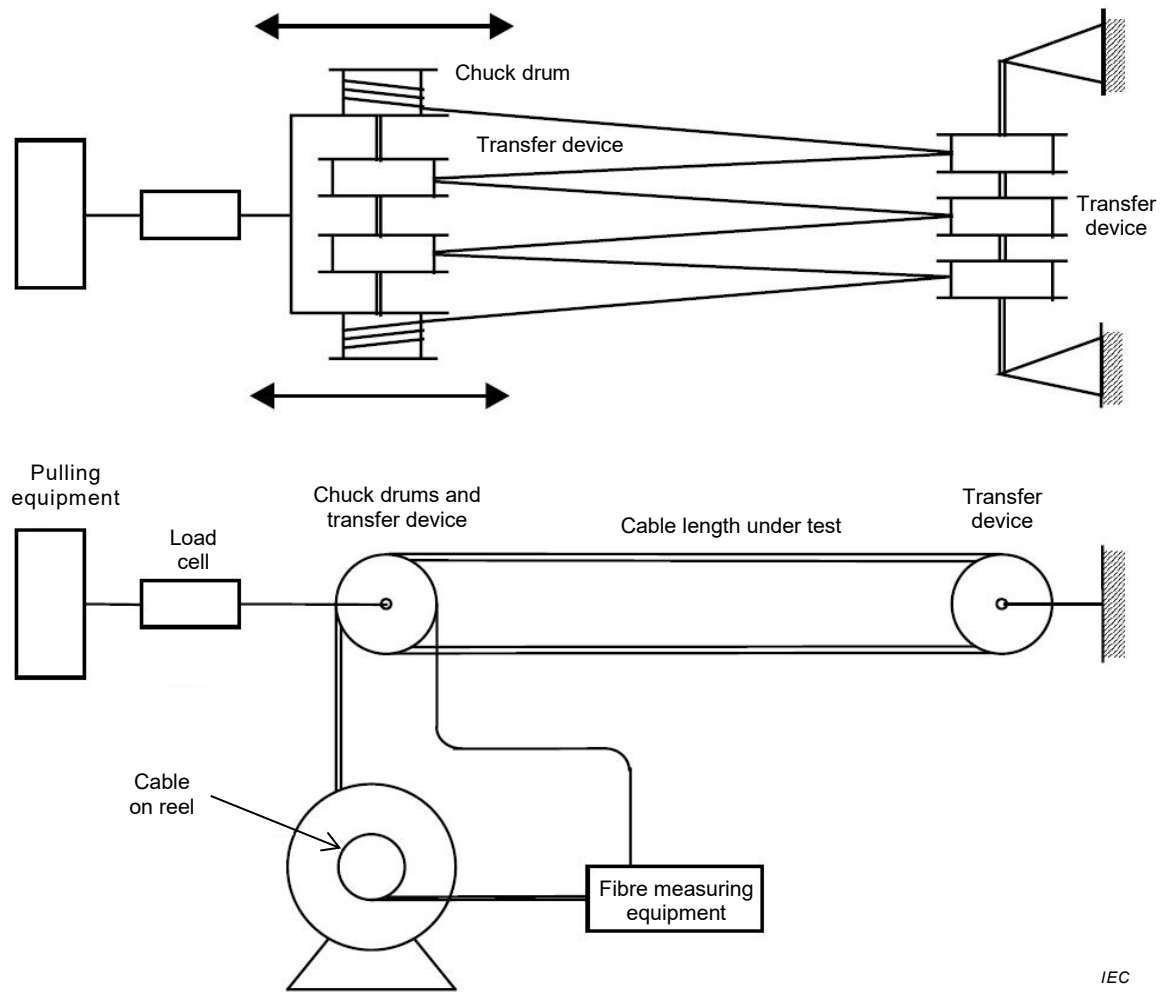


Figure 2 – Example of tensile performance measuring apparatus using transfer devices and chuck drums

4 Method E2: Abrasion

4.1 Object

The abrasion resistance of optical fibre cables has two aspects:

- a) the ability of the sheath to resist abrasion, E2A;
- b) the ability of cable markings to resist abrasion, E2B.

The purpose of this test is to determine the ability of an optical fibre cable sheath or sheath markings to resist abrasion.

4.2 Sample

The sample shall be of a length sufficient to carry out the specified test. A typical length is 750 mm.

4.3 Method E2A: Abrasion resistance of optical fibre cable sheaths

4.3.1 Apparatus

The abrasion test rig consists of a device designed to abrade the surface of the cable in both directions parallel to the longitudinal axis of the cable over a length of (40 ± 1) mm at a

frequency of (55 ± 5) cycles/min. One cycle consists of one abrading edge movement in each direction.

The abrading edge shall be a steel needle with a diameter of 1,0 mm or as specified in the detail specification

A typical apparatus is shown in Figure 3.

4.3.2 Procedure

The following steps shall be taken:

- a) Unless otherwise specified, the conditions for testing shall be in accordance with standard atmospheric conditions, as defined in IEC 60794-1-20.
- b) Securely attach the cable sample to the supporting plate by means of cable clamps. The abrading edge shall be loaded with 4 N whilst avoiding shock to the cable. The initial position shall be such that there is length available for the subsequent movement of the sample, per c) below.
- c) Four tests shall be made on the sample, with the sample moved forward 100 mm between tests and rotated through an angle of 90° , always in the same direction.

4.3.3 Requirements

There shall be no perforation of the sheath after performing the number of cycles specified in the detail specification.

4.3.4 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) number of cycles;
- b) force applied if other than specified herein; and
- c) diameter of needle if other than specified herein.

4.4 Method E2B: Abrasion resistance of optical fibre cable markings

4.4.1 Apparatus

4.4.1.1 Method 1

As specified in E2A.

4.4.1.2 Method 2

The apparatus follows the intent of that specified in E2A and in E2B, Method 1, with the needle replaced by a wiping felt. The following changes are made in the apparatus:

- a) a test set-up, to apply a force to the wool felt. A typical example is shown in Figure 4;
- b) a wool felt, colour white;

NOTE Common felts are a blend of wool and other fibres, commonly rayon. Blends from 100 % to 30 % wool, or as specified by the relevant specification, meet the purpose of this method.

- c) masses to apply a force to the sample;
- d) the apparatus shall allow a stroke length of 100 mm at a frequency of 6 to 12 cycles/min.

4.4.2 Procedure

4.4.2.1 General

Unless otherwise specified, the conditions for testing shall be in accordance with standard atmospheric conditions.

4.4.2.2 Method 1

As specified in E2A, but all four tests shall be made on the cable marking.

4.4.2.3 Method 2

A sample of cable containing markings shall be laid between the two parts of the wool felt or between the wool felt and a supporting surface. In either case, the wool felt shall wipe the printed section of the cable.

The wool felt shall be thoroughly impregnated with water.

The normal force (F) of 5 N (or as given in the detail specification) shall be applied to the markings on the sample which is moved back and forth over a length of 100 mm. The number of cycles shall be specified in the detail specification.

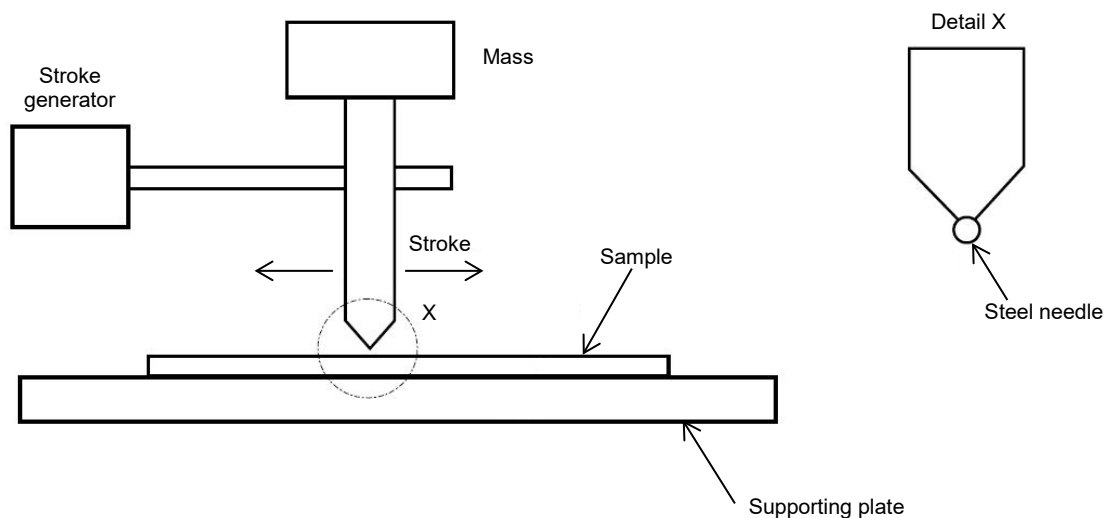
4.4.3 Requirements

The marking shall be legible at the completion of the test after the number of cycles specified in the detail specification.

4.4.4 Details to be specified

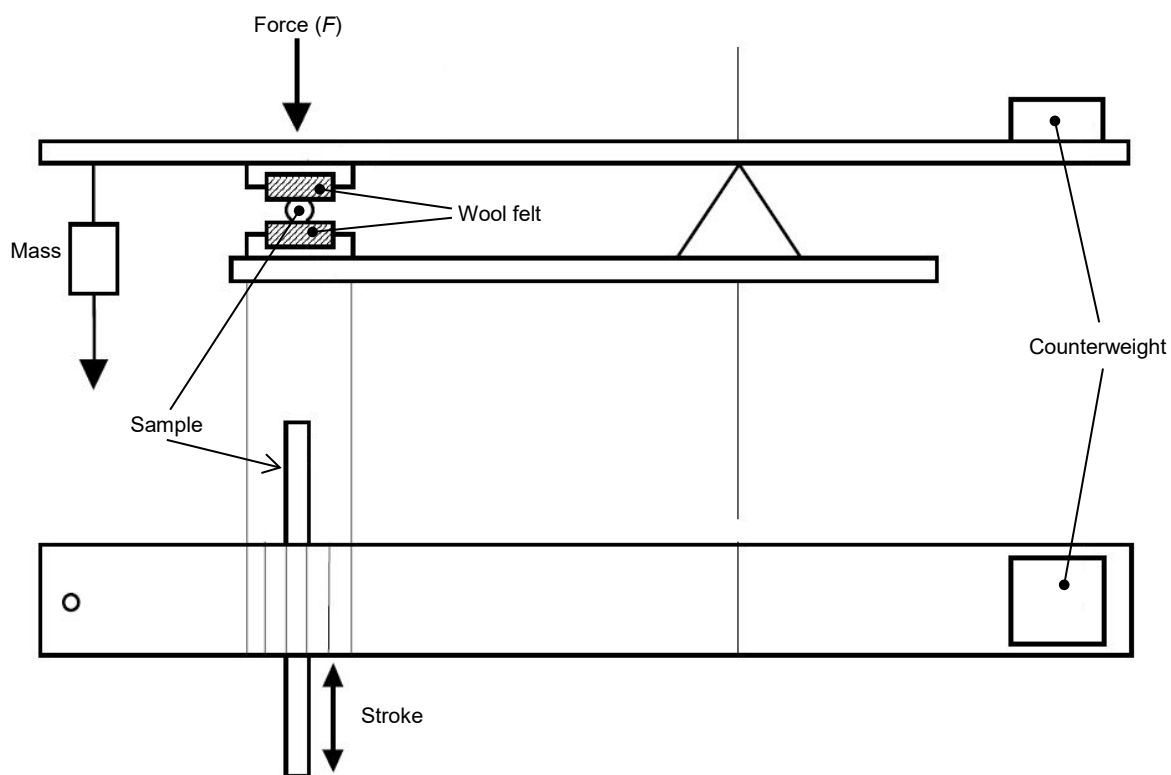
The detail specification shall include the following:

- number of cycles;
- method used;
- force applied if other than specified herein.



IEC

Figure 3 – Typical test set-up for tests E2A and E2B method 1



IEC

Figure 4 – Typical test set-up for test E2B, apparatus 2

5 Method E3: Crush

5.1 Object

The purpose of this test is to determine the ability of an optical fibre cable to withstand crushing for long term and for short-term loads.

NOTE Method E3A corresponds to the default method, Method E3 Crush, defined in IEC 60794-1-2:2013.

5.2 Sample

The sample shall be of a length sufficient to carry out the specified test.

5.3 Method E3A: Plate/plate

5.3.1 Apparatus

The apparatus shall allow a sample of cable to be crushed between a flat steel base plate and a movable steel plate which applies the crushing force uniformly over a 100 mm length of the sample.

The edges of the movable plate shall be rounded with a radius of about 5 mm. The edges are not included in the 100 mm flat part of the plate. A suitable apparatus is shown in Figure 5.

5.3.2 Procedure

The cable sample shall be mounted between the plates so that lateral movement is prevented, and the force shall be applied gradually without any abrupt change. If the force is applied in incremental steps, these shall not exceed a ratio of 1,5:1.

The force shall be maintained stable at the specified test value at a specified time. This time is typically 1 min (short-term) or 10 min (long-term) if not specified in the detail specification. Attenuation measurement shall be performed before the force is released.

Unless otherwise specified in the detail specification, the test shall be performed three times, the force being applied on the specimen at three different places, without rotating the cable. The distance between each crush shall be not less than 500 mm apart and different from the lay length of the cable core.

Unless otherwise specified, the conditions for testing shall be in accordance with standard atmospheric conditions.

5.4 Method E3B: Mandrel/plate

5.4.1 Apparatus

The same apparatus as for Method E3A shall be used, but a steel mandrel with a diameter of 25 mm (unless otherwise specified in the detail specification) is inserted perpendicular to the sample or replaces the movable plate in Figure 6.

5.4.2 Procedure

The procedure is the same as for Method E3A but a steel mandrel with a diameter of 25 mm (unless otherwise specified in the detail specification) is inserted perpendicular to the sample.

5.5 Requirements

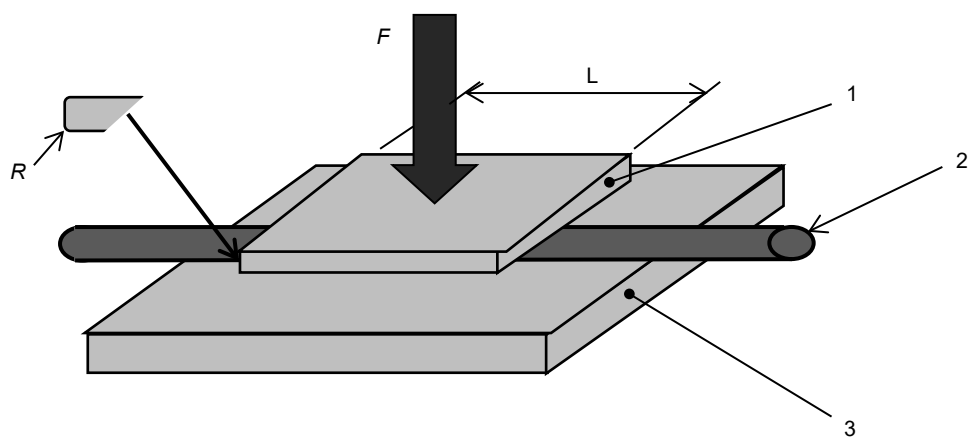
The acceptance criteria for the test shall be as stated in the detail specification. Typical failure modes include loss of optical continuity, degradation of optical transmittance or physical damage to the cable.

NOTE Imprints or scratches on sheath and cable elements are not regarded as a failure.

5.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) total force applied, F ;
- b) duration of application of the force;
- c) number of tests;
- d) spacing between test places;
- e) configuration of mandrel, if used;
- f) maximum allowable change in optical transmittance for short- and long-term load during and after the test.

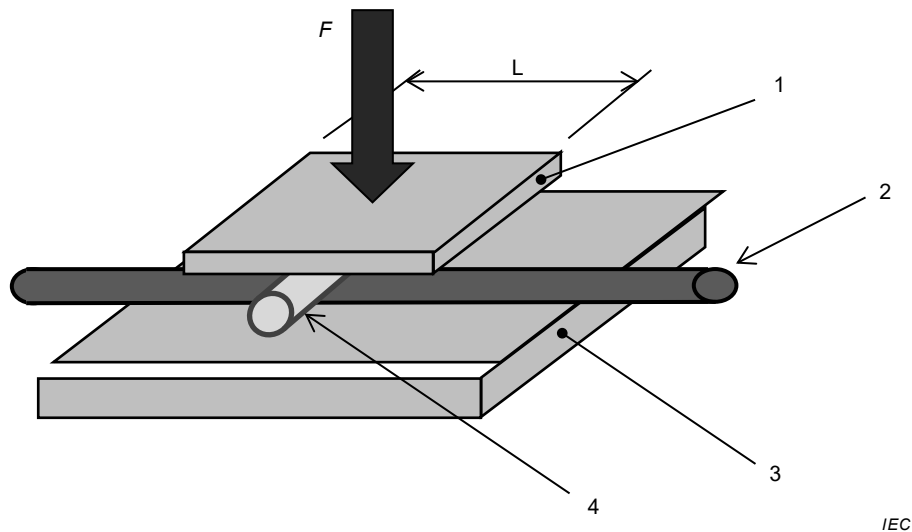


IEC

Key

- R radius of edge of movable plate, 5 mm
- F force on movable place, as defined in relevant specification
- L length of plate, 100 mm
- 1 movable plate
- 2 cable under test
- 3 fixed plate

Figure 5 – Apparatus for crush test, Method E3A, details of plate/plate option



Key

- F force on movable plate, as defined in relevant specification
- L length of plate, 100 mm
- 1 movable plate
- 2 cable under test
- 3 fixed plate
- 4 mandrel (cylinder or half-cylinder), 25 mm diameter

Figure 6 – Apparatus for crush test, Method E3B, details of plate/mandrel option

6 Method E4: Impact

6.1 Object

The purpose of this test is to determine the ability of an optical fibre cable to withstand impact.

6.2 Sample

6.2.1 Sample length

The sample length shall be sufficient to carry out the specified test. When only physical damage is to be evaluated, the length may range from 1 m (for example for small diameter jumper cords or duplex cables) to 5 m (for larger diameter cables). Longer lengths may be necessary to permit optical measurements.

6.2.2 Termination

The sample shall be terminated at each end in a connector, or in a manner such that the fibres, sheathings and any strain members are clamped together in a representative manner. Clamps on the impact apparatus may be used, or the sample may be long enough so that no restraint is needed.

6.3 Apparatus

The apparatus shall allow an impact to be imparted to the cable sample which is fixed to a flat substantial steel base. When a single or only a few impacts are required, a suitable apparatus, as shown in Figure 7a, is used. This allows a weight to drop vertically onto a piece of steel which transmits the impact to the cable sample. When repeated impacts are required (say, more than five), a more practical apparatus, as shown in Figure 7b, is used, which allows multiple

impacts by a drop hammer. The apparatus shall be arranged to impart minimal friction to the moving weight/hammer.

NOTE This issue of friction has been found to be a particular problem when the apparatus is used at temperature extremes.

In both cases, other equivalent apparatus may also be used.

The striking surface shall either be flat or have a curved surface with curvature radius of no less than 300 mm. If using a flat striking surface, the edges of the face shall be radiused to avoid a stress concentration riser, Figure 7c, detail B. If using a 300 mm curvature radius striking surface, then the surface may also be a spherical segment, as shown in Figure 7c, detail A, since for such a large curvature radius this gives an equivalent test method to that when using a rounded cylinder,.

The radius on the edge on the flat striking surface and on the 300 mm curvature radius striking surface shall be approximately 0,5 mm.

The apparatus shall include any optical test equipment needed to measure the changes in optical performance as required in the detail specification, and specified in Method A (Transmitted power) of IEC 60793-1-46:2001.

6.4 Procedure

Unless otherwise specified, the conditions for testing shall be in accordance with standard atmospheric conditions.

The mass of the weight or drop hammer and the height from which it falls shall be adjusted to give the value of impact energy shown in the detail specification. The number and rate of impacts, and their location on the sample shall be as specified in the detail specification.

6.5 Requirements

The acceptance criteria for the test shall be as stated in the detail specification. Typical failure modes include loss of optical continuity, degradation of optical transmittance or physical damage to the cable.

6.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) number of impacts;
- b) impact energy;
- c) test temperature;
- d) radius of the striking surface if other than specified herein;
- e) frequency of multiple impacts (if any);
- f) location of impacts on the sample;
- g) if optical continuity or change in transmittance is to be measured.

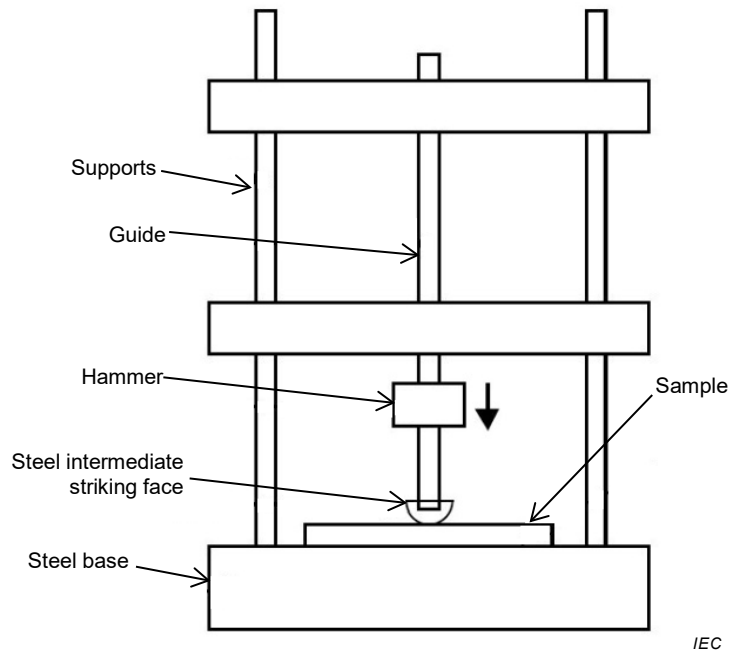


Figure 7a – Impact test – Apparatus for a few impacts

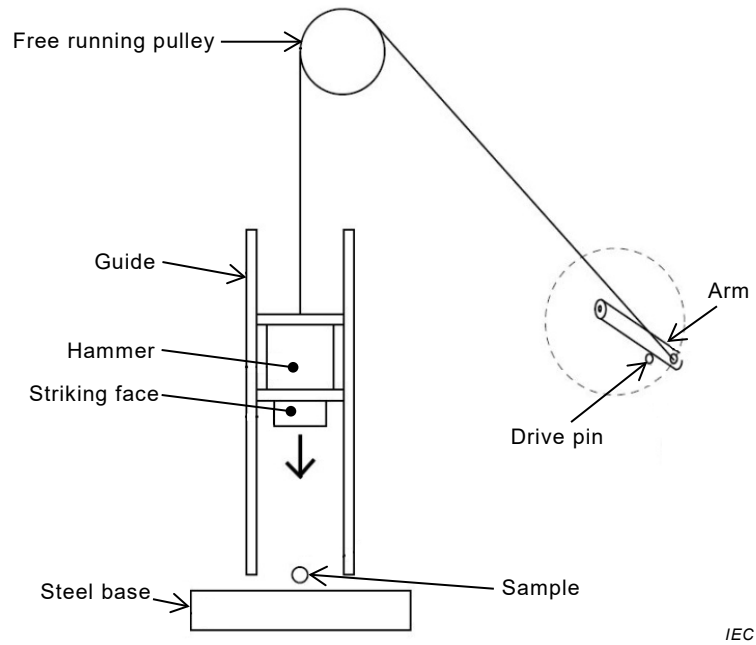


Figure 7b – Impact test – Apparatus for multiple impacts

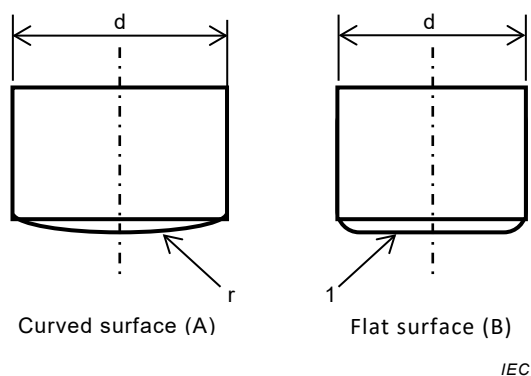


Figure 7c – Impact test – Details of the striking surface

Key

- d hammer diameter, 20 mm ± 1 mm
- r striking surface curvature radius, 300 mm, minimum
- 1 flat striking surface, with radiused edges

Figure 7 – Impact test

7 Method E5A: Stripping force stability of cabled optical fibres

7.1 Object

This test determines the stability of the stripping force of the coating of cabled fibres by measuring the change in fibre strippability after exposure to specified environmental conditions.

7.2 Sample

7.2.1 Sample length

The length of the cable or fibre sample shall be sufficient to carry out the specified test.

7.2.2 Sample preparation

The cable from which the fibres shall be taken is preconditioned, as specified in the detail specification, prior to withdrawal of the fibres.

The test shall be carried out on fibres taken from a sample of cable which is further divided into two lengths (minimum 2 m). One length is for testing and the other for reference measurements.

Sufficient samples shall be provided to allow tests to be carried out on 10 test pieces of fibre, conditioned as specified in the detail specification, and compared with test results for fibres taken from the reference cable length.

After withdrawal, any filling compound adhering to the fibres shall be carefully removed (e.g. by wiping with a soft tissue).

7.3 Apparatus

The apparatus consists of conditioning equipment (if necessary) and a fibre strippability apparatus (see the strippability test method of IEC 60793-1-32:2010).

7.4 Procedure

The optical fibre strippability shall be measured on the environmentally conditioned samples using the strippability method of IEC 60793-1-32, after the recovery time and reconditioning as

given in the detail specification. The same method shall be used to measure the strippability of fibre samples taken from the reference cable length and the change in stripping force shall be determined from a comparison of the results.

Alternatively, samples may be taken from cable aged according to Method F9 of IEC 60794-1-22:2012.

7.5 Requirements

The change in stripping force shall meet the requirements specified in the detail specification.

7.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) cable preconditioning;
- b) fibre conditioning;
- c) recovery time and reconditioning;
- d) permissible change in stripping force.

8 Method E5B: Strippability of optical fibre ribbons

8.1 Object

The purpose of this test is to evaluate the strippability of optical fibre ribbons in terms of fibre cleanliness after coating removal and fibre breakage due to ribbon stripping.

8.2 Sample

The test sample shall be representative of the population of ribbons under evaluation.

Samples may be taken sequentially along a length of ribbon but sections of the ribbon previously in the grips of the stripping tool shall be excluded.

The length of the sample shall be sufficient to allow the matrix and fibre coatings to be removed over a minimum length of 25 mm with a maximum of ten and a minimum of five strips per sample.

Sample environmental conditioning requirements shall be agreed between customer and supplier.

8.3 Apparatus

8.3.1 General

A ribbon stripping apparatus and conditioning equipment (if necessary).

8.3.2 Stripping tool

The results of the test are strongly dependent upon the design of the stripping tool used and the following tool design guidelines shall be taken into account:

- The mechanical stripping tool shall provide a heated surface that operates at a temperature in the range +70 °C to +140 °C. The heated surface, once set to the specified temperature, shall maintain that temperature within ± 5 °C during the stripping operation. The heated surface(s) shall be located behind the stripping blades and positioned to heat the part of the ribbon in which the coating is to be removed.

Heat-up time and dwell time for the tool may be important and the tool manufacturers recommendations shall be followed.

Follow the ribbon manufacturer's recommendations for setting the tool temperature.

- The stripping tool or loading fixture shall maintain a constant pressure sufficient for proper stripping. Care shall be taken that the tool does not begin to open during stripping.
- The size of the gap between the blades shall be known. This dimension and its tolerance shall ensure that the blades cut through the matrix material and fibre coatings without damaging the fibre cladding.
- The condition of the blades can greatly affect the peak strip force and stripping action. The edges of the blades shall be inspected for notches and burrs under normal vision before and after use.
- Replace the blades when they become damaged or blunt or whenever wear is sufficient to affect the results.

8.3.3 Motor and slide (if used)

The motor and slide shall allow repeatable motion with low vibration and fast acceleration. They shall be capable of imparting constant motion, without jerking, to the test ribbon or stripping tool.

If a manual tool is used, the stripping action shall follow these same criteria.

8.3.4 Positioning and holding equipment

The test sample shall be firmly held in place so that no slippage occurs (a capstan is recommended). The sample ribbon fibres shall be in line (vertically, horizontally and rotationally) with the plane of the stripping motion.

8.3.5 Alcohol wipe

A non-abrasive cloth or paper material saturated with a suitable alcohol solution shall be used to wipe the fibres after stripping.

8.4 Procedure

Unless otherwise specified, the condition for testing shall be in accordance with controlled ambient conditions. The strip length shall be ≥ 25 mm and the strip velocity shall be as given in the detail specification (between 100 mm/min and 500 mm/min).

Turn on the test apparatus and allow the tool temperature to stabilize.

Ensure that the area around both blades of the stripping tool is free from debris from any previous use and that the blades are clean.

Strip the ribbon following the manufacturer's recommendation on heating dwell time prior to stripping.

After stripping wipe the stripped fibres with the alcohol wipe and inspect them visually at a magnification of at least 2X.

Assess the cleanliness and integrity of the fibres after stripping as indicated in Table 1.

Table 1 – Condition of stripped samples

Rating	Condition of stripped sample
1	Coating and matrix materials leave no residue after one or two alcohol wipe
2	Coating and matrix material crumbles or breaks up leaving a heavy residue upon stripping and multiple alcohol wipes are required to remove residue on the fibres. Fibres are capable of being wiped clean without a second strip.
3	Incomplete strip, some fibre coating remains intact. Multiple strips and alcohol wipes are required to remove all visible residue from the fibres.
4	Failed strip: <ul style="list-style-type: none"> – One or more fibres break. – Fail to strip within the required speed.

Carry out the number of strips as given in the detail specification and calculate the average cleanliness rating for each sample, rounded to the nearest whole number.

8.5 Requirements

The average cleanliness rating shall comply with the values given in the detail specification.

No fibres shall break.

8.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) type of stripping apparatus;
- b) average dwell time;
- c) stripping tool temperature;
- d) stripping velocity;
- e) strip length;
- f) sample environmental conditioning;
- g) required average cleanliness rating;
- h) number of fibres in the ribbon.

9 Method E5C: Strippability of buffered optical fibres

9.1 Object

This test determines the stability of the stripping force of buffered optical fibres.

Tests to evaluate two types of buffers are included: tight buffer fibres, where the buffer is in intimate contact with the fibre's outer coating, and loosely-bound buffer fibres, wherein the buffer is designed to be removable while leaving the fibre coating intact.

9.2 Sample

Samples of buffered fibre to be tested shall comply with the requirements of Method E5A.

9.3 Apparatus

The apparatus shall comply with the requirements of Method E5A.

The fibre stripping apparatus shall have sufficient clearance to accommodate the buffer to be stripped.

In the case of loosely-bound buffer, the cutting surfaces of the fibre stripping apparatus shall be sized such that the coating of the fibre beneath the buffer is not cut or damaged by the stripping operation.

9.4 Procedure

Follow the procedure of Method E5A.

If comparison of unaged and aged samples is specified, perform the procedure as follows, following the intent of Method E5A:

- Set aside unaged control samples for later test.
- Age the buffered fibre in the cable or in a representative environment in the lab (in fill, or the like, as appropriate) as specified in the detail specification. Ageing according to Method F9 of IEC 60794-1-22:2012 is generally appropriate.
- After ageing, remove the samples from the cable or other for strip testing.
- Perform the stripping of the control samples and the aged samples per method E5A.

9.5 Requirements

The buffered fibres shall meet the strippability or strippability stability requirements of the detail specification.

9.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) cable preconditioning, if any;
- b) fibre conditioning;
- c) recovery time and reconditioning;
- d) permissible change in strip force or maximum/minimum strip force.

10 Method E6: Repeated bending

10.1 Object

The purpose of this test is to determine the ability of an optical fibre cable to withstand repeated bending.

Repeated bending of connectorized optical fibre cable involves testing as a unit, testing both the capabilities of the cable and the connector. This testing is defined by IEC 61300-2-44. Refer to that standard for testing of connectorized assemblies.

10.2 Sample

10.2.1 Sample length

The sample length shall be sufficient to carry out the specified test. When only physical damage is to be evaluated the length may range from 1 m (for example for small diameter cords or duplex cables) to 5 m (for larger diameter cables). Longer lengths may be necessary to permit optical measurements.

10.2.2 Termination

The sample shall be terminated at each end in a manner such that the fibres, sheathings and any strain members are clamped together in a representative manner. The clamps on the bending apparatus may be adequate, a connector may be used or the sample may be long enough that no restraint is needed.

10.3 Apparatus

The apparatus shall permit a sample to be bent backwards and forwards through angles up to 180°, the two extreme positions making an angle of 90° on both sides of the vertical, whilst the sample is subjected to a tensile load. If no tensile load is specified, a manual tension sufficient to keep the sample in contact with the mandrel may be used. For testing cable, a suitable apparatus is shown in Figure 8. Other equivalent apparatus may be used.

Unless otherwise specified in the detail specification, the bending radius of curvature shall be a maximum of 20 times the cable diameter or the minimum mandrel radius, whichever is greater. The minimum mandrel radius shall be 75 mm for outdoor cables, and 75 mm or 25 mm shall be agreed for indoor cables between the customer and the supplier.

The bending arm shall have an adjustable clamp or fixture to permit holding the cable securely during the entire test, without crushing the optical fibres or inducing optical loss. A connector may be used to hold the cable on the bending arm, but for this test it is not considered part of the specimen under test. See IEC 61300-2-44 for an appropriate apparatus.

The apparatus shall be capable of cycling. Displacing the sample from the vertical position to the extreme right position, then oscillating to the extreme left position and returning to the original vertical position is considered to be one cycle. Unless otherwise specified in the detail specification, the bending rate shall be approximately one cycle in 2 s to 5 s.

The apparatus shall include any optical test equipment needed to measure the changes in optical performance as required in the detail specification, and specified in Method A (transmitted power) of IEC 60793-1-46:2001.

10.4 Procedure

Unless otherwise specified, the conditions for testing shall be in accordance with standard atmospheric conditions.

The procedure can be defined as followed:

- a) precondition the sample at standard atmospheric conditions for 24 h;
- b) fix the sample to the apparatus, as such shown in Figure 8;
- c) apply the load, as required by the detail specification;
- d) measure acceptance criteria parameters to establish baseline values;
- e) carry out the number of cycles of repeated bending specified;
- f) carry out acceptance criteria parameter measurements. If necessary, the sample may be removed from the apparatus for visual examination.

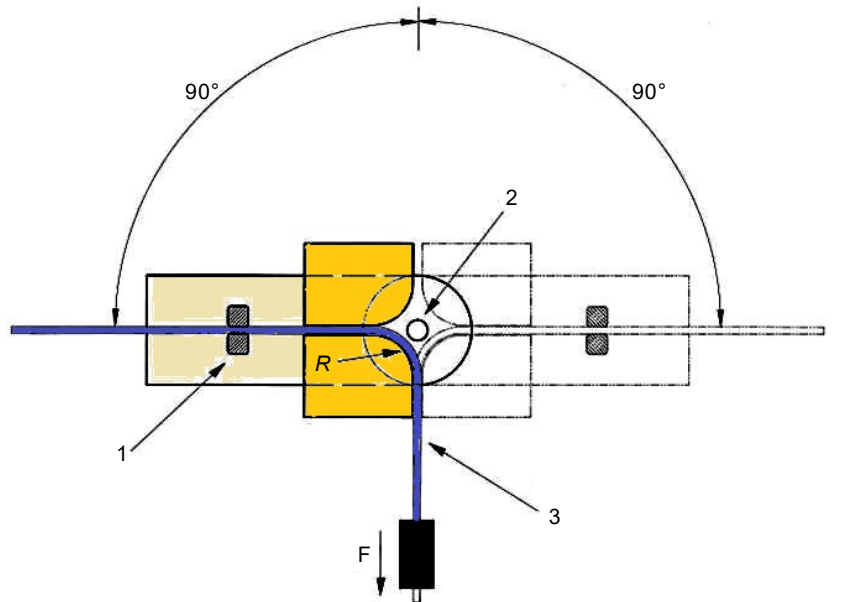
10.5 Requirements

The acceptance criteria for the test shall be as stated in the detail specification. Typical failure modes include loss of optical continuity, degradation of optical transmittance or physical damage to the cable.

10.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) number of cycles;
- b) mass of the weight tensile load, if applicable;
- c) bending radius R , if different to that already specified;
- d) specific temperature if other than standard atmospheric conditions;
- e) maximum allowable change in optical transmittance, during and after the test if required.



IEC

Key

- 1 clamp
- 2 axis of rotation
- 3 sample
- R bending radius
- F load, if required

Figure 8 – Repeated bending test for cable/connector assembly

11 Method E7: Torsion

11.1 Object

This test method is intended to establish the ability of a fibre optic cable to withstand mechanical twisting. The primary purpose of this procedure is to measure any variation in the optical power transmittance of a fibre when the cable is subjected to torsional forces external to the cable sheath. A secondary purpose is to evaluate the possibility of physical damage that may occur as a result of such stresses.

11.2 Sample

The specimen shall be a sample of fibre optic cable having a total length sufficient to permit the appropriate clamping and twisting, and long enough to permit optical transmittance measurements as required by the detail specification.

11.3 Apparatus

The twisting apparatus consists essentially of two cable gripping devices or clamps, one fixed and one that can rotate, supported as appropriate, the distance between them being adjustable. The rotating clamp is connected to suitable turning equipment (e.g. a torquing lever). Any clamp supports, gripping devices or torquing equipment used shall all be such as to permit access to both ends of the cable specimen for optical testing as may be required. Suitable apparatus is illustrated in Figure 9, Figure 10. and Figure 11.

The cable gripping devices shall be such that

- they may be tightened around the cable sufficiently to prevent movement within the grip,
- the clamps hold the cable firmly in a straight line,
- the clamps induce neither localized twisting damage on the cable caused by the inside edge of the clamp nor undue localized concentration of pressure on the cable,
- the process of clamping does not induce any significant or accurately measurable attenuation increase (or no more than a negligible increase) in the specimen.

If required by the detail specification and/or to minimize specimen bending from a straight configuration, use weights or an appropriate loading mechanism to apply a tensile load to the cable gripping fixture (see Figure 10. Figure 11). In any case, one end of the gripping fixtures shall be free to move longitudinally to respond to foreshortening of the cable.

The apparatus shall include optical transmittance equipment to measure the change in optical throughput as required in the detail specification, and specified in Method A (transmitted power) of IEC 60793-1-46:2001.

11.4 Procedure

Install the specimen in the test apparatus such that the test length L (see Figure 9, Figure 10 and Figure 11) is as required by Table 2 or by the detail specification.

Table 2 – Typical test gauge length

Cable type		Maximum gauge length	
1	Outdoor cable	2	2 m
3	Indoor cable	4	1 m
5	Indoor cable	6	Greater of 0,3 m or 125 d (d = cable diameter in mm)

Take care to insure that no initial stress is applied to the specimen. Except for the necessary twisting operation, take care not to move or disturb the specimen ends throughout the test. Intrinsically torque-resistant cables may need a longer gauge length to be agreed between customer and supplier.

Minimize specimen sag (Figure 9 or Figure 10) or vertical deviation from a straight line (Figure 11) as much as possible.

If change of optical performance is required by the detail specification, measure the unstressed specimen. Compare results with those after clamping to ensure that the clamping has not significantly degraded the cable performance.

If not prohibited by the detail specification, specimen sag or bend may be minimized by supporting the test length or by applying tension to the specimen cable. If required, apply tension as specified in the detail specification to keep the specimen straight.

If a determination of optical transmittance changes is required by the detail specification, measure optical output power for the specimen after clamping and application of tensile load, if any.

Rotate the movable cable clamp as follows:

- a) 180° clockwise;
- b) return to the starting position;
- c) 180° counter-clockwise;
- d) return to the starting position.

This total four-part movement constitutes one cycle. Complete each cycle within 1 min maximum, for a total of 10 cycles.

Carry out the acceptance criteria parameters measurements. Allow the specimen to rest for a minimum period of 5 min. If necessary, the sample may be removed from the apparatus for visual examination using normal corrected vision.

11.5 Requirements

The acceptance criteria for the sample under test shall be as stated in the detail specification. Typical failure modes include loss of optical continuity, increase in fibre loss and damage to the cable sheath or core components.

11.6 Details to be specified

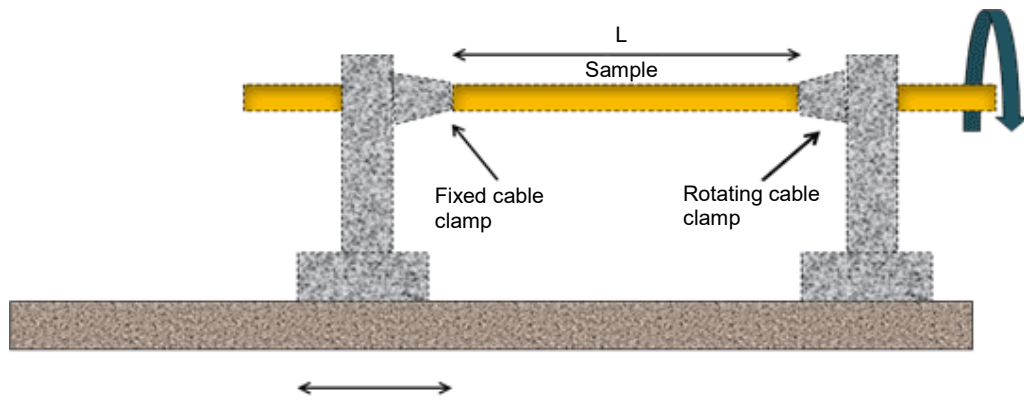
The detail specification shall include the following:

- a) test length, L , if other than specified herein;
- b) any tension which is to be applied, if applicable;
- c) number of cycles, if other than specified herein;
- d) number of fibres to be monitored for optical transmittance;
- e) maximum allowable change in optical transmittance, if required;
- f) rotating angle, if other than specified herein;
- g) temperature of the specimen, if other than specified herein.

11.7 Details to be reported

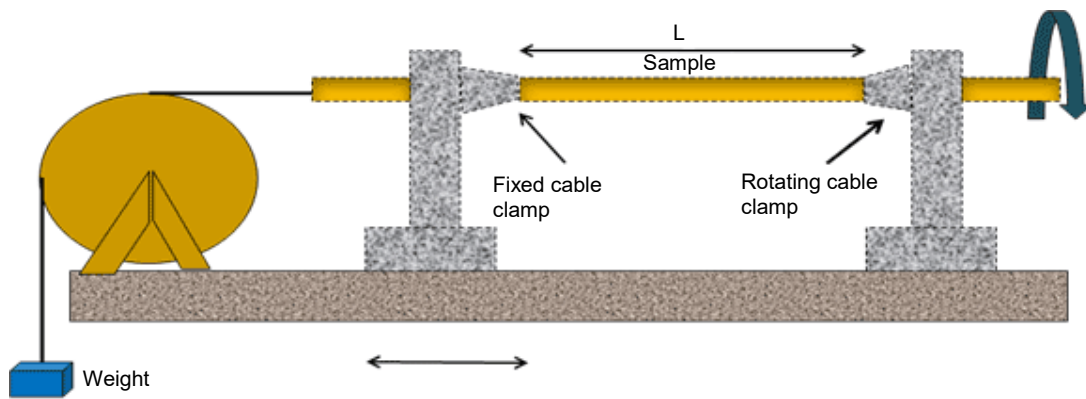
The following details shall be reported:

- a) number of cycles;
- b) cycle time.



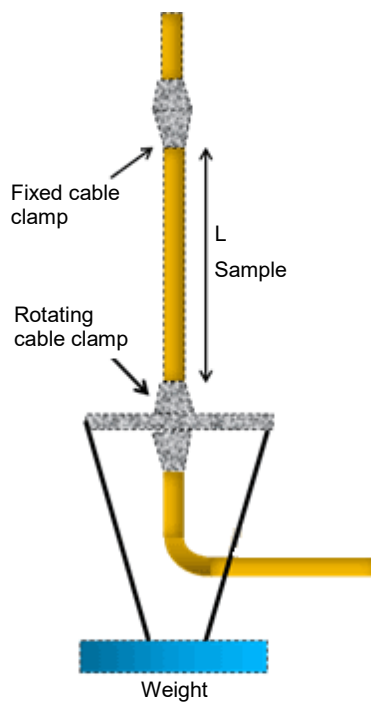
IEC

Figure 9 – Cable torsion apparatus



IEC

Figure 10 – Cable torsion apparatus with tension applied



IEC

Figure 11 – Alternative cable torsion apparatus with tension applied

12 Method E8: Flexing

12.1 Object

The purpose of this test is to determine the ability of an optical fibre cable to withstand repeated flexing in service. This is a specialized test intended for specific types of cable, such as elevator cable or the like.

NOTE See the related tests, Method E18A, bending under tension and Method E18B, the sheave test. See also Method E6, the repeated bending test.

12.2 Sample

The sample shall be terminated in a manner such that the fibres, sheaths and any strain members are clamped together in a representative manner. It shall be of a length sufficient to carry out the specified test.

12.3 Apparatus

The test is carried out using the apparatus shown in Figure 12. Any other arrangements shall be specified in the detail specification.

The pulleys shall have a semicircular shaped groove for circular cables and a flat groove for flat cables. The restraining clamps, D, shall be fixed so that the pull is always applied by the weight from which the carriage is moving away. An equivalent apparatus may be used, for example that shown in IEC 60227-2.

12.4 Procedure

Unless otherwise specified, the conditions for testing shall be in accordance with standard atmospheric conditions.

The sample shall be routed over the pulleys, each end being loaded with a weight. The mass of these weights and the diameters of pulleys A and B (or other) shall be as specified in the detail specification.

The sample shall be flexed for the number of cycles specified in the detail specification. A cycle is defined as the movement of the carriage away from its starting position to one end of the traverse, followed by movement in the opposite direction to the other end and then back to the starting position. Ensure that the length of the cable is moved over the wheels.

The speed of the carriage movement or the total time for the traverse shall be specified in the detail specification.

The acceleration and deceleration of the carriage shall be limited to avoid additional inertial loads.

12.5 Requirements

The acceptance criteria for the test shall be as stated in the detail specification. Typical failure modes include loss of optical continuity, degradation of optical transmittance or physical damage to the cable.

12.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) diameter of pulley A and B and the orienting pulleys;
- b) mass of weights;

- c) number of cycles;
- d) speed of carriage or total time for traverse;
- e) acceleration and deceleration of the carriage;
- f) traverse length of the carriage;
- g) minimal distance of pulleys A and B to the nearest fixed pulley;
- h) maximum allowable change in optical transmittance, during and after the test if required.

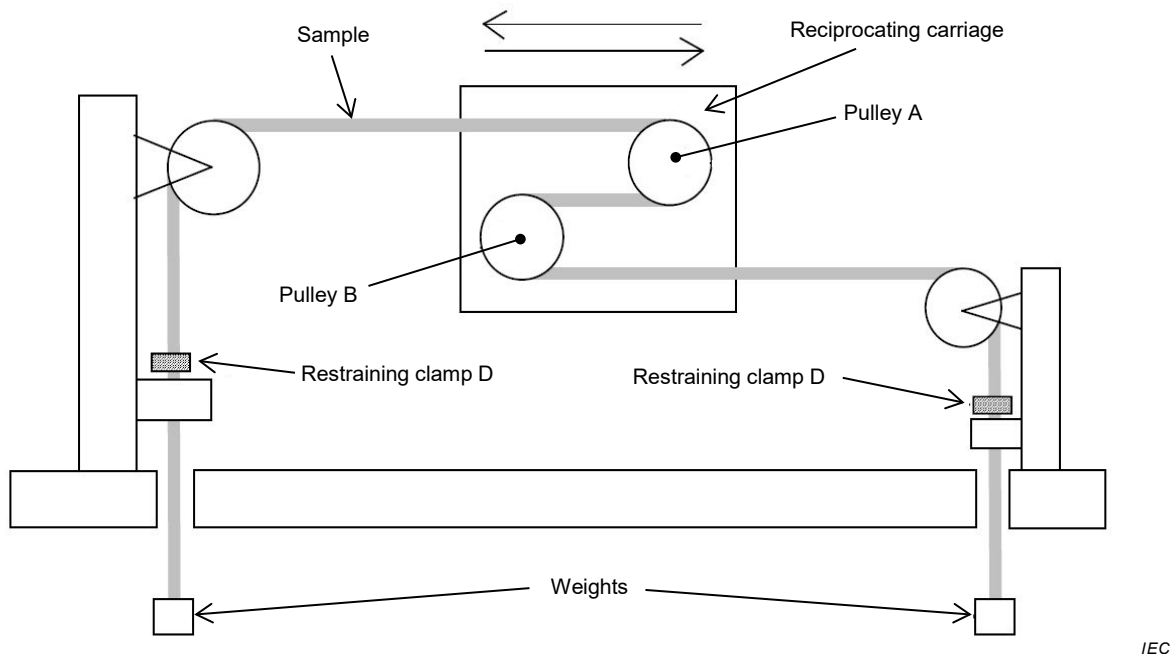


Figure 12 – Flexing apparatus

13 Method E9: Snatch (deleted)

NOTE This test – now deleted – was to evaluate the effects of a sudden load being applied to a short section of a suspended cable. Effectively, a hook with a weight would be dropped such that the hook engaged a cable suspended in a manner to be determined. It is not clear what the original intent of the test was, what the details of the apparatus and procedure were, or why it was decided to remove it.

14 Method E10: Kink

14.1 Object

The purpose of this test is to determine the minimum loop diameter at the onset of the kinking of an optical fibre cable.

NOTE Testing has indicated that the results of this test for cable have limited reproducibility. It is advised that it should be used with caution and that any minimum kink requirement be conservative.

14.2 Sample

The sample length shall be sufficient to carry out the specified test.

14.3 Apparatus

No particular apparatus is required. It is useful to loosely restrain the cable at the crossing point of the loop.

14.4 Procedure

Unless otherwise specified, the conditions for testing shall be in accordance with standard atmospheric conditions.

A loop shall be made (see (1) in Figure 123). The diameter of the loop shall be reduced to the onset of kinking by pulling slowly on the two ends (see (2) in Figure 13). The forces at the bottom of the loop shall be applied in one plane.

When the kinking begins, stop pulling.

Measure the length of the cable in the loop, C, beginning and ending at the crossover point. Calculate the equivalent loop "diameter" by applying the formula:

$$d = C/\pi \tag{1}$$

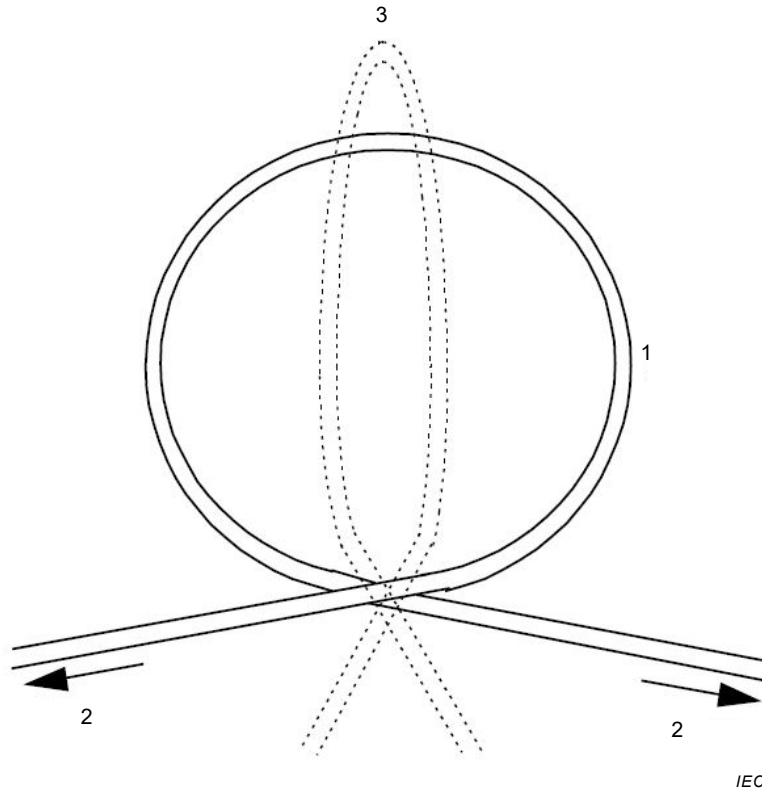
14.5 Requirements

No kink, as shown in (3), in Figure 12, shall occur at diameters greater than the specified minimum.

14.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) minimum loop diameter at which no kink shall occur;
- b) temperature;
- c) number of samples to be evaluated.



- Key**
- 1 initial loop
 - 2 direction of pull
 - 3 kinked configuration

Figure 13 – Kink test

15 Method E11: Bend

15.1 Object

The purpose of this test is to determine the ability of an optical fibre cable or cable element to withstand bending around a test mandrel.

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

15.2 Sample

The sample shall be terminated at each end in a manner such that the fibres, sheath(s) and any strain members are clamped together in a representative manner, or the sample may be long enough that no restraint is needed.

15.3 Apparatus

A single mandrel apparatus shall enable the sample to be wrapped tangentially in a close helix around a test mandrel. See Figure 14.

15.4 Procedure

As indicated in the detail specification, one of the following procedures shall be used.

15.4.1 Procedure 1 – Test method E11A (standard test procedure)

The sample shall be wrapped in a close helix around the mandrel at a uniform rate. Sufficient tension shall be applied to ensure that the sample contours the mandrel. The sample shall then be unwrapped.

The intent of test method E11A is to specify the test using the apparatus in Figure 14a1, that is, the total number of coils in the helix. Either apparatus may be used for testing per test method E11A.

Use of the apparatus in Figure 14a2 applies two helixes, therefore twice the number of coils as for the apparatus in Figure 14a1.

Therefore, if the apparatus as shown in Figure 14a2 is used, the number of turns of the mandrel or upon the mandrel [15.6 d)] should be one-half of those specified to achieve the correct number of coils in the combined helixes.

When using the apparatus in Figure 14a1, the cable involved in the helix is to be applied without twists.

A cycle consists of one wrapping and one unwrapping of the helix.

The diameter of the test mandrel, the number of turns per helix and the number of cycles shall be shown in the detail specification.

The test shall be carried out at the specified temperature.

15.4.2 Procedure 2 – Test method E11B (alternative test procedure)

The sample shall be bent around a mandrel through 180° and kept taut during the bending. A cycle consists of one U bend followed by a reverse U bend, and a return to the straight position. The diameter of the test mandrel and the number of cycles shall be stated in the detail specification.

The test shall be carried out at the specified temperature.

15.5 Requirements

The acceptance criteria for the test shall be as stated in the detail specification. Typical failure modes include loss of optical continuity, degradation of optical transmittance or physical damage to the cable.

15.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) procedure to be used (procedure 1 or procedure 2);
- b) test mandrel diameter (or ratio of mandrel diameter to cable diameter);
- c) number of cycles;
- d) number of turns in the helix (for procedure 1);
- e) maximum allowable attenuation increase:
 - during the test (if applicable),
 - after the test (if applicable);
- f) test temperature, e.g. ambient, low, and/or high, as appropriate.

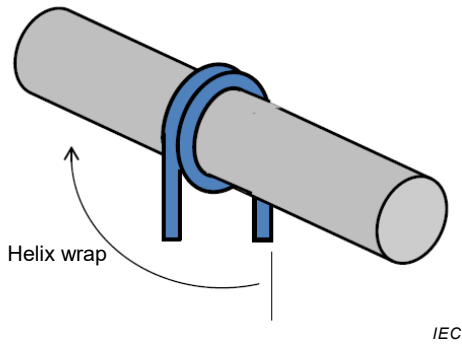


Figure 14a1 – Single-helix configuration

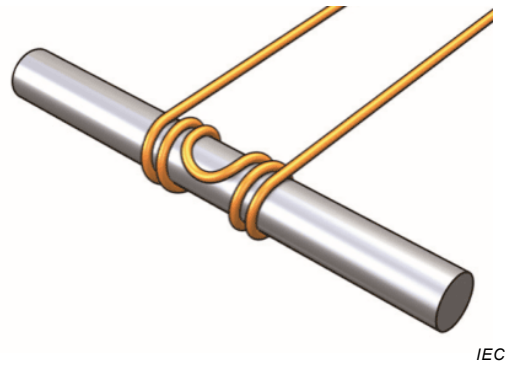


Figure 14a2 – Two-helix configuration

Figure 14a – Apparatus for E11A

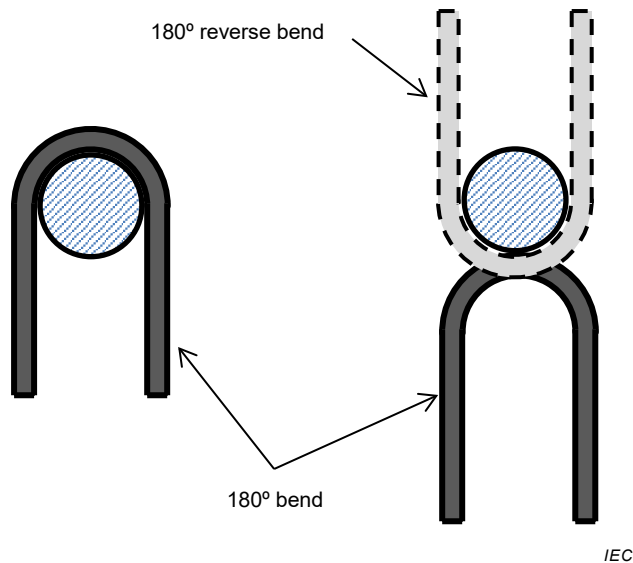


Figure 14b – Apparatus for E11B
Figure 14 – Bend test apparatus

16 Method E12: Cut-through resistance (deleted)

17 Method E13: Shotgun damage

17.1 Object

The purpose of this test is to determine the ability of aerial optical cables to withstand shotgun damage.

NOTE Due to the wide range of possible variations in this test (see 19.3.2 a) and c)), this test is considered a specialty test for very specific applications. Most cables will not be subjected to this test.

17.2 General

Two test methods are described:

- a) method E13A, in which a shotgun is fired at a cable sample mounted on a frame;
- b) method E13B, which simulates the impact from a shotgun pellet: a single pellet is impacted into a cable sample with the energy equivalent to that of a pellet fired from a shotgun at a given range, up to 40 m.

17.3 Method E13A: Shotgun test

17.3.1 Sample

A length of optical cable (typically 3 m long) is used.

17.3.2 Apparatus

The apparatus consists of

- a) a shotgun, as specified in the detail specification,

NOTE 1 The type of gun is likely to vary from country to country.

- b) a frame for holding the cable sample. It is important that the sample be free to move and the test set-up should also take into account that the shot may scatter in an elliptical manner depending on the gun used,

- c) gunshot:

- 1) as specified in the detail specification.

The shot size is likely to vary from country to country and should represent the hazard particular to the installation. It is recommended that the shot diameter be recorded.

- 2) the shot type shall be specified in the detail specification.

Typically, lead, steel, or composite materials are used, depending on the country. Lead shot deforms on impact and is less damaging than steel shot. It is recommended that the shot material be recorded.

- 3) the cartridge type shall be specified in the detail specification.

17.3.3 Procedure

The cable sample shall be mounted on the frame and shot at from the distance specified in the detail specification. A typical distance is 20 m.

After the test, the sample shall be inspected according to the acceptance criteria specified.

The test report shall include the following information:

- a) details of test configuration, including cable orientation;
- b) report of damage inflicted, including fibre continuity;

- c) number of tests carried out to achieve minimum visible impacts;
- d) shot diameter;
- e) shot material.
- f) cartridge type;
- g) data on the shotgun (see 17.3.2 a).

17.3.4 Requirements

The acceptance criteria for the test shall be stated in the detail specification. Typical failure modes include damage to the cable core elements (for example, piercing of loose tubes) and loss of continuity.

17.3.5 Details to be specified

The detail specification shall include the following information:

- a) gun type;
- b) shot size and diameter;
- c) shot type;
- d) cartridge type;
- e) distance between gun and sample;
- f) acceptance criteria.

17.4 Method E13B: Shotgun simulation

17.4.1 Sample

The sample length shall be sufficient to carry out the testing specified. A short length is adequate when only physical damage is to be evaluated, but longer lengths will be necessary to permit optical measurements.

17.4.2 Apparatus

A suitable apparatus is given in Figure 15, Figure 16 and Figure 17. The apparatus comprises the following:

- a) A drop weight.

A schematic of the drop weight, which incorporates the drop-weight body and a shot support pin is given in Figure 16.

The weight used shall be sufficient to simulate the energy of a shot fired from a given range, when dropped from the relevant height. For information purposes, guidance on the calculation of suitable weights and drop heights for a given shot size is given in 19.4.6.

The shot support pin should be chosen such that its diameter "B" is not greater than the overall diameter of the shotgun pellet and is typically 0,2 mm smaller. The pin face should be profiled to give a flat landing, shown by "A", in order to reduce the risk of pellet shearing and pin damage.

For small cables (typically <10 mm), an alternative drop weight and shot support pin may be used for improved test accuracy (see Figure 17), in order to prevent sample rotation and/or shot deflection during the test.

- b) A drop-weight guiding tube, to guide the weight towards the test sample, It may be convenient to incorporate release pins to secure the drop weight at the required drop height. Typically, a 25,4 mm square section is used to minimize friction between the inner surface of the guide tube and the outer surface of the cylindrical drop-weight body or vice versa.
- c) A location block. The location block may have a target zone hole for convenience in locating the sample.

- d) Plastic adhesive or other, for affixing the shot to the drop weight pin.
- e) Optical test equipment, if required, to measure the optical performance.

17.4.3 Procedure

The cable sample shall be placed on the location block, directly over the target zone hole, if used. Clamps, fitted to the location block, may be used to secure the sample in place. If optical transmission is being recorded, the sample shall be placed so that the pellet will impact above at least one fibre that is being measured. The pellet is fitted to the pin of the drop weight using a suitable material, such as a reusable plastic adhesive. A small amount should be used such that the impact is not absorbed by the adhesive. The weight is then fixed at the appropriate height in the guide tube, as with the release pins. The drop weight is released allowing the drop weight to impact on the cable sample.

Unless otherwise specified, the test is only carried out once at the same sample location.

17.4.4 Requirements

The acceptance criteria for the test shall be stated in the detail specification. Typical failure modes include damage to the cable core elements (for example, piercing of loose tubes) and loss of continuity.

17.4.5 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) shot size;
- b) shot type;
- c) drop weight;
- d) drop height;

NOTE: See 19.4.6 for calculating drop weight and height.

- e) number of impacts at separate locations;
- f) acceptance criteria;
- g) test temperature.

17.4.6 Calculation of drop weight and height

Consider a shotgun pellet of mass, m , moving with a velocity, v . It will have a kinetic energy of E_k , given by Equation (2):

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \quad (2)$$

where

E_k is the kinetic energy, in J;

m is the pellet mass, in kg;

v is the pellet velocity in ms^{-1} .

This can be equated to a drop weight's potential energy (see Equation (3)):

$$E_k = E_p = Mgh \quad (3)$$

where

E_p is the potential energy, in J;

- M is the drop-weight mass, in kg;
 g is the drop-weight acceleration, in ms^{-2} ;
 h is the distance dropped, in m.

Re-arranging the equation is then possible to define the drop weight's mass in terms of drop height:

$$M = \frac{E_k}{gh} \quad (4)$$

where

- E_k is the kinetic energy, in J;
 g is the drop-weight acceleration, in ms^{-2} ;
 h is the distance dropped, in m.

Using representative cartridge data, an appropriate test may be defined. For example, a lead pellet with average mass of 0,083 3 g, fired from a range of 25 m, typically has an impact velocity of 234 ms^{-1} . Hence using Equation (2):

$$E_k = \frac{1}{2} 0,000\ 083\ 3 \times 234^2 \text{ J} \quad (5)$$

$$E_k = 2,2815 \text{ J} \quad (6)$$

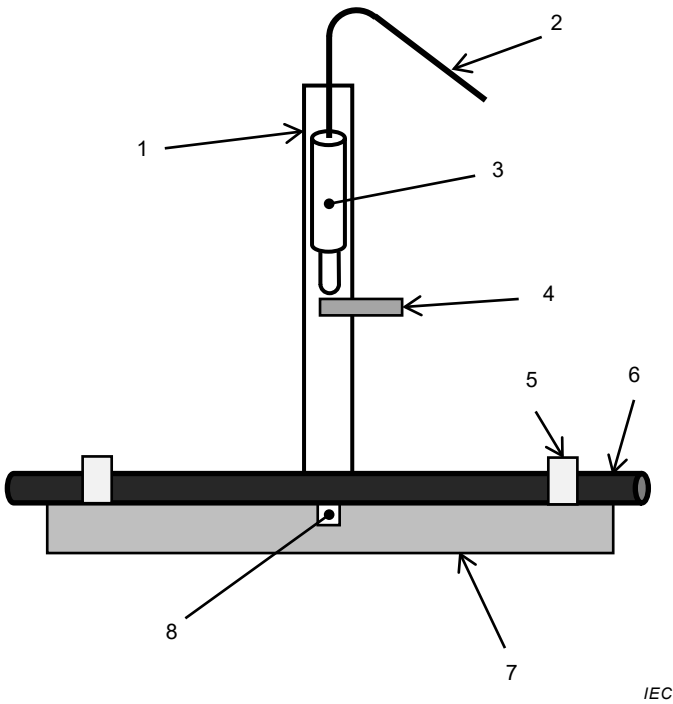
Assuming a convenient drop height of 1 m, and using Equation (3):

$$M = \frac{2,281\ 5}{9,81 \times 1} \text{ kg} \quad (7)$$

$$M = 0,233 \text{ kg} \quad (8)$$

As it is preferable to use the same weight, the calculation may be completed for alternative ranges using the drop height as the variable.

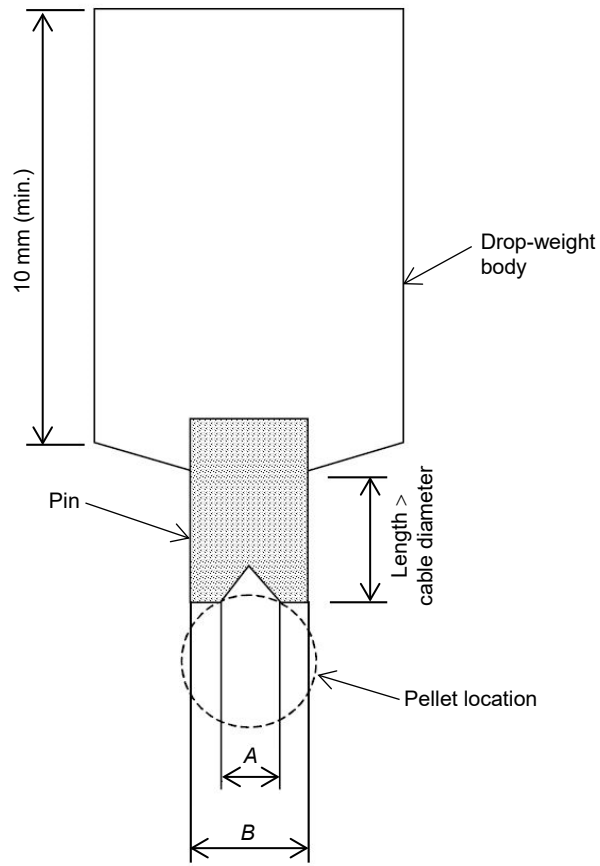
If required, for calibration purposes, a plaque of sheathing material can be used to compare the simulation method with actual field trials, for example, a 2 mm plaque of high-density polyethylene shot at from 40 m.



Key

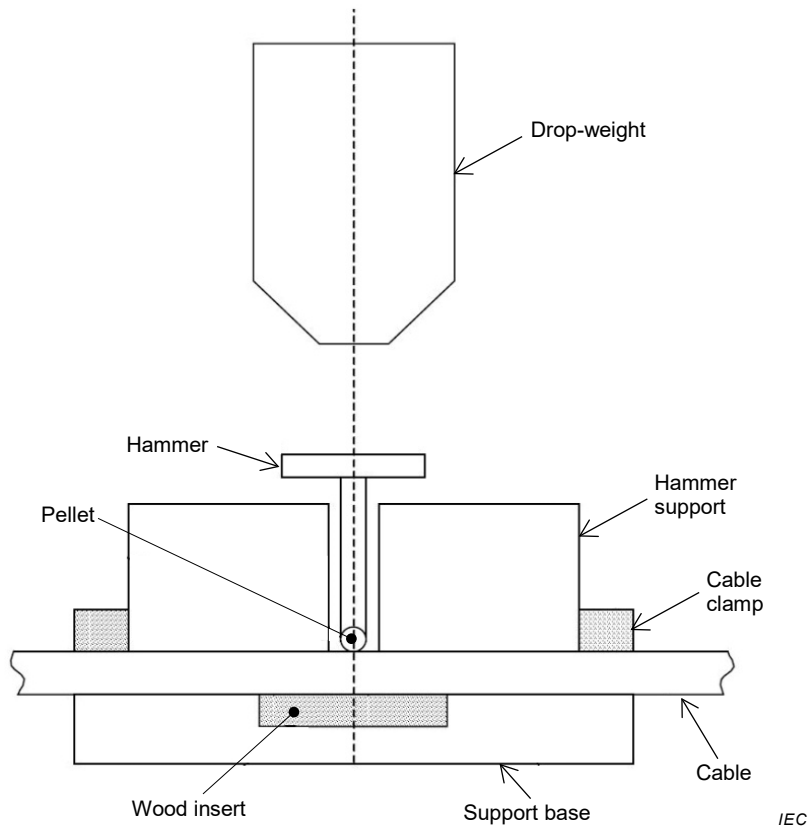
- 1 guide tube, square section recommended
- 2 drop pull
- 3 drop weight, cylindrical
- 4 drop weight release pin
- 5 cable clamp
- 6 cable specimen
- 7 location block
- 8 target zone

Figure 15 – Method E13B test set-up



IEC

Figure 16 – Drop weight incorporating shot support pin



IEC

Figure 17 – Alternative drop weight and shot support pin

18 Method E14: Compound flow (drip)

18.1 Object

This test is intended to verify that filling and flooding compounds will not flow from a filled or flooded fibre optic cable, at stated temperatures.

18.2 Sample

a) Number and type of specimens

Unless otherwise specified in the detail specification, prepare two cable specimens for testing from each cable sample to be evaluated. Each cable specimen shall be representative of the cable type specified by the detail specification.

b) Specimen length

Unless otherwise specified in the detail specification, each specimen shall be $200 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ in length.

c) Specimen preparation

Prepare each cable specimen as follows, making any modifications as required in item d):

- 1) Remove a $100 \text{ mm} \pm 2,5 \text{ mm}$ section of the outer sheathing material from one end.
- 2) Remove all remaining non-intrinsic cable elements (e.g. armour, screens, inner sheaths, helically applied strength elements, water blocking tapes, other core wraps, etc.) for a length of $80 \text{ mm} \pm 2,5 \text{ mm}$ from the same cable end. Do not disturb the remainder of the cable (e.g. the final buffer tubes which contain the optical fibres or fillers used for roundness).
- 3) Remove loosely adhered quantities of filling or flooding material disturbed in 1) or 2), but ensure that the specimen remains essentially coated by the filling or flooding material (i.e. do not wipe clean).
- 4) For cable designs containing components such as fibre bundles or ribbons which might move under their own weight during the test, secure such components at the unprepared end of the specimen in a manner which does not disturb the remainder of the specimen. Such components may be secured by clamps, epoxy plugs or other means meeting the objectives of the procedure.
- 5) When permitted by the detail specification, the upper ends of buffer tubes or loose tubes may be sealed to simulate long length cable sections.

d) Specimen termination

If allowed by the detail specification, terminate the lower end of the cable specimen according to the manufacturer's recommendations for terminating the cable in actual use. Parts of item c) procedure may be affected by this termination, but the objective of item c) is to be followed.

18.3 Apparatus

The following apparatus and equipment are required to perform this test.

a) Chamber

A temperature chamber large enough to hold the specimens in a vertical position, with sufficient thermal capacity to maintain the specified temperatures for the duration of the test. If the temperature chamber is of a circulating air type, the air shall not blow directly on the test specimens.

b) Container

A non-hygroscopic container to catch dripping material.

c) Analytical balance

18.4 Procedure

The following steps shall be taken:

- a) Preheat the chamber to the temperature specified in the detail specification.
- b) Place each prepared specimen in the oven, suspended in a vertical position with the prepared end down. Place a pre-weighed clean collection container directly under (but not contacting) the suspended specimen.
- c) If permitted by the detail specification, preconditioning may be performed as defined in 1) to 3) below; otherwise, continue with d) below:
 - 1) Stabilize the chamber temperature and, unless otherwise specified in the detail specification, precondition each specimen for a period of 1 h.
 - 2) At the end of the specified preconditioning time, replace the collection container with another pre-weighed clean collection container. Weigh the preconditioning collection container to measure the quantity of filling or flooding compound which may have dripped out of the cable during the preconditioning. A measured quantity greater than the specified preconditioning limit shall constitute a failure. Unless otherwise specified in the detail specification, the preconditioning limit shall be 0,5 % of the total cable specimen weight or 0,5 g, whichever is the smaller;
 - 3) Continue testing for 23 h, unless otherwise specified in the detail specification, and continue with e).
- d) Stabilize the chamber temperature and, unless otherwise specified in the detail specification, test for a period of 24 h.
- e) At the end of the specified time, remove and weigh the collection container to calculate the quantity of filling or flooding compound which may have dripped out of the cable.
- f) Record this as the quantity of dripped filling or flooding compound for each cable specimen. Unless otherwise specified in the detail specification, report "no flow" for measured quantity changes less than or equal to 0,005 g.

18.5 Requirements

Unless otherwise specified in the detail specification, the cable specimens shall be permitted a maximum flow quantity of 0,050 g. If the flow quantity from one of the cable specimens exceeds 0,050 g, but is less than 0,100 g, prepare two additional cable specimens in accordance with item c) of 18.2, and test as per items a) to f) of 18.4. The test shall be considered successful if neither of the second set of specimens has flow quantities which exceed 0,050 g.

18.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) test temperature;
- b) preconditioning details (if permitted):
 - statement that preconditioning is permitted (if permitted),
 - exceptions to default preconditioning procedure as defined in 18.4 c),
 - preconditioning pass/fail criteria if other than above;
- c) any exceptions to be applied to the requirements of this procedure;
- d) acceptance (pass/fail) criteria, if other than default.

19 Method E15: Bleeding and evaporation

19.1 Object

The purpose of this test is to measure at high temperature the bleeding and/or evaporation of filling compounds used in contact with optical fibres.

19.2 Sample

Filling compound material intended to be used in contact with optical fibres.

19.3 Apparatus

The apparatus consists of

- a) an electric heating cabinet with natural ventilation,
- b) an analytical balance with an error limit $G = 0,1$ mg,
- c) the test set-up (see Figure 18) consisting of
 - 1) cone, nickel, gauze, 60 mesh (holes: 5,6 per mm^2 ; wire diameter: 0,19 mm; opening: 0,28 mm), with a wire handle. Alternatively the cone may consist of stainless steel (60 mesh, opening 0,25 mm) and the solder width may be more than 1 mm, provided it is proved that the results are not significantly different from the first one,
 - 2) a beaker, tall-form, without a spout, 200 ml,

NOTE The cover is not needed when measuring the evaporation.

 - 3) a desiccator.

19.4 Procedure

Weigh the clean dry beaker and record as M_1 (weighed to within 1 mg). Weigh the assembled beaker, cone and cone support and record as M_2 . Add about 10 g of sample to the cone (the upper surface shall be smooth and convex so that fluid is not trapped and there shall be no aggregate materials in the gauze mesh). Weigh the assembled apparatus and sample and record as M_3 .

Heat the test set-up in the cabinet at the temperature and for the duration stated in the detail specification. Cool to room temperature in the desiccator. Reweigh the assembled apparatus and record as M_4 . Carefully remove the cone support and cone. Reweigh the beaker and record as M_5 . Calculate the percentage bleeding and evaporation and report the average of the duplicate results.

Calculations:

$$\text{Bleeding} = \frac{M_5 - M_1}{M_3 - M_2} \times 100 \% \quad (9)$$

$$\text{Evaporation} = \frac{M_3 - M_4}{M_3 - M_2} \times 100 \% \quad (10)$$

where

bleeding is the amount of compound which has bled into the beaker, %;

evaporation is the amount of compound missing from the system, %.

19.5 Requirements

The reported average results shall not exceed the maximum values given in the detail specification.

19.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) test temperature;
- b) duration of test;
- c) type of cone to be used if differing from that of 19.3, c), 1);
- d) number of samples to be tested.

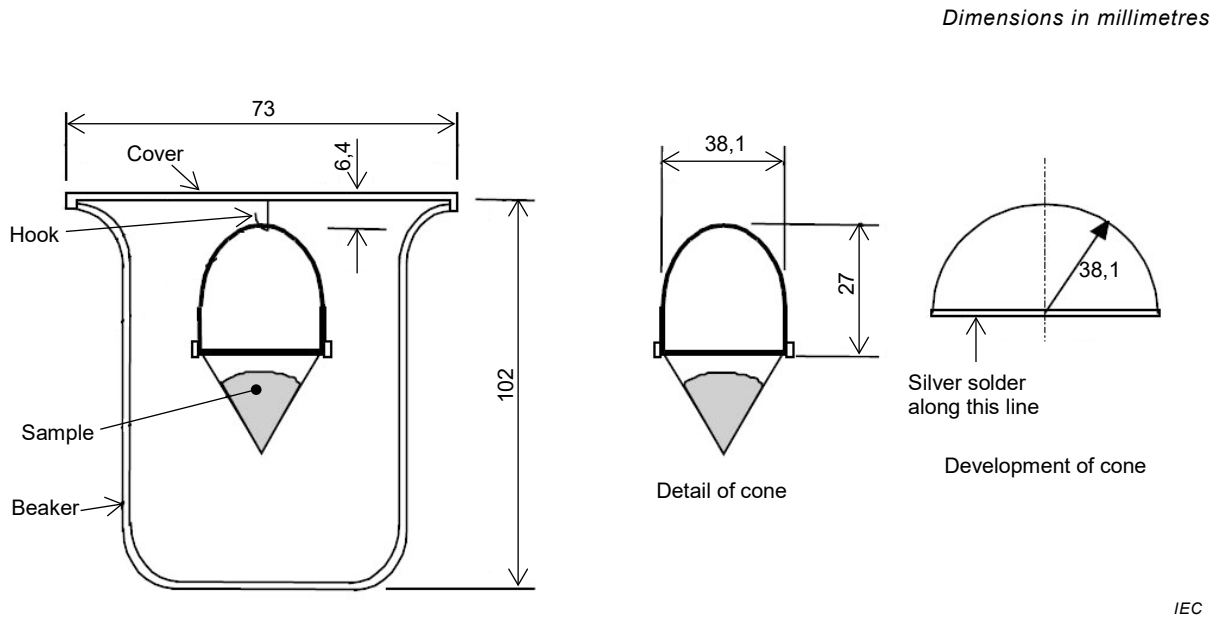


Figure 18 – Bleeding and evaporation test set-up

20 Method E16: [Title unknown] (deleted)

21 Method E17: Bending stiffness

21.1 Object

The purpose of this test is to measure the bending stiffness of an optical fibre cable. Three alternative methods are applicable, depending on the type of cable.

Testing indicates that there may be a significant variation of the result from sample to sample when performing these tests. This is due to the details of the test apparatus and the complexity of interaction of the cable components in bending. Therefore, these tests would be used for investigation and experiment, and not for performance specification. It is advised that they be used with caution and that any stiffness requirements(s) be conservative.

21.2 General

Stiffness in bending is a parameter used to evaluate the performance of a cable when installed using conventional pulling techniques (for example in ducts, trunking, conduit or under floors) and also when using blowing techniques. Stiffness is also used to ensure that jumper and indoor cables are sufficiently rugged yet flexible enough to withstand installation and normal usage. Cable stiffness values determined for any of these tests may not be equivalent to values determined in the other tests.

The three methods involved are

- Method E17A – three-point bend,

- Method E17B – cantilever bend,
- Method E17C – buckling bend.

Methods E17A and E17B are suitable for large cables.

Method E17B is also suitable for smaller cables including lightly armoured cables and indoor cables.

Method E17C is suitable for small cables such as ruggedized single-fibre cables.

21.3 Method E17A: Three-point bend

21.3.1 Sample

The sample length shall be sufficient to carry out the specified test.

21.3.2 Apparatus

The three-point bending test set-up is shown in Figure 19. The sample is placed on two supports which allow free movement of the cable (e.g. the supports may be rotating bars). Means shall be provided to apply a force to the sample at a point midway between the supports and to measure the subsequent displacement. The force is applied at a specified rate or at a rate less than the specified maximum. Typically, this force-displacement apparatus is a tensile testing machine.

21.3.3 Procedure

Set the supports at a distance apart as specified in the detail specification. The test sample is placed on the supports, the force applied and the displacement measured.

NOTE 1 The force may be of a specified value or a menu of values or may be a continual function of the force related to the measured displacement

The sample shall be longer than the distance between the supports by an amount which ensures that any internal movement of the cable components does not affect the result.

The force can be applied by a blade fixed to a tensile testing machine or by weights hooked to the cable.

If a force F (N) results in a displacement y (m) and if x is the distance (m) between the supports, the stiffness B (in $\text{N}\times\text{m}^2$) is:

$$B = \frac{x^3 F}{48y} \quad (11)$$

Since many cables (e.g. armoured cables) can exhibit a change in behaviour from elastic to inelastic, as shown in Figure 20, it is preferable for the force to be increased in increments so that the point of any change can be identified. The stiffness to be specified is the elastic stiffness which is given, in $\text{N}\times\text{m}^2$, by:

$$B = \frac{x^3}{48} \tan \alpha \quad (12)$$

where

α is the angle of the linear part of the curve, see Figure 20.

NOTE 2 According to the definition of \tan (alpha), it's unit is 1 N/m.

NOTE 3 Installation bends may involve bending in the inelastic region.

21.3.4 Requirements

The cable stiffness shall meet the requirements specified in the detail specification.

21.3.5 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) cable type;
- b) distance between supports;
- c) length of sample;
- d) maximum force;
- e) number of samples tested;
- f) loading rate.

21.4 Method E17B: cantilever bend

21.4.1 Sample

The sample length shall be sufficient to carry out the specified test.

21.4.2 Apparatus

The cantilever test set-up is shown in Figure 21. The sample is secured in a clamp and means shall be provided to apply a force to the end of the sample remote from the clamp, and to measure the subsequent displacement.

The sample length and clamp arrangement shall be selected to ensure that any internal movement of the cable components does not affect the result. That is, the clamp may be affixed at a distance sufficiently far from the bending point to allow simulated cable element movement in an actual cable.

In some cases (e.g. small jumper cables), the clamp can be designed to control the bending radius of the sample, as shown in Figure 21b.

21.4.3 Procedure

Fix the sample securely in the clamp, apply the force at a distance, L , from the clamp, and measure the displacement.

The force can be applied by a tensile testing machine or by weights.

If a force F (N) results in a displacement y (m), with a span length L (m), the stiffness B (in $\text{N}\times\text{m}^2$) is:

$$B = \frac{L^3 F}{3y} \text{ or } B = \frac{L^3}{3} \tan \alpha \quad (13)$$

where

α is the bending angle.

21.4.4 Requirements

The cable stiffness shall meet the requirements specified in the detail specification.

21.4.5 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) cable type;
- b) cable span (L);
- c) force or maximum force;
- d) length of sample;
- e) number of samples tested.

21.5 Method E17C: Buckling bend

21.5.1 Sample

The sample length shall be sufficient to carry out the specified test.

21.5.2 Apparatus

The test set-up is shown in Figure 22. It provides a means of measuring the force imparted on the test sample when bent into a U-bend. A suitable apparatus is a tensile testing machine fitted with a load cell and capable of maintaining a given jaw separation for a specified duration.

21.5.3 Procedure

The sample is fixed to the apparatus in a straight condition. The jaw separation is reduced to a value given by $s \times d$, where d is the cable diameter and s is the separation factor given in the detail specification. After the duration specified in the detail specification, the force imparted on the test sample is recorded.

NOTE 1 Separation factor is defined as the final jaw separation distance (see Figure 21) and the distance as a multiplier (or other function) of cable diameter.

NOTE 2 The force is that at the end of the specified duration. Typically, a higher force will be exhibited just prior to the initiation of cable buckling

The stiffness B , in $N \times m^2$, is then:

$$B = F \pi r^2 \quad (14)$$

where

F is the measured force, in N;

r is the bend radius of cable at final jaw separation, in m.

21.5.4 Requirements

The cable stiffness shall meet the requirements specified in the detail specification.

21.5.5 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) separation factor (s);
- b) duration of test;
- c) length of sample;
- d) number of samples tested.

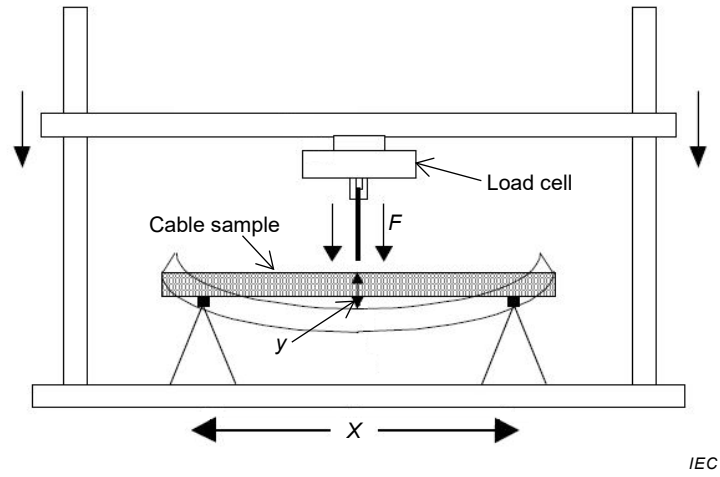


Figure 19 – Method E17A – Test set-up

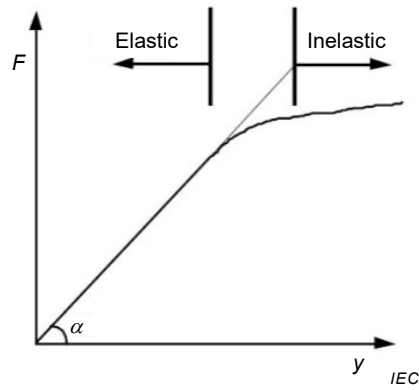


Figure 20 – Example of results of applied force and displacement

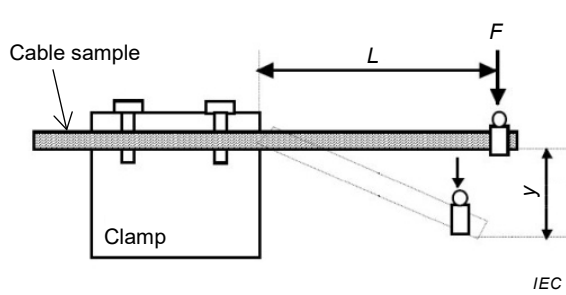


Figure 21a – Simple apparatus

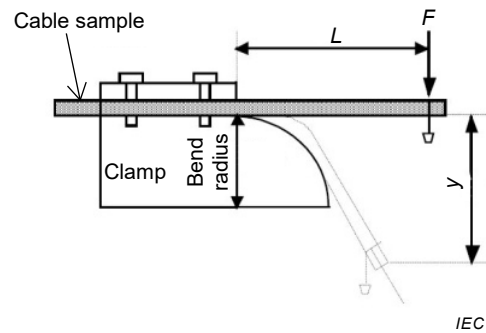


Figure 21b – Apparatus with control of radius

Figure 21 – Method E17B – Test set-up

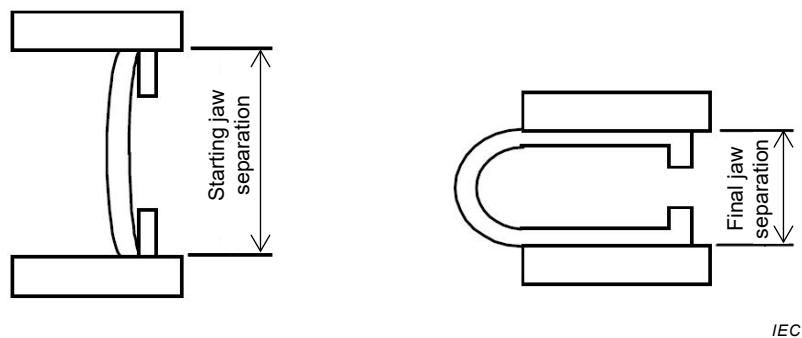


Figure 22 – Method E17C – Test set-up

22 Method E18A: Bending under tension

22.1 Object

The purpose of this test is to determine the ability of an optical fibre cable to withstand bending around rollers or bows during installation, when a specified load is applied.

This test involves either a bend over a roller or similar device at a specified angle (Procedure 1) or a reverse bend over a pair of rollers (Procedure 2). These tests are generally considered to simulate bending that any type of cable may experience during installation.

NOTE See the related test method E18B, sheave test. Method E18B may be used as an alternative to method E18A.

22.2 Sample

The sample shall be taken from one end of a finished cable, without cutting if specified in the detail specification.

Both ends of the specimen shall be terminated in such a way that the specified load can be applied.

The sample shall be marked at points A and B as shown in Figure 23 or Figure 24.

The distance between marks A and B shall be greater than the core and strength member lay length for helically stranded cables and greater than the distance between lay reversals for S-Z stranded cables. It is recommended that this distance be at least three times the lay length.

22.3 Apparatus

The apparatus consists of

- a tensile power device with a maximum error of $\pm 3\%$,
- if required for a particular user application, attenuation measuring apparatus for the determination of attenuation change and/or fibre elongation strain measuring apparatus. The length of the optical fibre shall be a length sufficient to perform the test and make optical measurements,

The procedure to be used shall be agreed between customer and supplier and should reflect the most severe installation scenario which may be experienced.

Procedure 1

One roller/sheave with a radius (r) as given in the relevant specification and as shown in Figure 22 is used. The included angle of the bend, θ , shall be specified in the relevant specification. 180° is a commonly used value.

Procedure 2

Two rollers/sheaves with a radius (R), and a distance Y or a bending angle θ as given in the relevant specification and as shown in Figure 24.

22.4 Procedure

The test shall be carried out at ambient temperature.

If optical attenuation testing is specified in the detail specification, the attenuation shall be recorded before the specified load is applied, and after the test when the load is zero.

Depending on the installation method, and as indicated in the detail specification, one of the following procedures shall be used.

Procedure 1

- The cable shall be moved around a cylinder or on a device as specified in the relevant specification, at an angle specified in the relevant specification, as shown in Figure 23 or other values agreed between the customer and the supplier.
- The tension shall be continuously increased to the required value given in the detail specification.
- The cable shall be moved from point A to point B (see Figure 23) and then returned to point A, with a speed and in a number of cycles as specified in the detail specification.

Procedure 2

- The cable shall be bent around two cylinders in an S form manner (S-bend), or on a device as specified in the detail specification, as shown in Figure 24.
- The tension shall be continuously increased to the required value given in the detail specification.
- There are two alternatives as follows:
 - the cable shall be moved from point A to point B (see Figure 23) and then returned to point A, with a speed and in a number of cycles as specified in the detail specification;
 - the apparatus shall be moved relative to the cable from point A to point B (see Figure 24) and then returned to point A, with a speed and in a number of cycles as specified in the detail specification.

22.5 Requirements

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

If specified, any permanent increase in attenuation after the test shall not exceed the value specified in the detail specification.

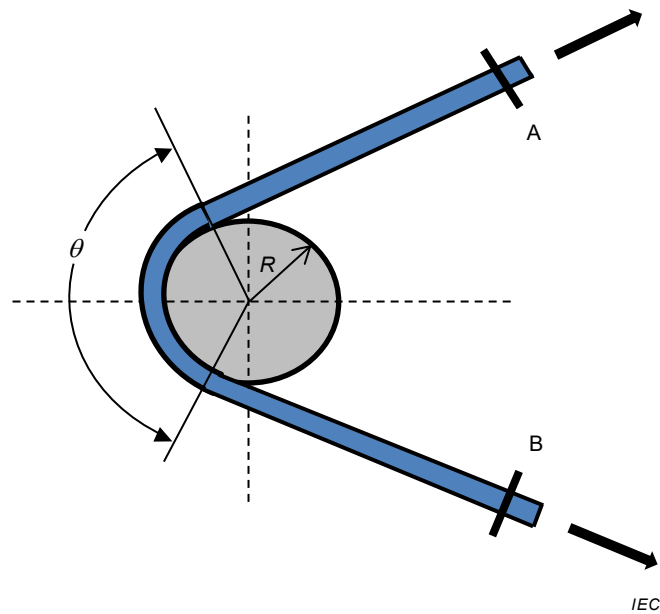
Further detailed requirements should be given in the detail specification.

22.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

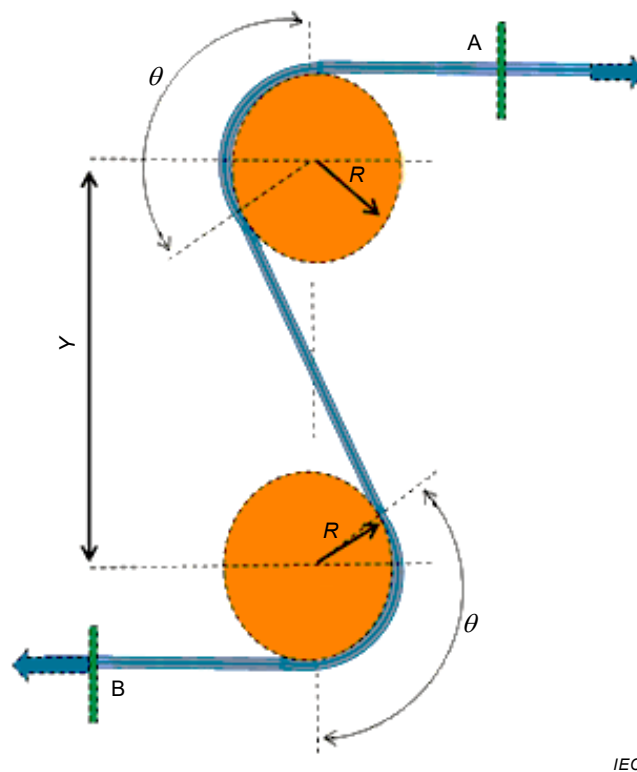
- procedure used (1 or 2);
- maximum tension applied during test (typically the maximum load which may be applied during installation);
- length of the cable and length bent under tension, distance A to B;
- end preparation;

- tension device;
- procedure 1
 - radius (r) of rollers,
 - bend angle over roller;
- procedure 2
 - radius (R) of rollers/cylinders/mandrels,
 - distance Y or bending angle θ ;
- moving speed (typically \leq installation speed);
- number of moving cycles;
- maximum allowable attenuation increase after the test (if applicable).

**Key**

- A, B test end points
 R radius of roller
 θ wrap angle

Figure 23 – Single-bend



IEC

Key

- A, B test end points
- Y separation of rollers
- R radius of rollers
- θ wrap angle

Figure 24 – S-bend

23 Method E18B: Sheave test (primarily for OPGW and OPAC)

23.1 Object

The purpose of this test is to determine the ability of the optical ground wire (OPGW) or optical attached cable (OPAC) to withstand bending around rollers or bows during installation, when a specified load is applied.

This test involves either a bend over a single sheave or similar device (Procedure 1) or an S-Z bend over three inline sheaves (Procedure 2). These tests are generally considered to simulate bending that an aerial cable may experience during installation.

NOTE See the related test method E18A, bending under tension. Method E18A may be used as an alternative to Method E18B.

23.2 Sample

The sample shall be taken from one end of a finished cable, without cutting if specified in the detail specification.

Both ends of the specimen shall be terminated in such a way that the specified load can be applied.

The sample shall be marked at points A and B as shown in Figure 25 or Figure 26.

The distance between marks A and B shall be greater than the core and strength member lay length for helically stranded cables and greater than the distance between lay reversals for S-Z stranded cables. It is recommended that this distance be at least three times the lay length.

23.3 Apparatus

The apparatus shall consist of

- a tensile power device with a maximum error of $\pm 3\%$.
- the sheave profile shall be semi-circular and of sufficient radius as to not impede free cable motion,
- if required for a particular user application, attenuation measuring apparatus for the determination of attenuation change and/or fibre elongation strain measuring apparatus. The length of the optical fibre shall be a length sufficient to perform the test and make optical measurements.

The procedure to be used shall be agreed between the customer and the supplier and should reflect the most severe installation scenario which may be experienced.

Procedure 1

One sheave with a radius (R) and a bending angle θ as given in the relevant specification and as shown in Figure 25.

Procedure 2

Three sheaves with a radius (R) and a bending angle θ as given in the relevant specification and as shown in Figure 26.

23.4 Procedure

The test shall be carried out at ambient temperature.

If optical attenuation testing is specified in the detail specification, the attenuation shall be recorded before the specified load is applied, and after the test when the load is zero.

Depending on the installation method, and as indicated in the detail specification, one of the following procedures shall be used.

Procedure 1

- The cable shall be moved around a cylinder or on a device as specified in the detail specification, through an angle as specified in the detail specification as shown in Figure 25.
- The tension shall be continuously increased to the required value given in the detail specification.
- The cable shall be moved from point A to point B (see Figure 25) and then returned to point A, with a speed and in a number of cycles as specified in the detail specification.

Procedure 2

- The cable shall be passed through the cylinders as specified in the detail specification, through an angle as specified in the detail specification as shown in Figure 26.
- The tension shall be continuously increased to the required value given in the detail specification.
- There are two alternatives as follows:
 - a) the cable shall be moved from point A to point B (see Figure 26) and then returned to point A, with a speed and in a number of cycles as specified in the detail specification, or
 - b) the apparatus shall be moved relative to the cable from point A to point B (see Figure 26) and then returned to point A, with a speed and in a number of cycles as specified in the detail specification.

23.5 Requirements

Under visual examination without magnification there shall be no damage to the sheath and/or to the cable elements. If specified, any permanent increase in attenuation after the test shall not exceed the value specified in the detail specification.

Further detailed requirements should be given in the detail specification.

23.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- procedure used (1 or 2);
- maximum tension applied during test (typically the maximum load which may be applied during installation);
- length of the cable and length bent under tension, distance A to B;
- end preparation;
- tension device;
- procedure 1
 - radius (R) of rollers/cylinders,
 - bending angle θ ;
- procedure 2
 - radius (R) of rollers in procedure 2,
 - radius (R) of rollers/cylinders/mandrels in procedures 2,
 - bending angle θ ;
- moving speed (typically \leq installation speed);
- number of moving cycles;
- maximum allowable attenuation increase after the test (if applicable).

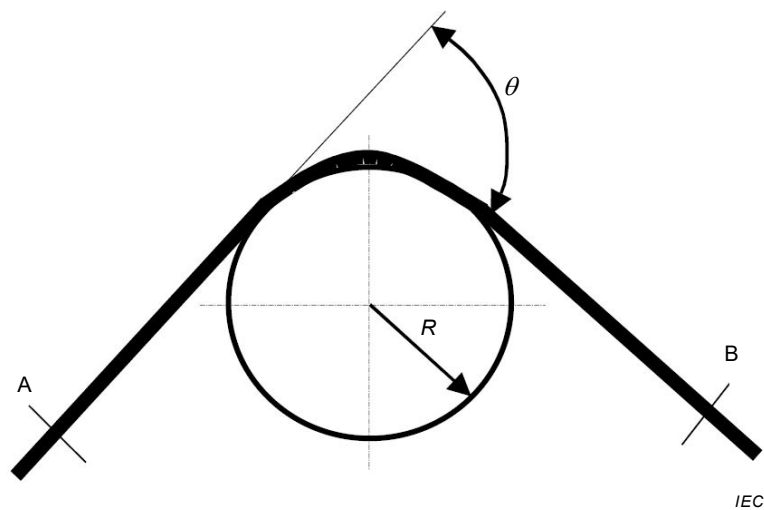


Figure 25 – Partial-bend

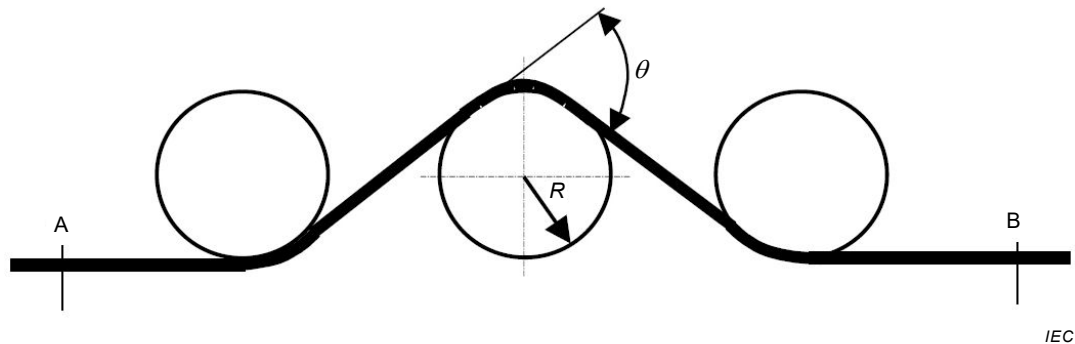


Figure 26 – Partial-bend, multiple pulley

24 Method E19: Aeolian vibration

24.1 Object

The object of this test is to expose overhead cables to dynamic stresses similar to those imposed by laminar wind-flow-induced vibrations in overhead lines.

24.2 Sample

The minimum length of the test sample shall be 50 m or as given in the detail specification. The cable ends are prepared in order to allow transmitted optical power control in one or several fibres (as specified in the detail specification) during the test. The minimum test length of the optical fibres shall be 100 m. If necessary, fibres may be spliced at the cable ends.

24.3 Apparatus

The test apparatus shall consist of

- the test set-up (a typical arrangement is shown in Figure 27),
- electronically controlled shaker,
- dynamometer, load cell, calibrated beam or other device to measure cable tension,
- light source with a nominal wavelength of 1 550 nm in conjunction with a light power meter, able to perform optical power measurements,

- light source with a nominal wavelength of 1 550 nm in conjunction with a light power meter, able to measure power oscillation in the bandwidth range of 0 Hz to 300 Hz minimum,
- optical time domain reflectometer (OTDR), if required in the detail specification.

24.4 Procedure

The test sample shall be terminated at both ends prior to tensioning in such a way that the optical fibres cannot move in relation to the cable. A dynamometer, load cell, calibrated beam or other device shall be used to measure cable tension. Some means should be provided to maintain constant tension to allow for temperature fluctuations during the testing. The cable shall be loaded to approximately 15 % to 25 % of the rated tensile strength (RTS) for OPGW, or to the installation tension rating for the span for ADSS cable, or as given in the detail specification.

The overall span between system terminations shall be a minimum of 30 m. The minimum active span should be approximately 20 m with a suitable suspension assembly located approximately two-thirds of the distance between the two dead-end assemblies. Longer active and/or back spans may be used. The span shall be supported at a height such that the static sag angle of the cable to horizontal is $(1,5 \pm 0,5)^\circ$ in the active span.

Means shall be provided for measuring and monitoring the mid-loop (antinode) vibration amplitude at a free loop, not a support loop.

An electronically controlled shaker shall be used to excite the cable in the vertical plane. The shaker armature shall be securely fastened to the cable so it is perpendicular to the cable in the vertical plane. The shaker should be located in the span to allow for a minimum of six vibration loops between the suspension assembly and the shaker. Apply 10 000 000 vibration cycles, or the number specified in the detail specification.

The test shall be carried out at one or more resonance frequencies in the frequency range for the given wind conditions. Aeolian vibration is normally experienced under laminar wind flows of 0,5 m/s to 7 m/s. The following Equations (15) and (16) apply:

The frequency of vibration f (Hz) is proportional to the wind velocity v (m/s) and inversely proportional to the cable diameter D (m) and is given by the formula:

$$f = k \times \frac{v}{D} \text{ (Hz)} \quad (15)$$

where

k is the Strouhal constant (0,2 for aerial cables and conductors).

The wavelength (λ) of vibration (equal to two loop lengths) is given by the formula:

$$\lambda = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{T}{m}} \text{ (m)} \quad (16)$$

where

T is the cable tension, in N;

m is the mass/unit length, in kilograms per meter (kg/m).

If required due to the nature of cable design, the cable should be rid of initial stresses. Therefore, in the initial stages, the test span requires continuous attention and monitoring of the test parameters until the test span is stabilized.

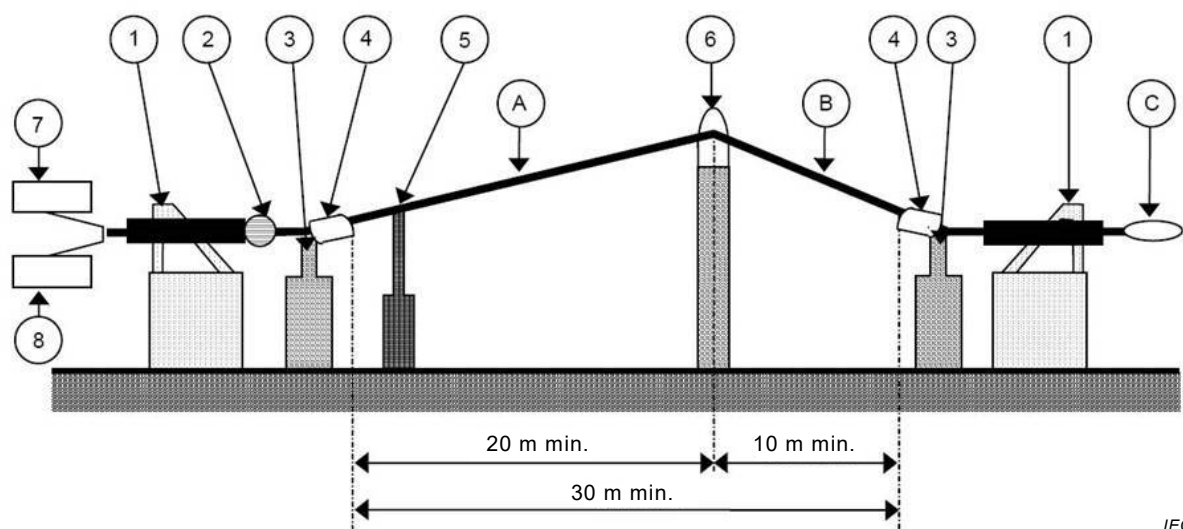
24.5 Requirements

Any sign of temporary or permanent damage to the cable or any of the component parts greater than the value specified in the detail specification shall be a failure. Any short term fluctuations or long term changes in attenuation, if specified, shall not exceed the specified range.

24.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- number vibration cycles, if other than 10 000 000;
- characteristics of the vibration test stand;
- length of spans;
- characteristics of the suspension and anchoring devices used;
- cable installation tension, including any overtension coefficient, if applied during the first phase;
- length of cable and fibres tested (characteristics of the splices between fibres if they exist);
- wavelength at which optical monitoring is conducted;
- vibration mode/characteristics maintained during the test;
- preparation of ends;
- characteristics of measuring equipment, including the type of measuring sets and launching conditions;
- ambient temperature and humidity during the test;
- mass/unit length and diameter of the cable.



Key

- | | |
|-------------------------|----------------|
| 1 end abutment | 7 meter – in |
| 2 load cell | 8 meter – out |
| 3 intermediate abutment | a active span |
| 4 dead-end assembly | b back span |
| 5 suitable shaker | c fibre splice |
| 6 suspension assembly | |

Figure 27 – Aeolian vibration test

25 Method E20: Cable coiling performance

25.1 Object

The purpose of this test is to demonstrate the ability of an armoured underwater optical fibre cable to be coiled and uncoiled for installation purposes.

25.2 Sample

A sufficient length of cable, necessary to make a specified number of coils (for example, 10) with the specified diameter, as agreed between the manufacturer and the user, shall be taken from the cable to be tested.

25.3 Apparatus

The test requires no apparatus except a flat surface large enough to coil the specified number of coils. The diameter of coils shall be in accordance with the minimum specified coiling diameter.

25.4 Procedure

The test is to be carried out at a specified temperature corresponding to ambient temperature for ship-loading and laying conditions, unless otherwise specified.

The sample shall be taken from the production end of the cable and be coiled flat on a suitable surface. The starting end of the cable shall be secured during the test. The coiling should be

performed from a height typical for the height envisaged during manufacturing, loading and laying of the cable.

The coiling shall start at a diameter specified by the manufacturer. The direction of coiling should be as indicated by the manufacturer.

25.5 Requirements

The cable shall form a smooth circle and stay flat on the surface all the way around the circumference. Other requirements may be defined by agreement between the user and the manufacturer.

25.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- sample length;
- coil diameter;
- number of coils;
- temperature.

26 Method E21: Sheath pull-off force for optical fibre cable for use in patch cords

26.1 Object

The purpose of this test is to measure the force required to remove a length of sheath from an optical fibre cable intended for use in patch cords.

26.2 General

This test method is designed to measure the force required to remove the cable sheath. It can be applied to round simplex and round duplex optical fibre cables for use in patch cords, or round single fibre elements or sub-elements of larger cables.

26.3 Sample

A length of cable long enough to be retained in the tensile rig shall be cut and removed from the supply reel. The sample is prepared as shown in Figure 30, using the following method. At one end of the sample, mark the cable at distances 50 mm and 53 mm from the end. A circumferential cut is then made at the two marked points where the section of sheath is to be removed. A longitudinal cut is then made between the two circumferential cuts. Remove the sheathing between the two cuts. During sample preparation, if any damage is imparted to the cable core, that sample shall be discarded.

26.4 Apparatus

26.4.1 General

A schematic of the test arrangement is shown in Figure 28.

26.4.2 Tensile test rig

A controllable tensile facility shall be used with the ability to pull over a specified distance at a controlled speed.

26.4.3 Recording equipment

A set of measurement equipment shall be used, linked to the tensile test rig that can record the forces required to remove the sheath from the cable core. Measurements shall be recorded in N.

26.4.4 Stripping tools

Tools capable of removing at least a 3 mm length of outer sheath at a distance 50 mm from the end of the cable, leaving the cable core undamaged, may be used.

26.4.5 Pulling

A pulling jig, as shown in Figure 29, shall be designed to fit into the gap formed in the sample sheath by removing the 3 mm section, allowing the 50 mm strip length of sheath to be pulled longitudinally from the prepared end of the cable.

26.4.6 Cable anchor

A method shall be provided to secure the anchor end of the cable while the pull is carried out.

26.5 Procedure

The prepared end of the cable is inserted into the pulling jig (see Figure 28) mounted on the test rig. The opposite end of the sample is then mounted in the cable anchor at zero load. A controlled pull is then carried out at the specified speed. Readings are taken to record the peak values of each test pull.

26.6 Requirements

The force required to remove the sheath from the cable core shall comply with the values given in the detail specification.

26.7 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) rate of separation (speed of pull);
- b) strip length (length of sheath removed) if different than in 28.4;
- c) force to strip the length of sheath.

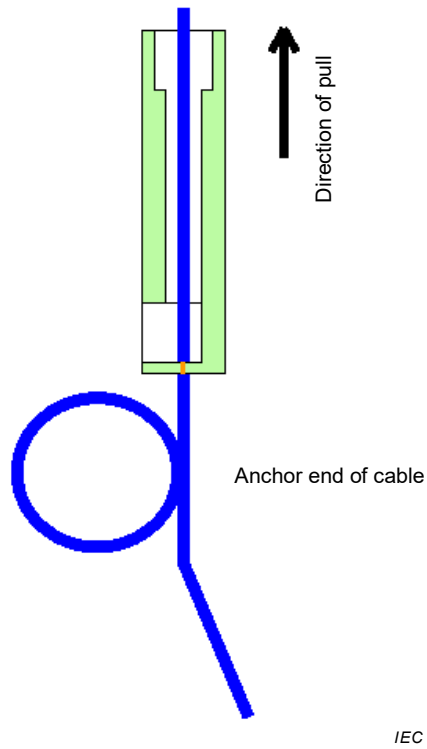
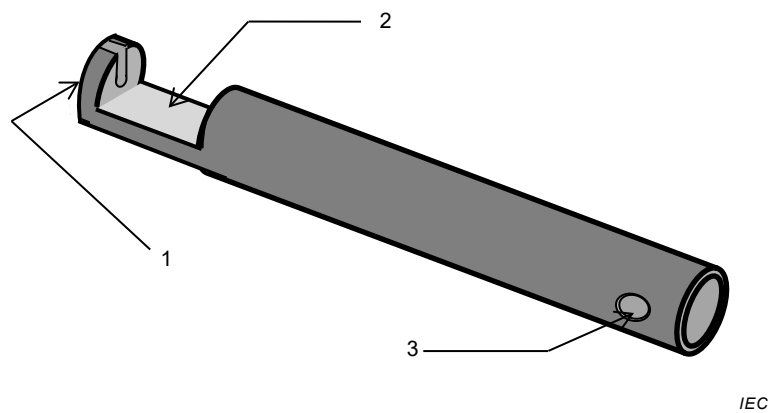


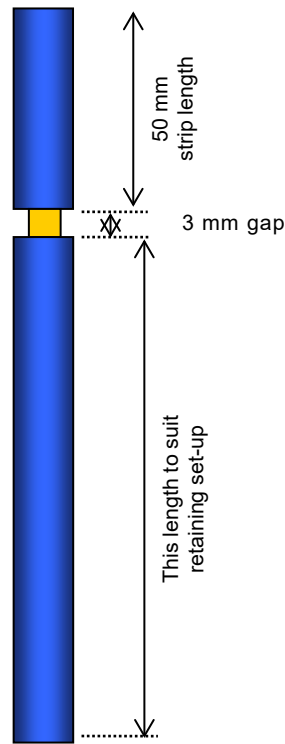
Figure 28 – Schematic of test arrangement



Key

- 1 pulling end of jig; dimensions appropriate to accommodate prepared specimen
- 2 window for inserting strip test end
- 3 attachment to pulling rig; details necessary for attachment per the particular rig

Figure 29 – Example of pulling jig



IEC

Figure 30 – Cable sample preparation

27 Method E22: Buffered fibre movement under compression in optical fibre cables for use in patch cords

27.1 Object

The purpose of this test is to examine the attenuation behaviour (change in attenuation) and the reaction force when a buffered fibre in a cable intended for use in patch cords moves under axial compression only.

27.2 Sample

A 5 m long cable sample shall be taken from a finished cable length. At both ends of the sample, 2 m of the cable sheath and other cable elements are removed, leaving a central 1,0 m length of cable sheath on the sample.

27.3 Apparatus

The apparatus consists of

- a device to fix one cable end without compression and a chuck to fix the buffered fibre protruding from this cable end. The chuck shall be movable towards the cable end for an adjustable distance (see Figure 31). The fixed distance between the chuck and the cable end shall be 7 mm,
- a load cell for monitoring the force on the chuck with a maximum error of $\pm 3\%$,
- attenuation monitoring equipment as described in IEC 60793-1-46.

27.4 Procedure

One end of the 1,0 m length of sheathed cable sample, including the strength member, is fixed to one side in the cable fixing device (1 in Figure 301) and the exposed buffered fibre is fixed in the fibre chuck (2 in Figure 30).

At the other end of the 1,0 m sample, the fibre and the sheath are glued together by e.g. epoxy to prevent any movement of the fibre within the cable sample. The unsheathed fibres are connected to the attenuation monitoring equipment (see Figure 31).

The chuck is moved towards the fixed cable end for 0,4 mm, or the required compression distance given in the relevant detail specification.

If multiple movements are specified, return the chuck to the starting position and perform the compression cycle again.

During the movement, any attenuation change and the reaction force are monitored. The test shall be carried out at ambient temperature.

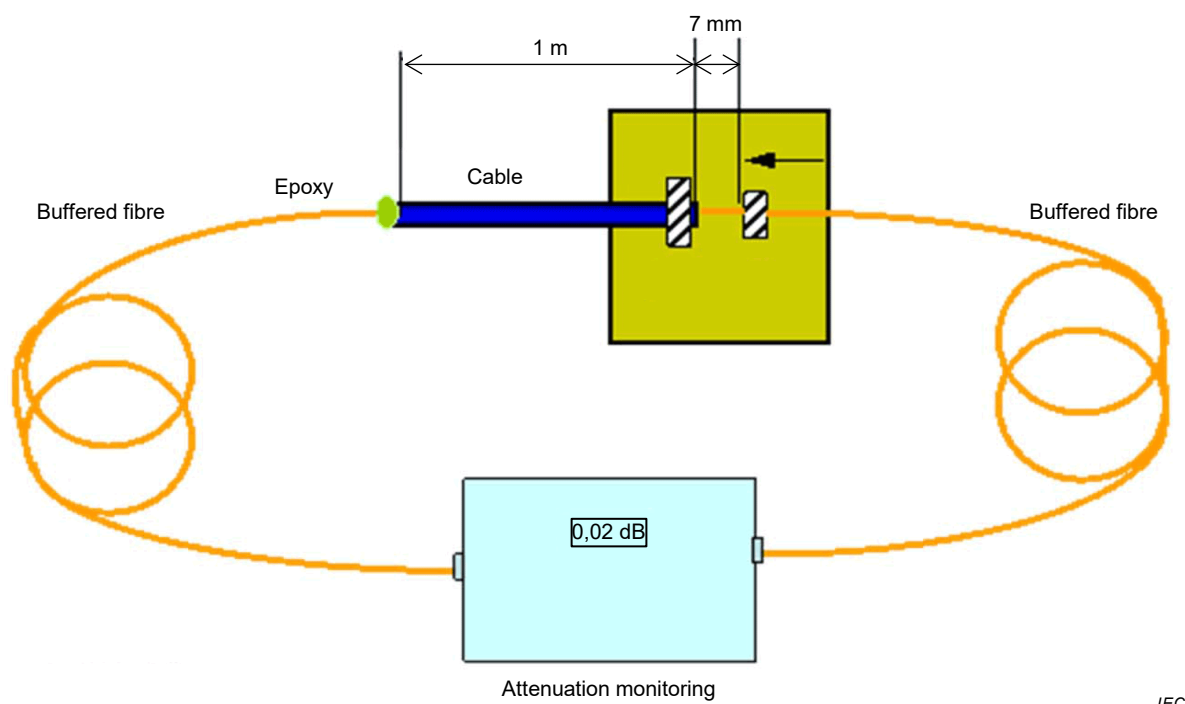
27.5 Requirements

Attenuation change and the reaction force at the required compression distance shall not exceed the values given in the detail specification. The recommended compression distance is 0,4 mm.

27.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) compression distance;
- b) method of monitoring attenuation change;
- c) number of movements;
- d) reaction force;
- e) change in attenuation.



Key

- 1 cable fixing
- 2 fibre chuck and load cell
- ← compression movement

Figure 31 – Test set-up for fibre movement under compression

28 Method E23: Microduct route verification test

28.1 Object

The purpose of this test is to provide a pre-installation validation of the microduct system for accepting a microduct fibre optic cable.

28.2 General

A route verification test consists of passing a test object, such as a sphere, approximately equal to the diameter of the cable in size, or 1 m of the actual cable to be installed, through the route to be populated. A successful test indicates that the intended cable path is free from obstructions.

28.3 Sample

The sample is the route into which the microduct optical cable is to be installed. Alternately, a reduced scale test apparatus may be used to prove application suitability.

28.4 Apparatus

A test object, such as a sphere, approximately equal to the diameter of the cable in size, or 1 m of the actual cable to be installed, blowing installation equipment and a safe method to catch the sphere or other object at the far end of the microduct.

28.5 Procedure

Install the catcher at the far end of the microduct, launch the object into the microduct, and apply air pressure as per the detail specification.

28.6 Requirements

The object shall pass through the microduct route.

28.7 Details to be reported

The following details shall be reported:

- object dimensions;
- object material;
- microduct information (ID, OD)
 - route length,
 - location and description of significant bends, if known,
 - location of joint (if any);
- compressed air attributes
 - temperature,
 - pressure,
 - relative humidity

29 Method E24: Installation test for microduct cabling

29.1 Object

To demonstrate the feasibility of installing microduct optical cabling—micro-cable, fibre units, etc. into microduct or protected microduct.

29.2 General

This test method is designed to evaluate the blowing performance of a microduct optical cabling into a microduct or protected microduct. The test conditions approximate those in practical installations. The test is performed under ambient conditions, with temperatures above 0 °C (to avoid blocking with ice) and below +40 °C (above which temperature blowing performance has been observed to rapidly degrade).

29.3 Sample

A microduct or protected microduct, length as agreed between customer and supplier, formed according to Figure 32. Separate individual lengths may be connected by fittings.

Microduct cabling, length equal to or greater than the microduct sample.

29.4 Apparatus

The apparatus consists of

- blowing equipment as agreed between customer and supplier,
- temperature and humidity measuring equipment,
- timer,
- speed control (safety),

- pressure measuring device (safety),
- airflow meter.

29.5 Procedure

Blow air into the microduct for 10 min to condition the test route and to ensure a steady state airflow.

Prepare the leading end of the cabling as per installation instructions (e.g. by crimping a bead onto the front of a microduct fibre unit). If required by the installation method and in agreement between customer and supplier, the cabling and/or microduct may be lubricated. Most pulling lubricants are not suitable for blowing installations. Instead, lubricants are typically formulated for this specific application.

The output end of the microduct shall be suitably protected to avoid cabling exiting the microduct in an uncontrolled and unsafe manner.

Blow the microduct optical fibre cabling into the microduct test route with a specified air pressure and the safe pushing force required to maintain maximum speed. Install cabling directly from its packaging (e.g. drum, pan etc.) in a smooth fashion so as not to degrade installation performance. Record elapsed time and push force at regular intervals (typically every 100 m) during the test.

The push force may be adjusted in order to maintain the installation speed within the permitted range

Prior to any blown cable installation trial or live cable installation it is crucial that a 'crash test' is undertaken to determine the maximum push force that can be applied to the cable from the blowing head. This test involves using the blowing head to drive the cable (at the recommended cable installation speed) through a length of the mini-duct (typically 10 m). At the end of the mini-duct is a tube end stop. When the cable hits the end stop the blowing head should stop the cable in a manner that does not cause any damage to the cable. This is then repeated with an increase in push force until cable damage is witnessed. The maximum push force of the cable is then taken to be the highest push force figure which resulted in the cable being undamaged when it hit the end stop. This procedure ensures that the cable will not be damaged in the event of the cable hitting a blockage in the mini-duct during the installation process [1]¹.

29.6 Requirements

The following requirements shall be met:

- maximum acceptable installation time;
- minimum acceptable installation distance.

29.7 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- microduct ID/OD;
- leg length L (100 m, if not otherwise specified);
- total length (1 000 m, if not otherwise specified);
- bend diameter (40 times the outer diameter of the microduct, if not otherwise specified);
- requirement for lubrication (none to be used, if not otherwise specified);

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

- blowing pressure (1,3 MPa to 1,5 MPa for microduct cable or 0,9 MPa to 1,0 MPa for microduct fibre unit, if not otherwise specified);
- installation time;
- installation speed range (5 m/min, minimum, to 60 m/min, maximum, unless otherwise specified);
- cabling to be tested.

29.8 Details to be reported

The following details shall be reported:

- microduct and cabling under test description;
- microduct cabling outer diameter, or major and minor axis for non-round cabling;
- microduct ID/OD;
- microduct surface finish (e.g. smooth or ribbed);
- protected microduct OD;
- leg length L ;
- total route length;
- bend diameter;
- lubricant (if used);
- method(s) of lubrication (if used);
- blowing equipment (describe brand and type);
- blowing pressure;
- pushing force on microduct cabling (dependent on equipment and microduct cabling);
- temperature;
- humidity;
- installed distance;
- installation time.

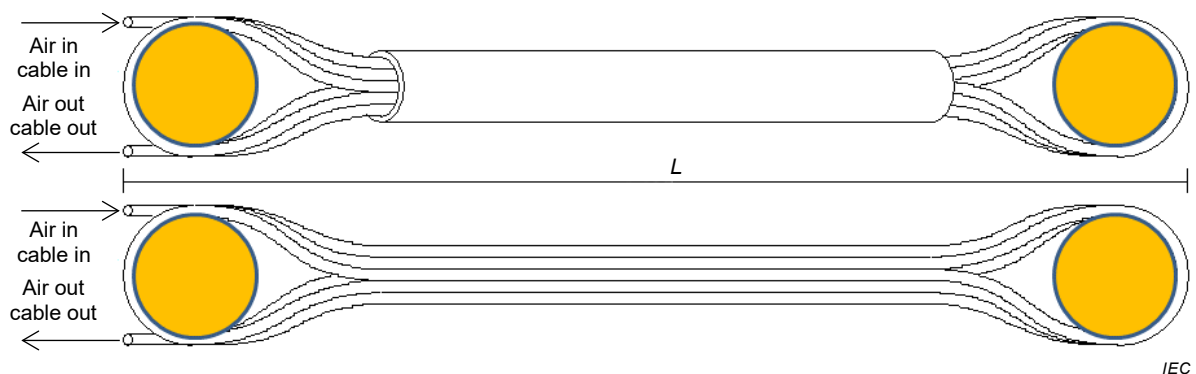


Figure 32a – Protected microduct

Figure 32b – Microduct (unprotected)

Figure 32 – Schematic representation of test route, with leg-length L

30 Method E25: Rip cord functional test

30.1 Object

The object of this test is to determine the suitability of a rip-cord to facilitate the opening of an optical cable sheath without breaking. It is performed after the cable has been cooled to the

minimum temperature expected for installation purposes (typical low temperatures recommended in IEC TR 62691 are 0 °C for PVC sheaths and –15 °C for polyethylene sheaths).

The test may also be carried out at the maximum installation temperature if requested (+50 °C is recommended in IEC TR 62691), though this is not normally necessary because most cable materials will have a lower modulus at high temperatures compared to lower temperatures and hence rip more easily.

30.2 Sample

The minimum length of the test sample shall be 1,5 m. Depending on the cable construction, the sample may need to be longer to ensure that the ripcord does not pull out of the test sample when pulled. The length may also be longer if more than 100 mm is required for end preparation.

30.3 Apparatus

The apparatus consists of

- a) a climatic chamber of a suitable size to accommodate the sample and whose temperature shall be controllable to remain within ± 3 °C of the specified testing temperature,
- b) suitable cable preparation tools,
- c) any method of holding the cable for test, such as clamping or manually securing the sample, is acceptable.

30.4 Procedure

The following steps shall be taken:

- a) Prepare one end of the cable by removing all or part of sheath for a length of 100 mm to reveal the rip cord(s).
- b) Make a mark on the sheath 1 m from the prepared end.
- c) Place the sample into the temperature chamber. It is permitted to coil the cable to achieve this.
- d) Set the temperature chamber to the test temperature (–15 °C unless otherwise agreed between the customer and the supplier).
- e) Leave the sample in the chamber for at least 4 h.
- f) Remove the cable from the chamber and carry out the following steps immediately.
- g) Take hold of one rip cord and pull down on it until 1 m of the cable sample is ripped through and the cable core is revealed.

30.5 Requirements

The rip cord (s) shall rip through the cable sheath and shall not break for the entirety of the pull.

If the ripcord breaks prior to reaching the 1 m mark, two additional follow-up specimens may be tested from the same cable length. The cable passes if neither of the two follow-up specimens breaks prior to reaching the 1 m mark.

If the ripcord pulls out of the end of the cable without slitting the sheath, repeat the test.

30.6 Details to be specified

The relevant specification shall include the following:

- test temperature(s), if different from above.

30.7 Details to be reported

The following details shall be reported:

- a) test temperature(s);
- b) test gauge length
- c) cable construction;
- d) sheath material;
- e) rip-cord material;
- f) number of rip-cords in the cable;
- g) number of samples tested;
- h) measurement results;
- i) cable identification.

31 Method E26: Galloping

31.1 Object

The purpose of this test is to assess the effects of fatigue and strain on the self-supporting cable and on the optical characteristics of the fibres when exposed to typical galloping forces, such as might be experienced once installed.

31.2 Sample

The length of the fibre optic cable test sample shall allow removal of the cable coverings outside of the tensioning points to support access to the optical fibres for optical testing. The test sample shall be terminated at both ends prior to tensioning in a manner such that the optical fibres cannot move axially relative to the cable structure in the length under load. Refer to Figure 33.

The total length of optical fibre under test as a function of the fixed length (L1) shall be a minimum of 100 m. To achieve this length a number of fibres may be spliced together such that the number of concatenated fibres multiplied by the fixed length under test (L1) is at least 100 m. Splices should be made so the optical equipment can be located at the same end, but other arrangements are allowed. At least one fibre from each buffer tube, fibre bundle, or unit shall be measured for the test.

31.3 Apparatus

A basic test arrangement for conducting cable galloping testing is shown in Figure 33. The test sample is secured on each end using suitable assemblies or other fixtures to support the application of the test tensile load in the axial direction to simulate a self-supporting installation. Other assemblies are used to fix the cable in the vertical and horizontal planes, at points near the ends, to isolate the cable length subjected to galloping (fixed length). The points on each end of the test sample where the galloping length is fixed and the tensile load is applied may be combined or separate. In any case, the length exposed to galloping shall fall within a section of the test sample that is tensioned as required below, and shall not affect the application of the tensile load.

A calibrated device, such as a dynamometer, load cell, or load beam, shall be used to monitor cable tension. The tensions required are discussed in 33.4, under "Loading criteria".

The fixed length (L1) shall be at least 35 m with the suspension assembly placed at approximately one-half of the distance between the two dead-end assemblies. The suspension assembly shall be at a height such that the static sag angle of the cable to horizontal does not exceed 5 ° in the direction of the active span (L2).

An electronically controlled shaker shall be used to excite the cable in the vertical plane. The shaker assembly shall be securely fastened to the cable so that it is normal to the cable in the vertical plane, and shall not affect the application of the tensile load along the length under test. The amplitude of a mid-loop (antinode), single loop galloping, shall be monitored. The minimum galloping peak-to-peak amplitude shall be one twenty-fifth of the active span length. The test frequency shall be the single loop resonant frequency.

31.4 Procedure

The cable shall be subjected to a minimum of 100 000 galloping cycles. The test is the single loop resonant frequency for the galloping condition. The minimum peak-to-peak antinode amplitude/ loop length ratio shall be maintained at a ratio of 1/25, as measured in the active span (L2).

The optical test source output shall be split into two signals. One signal shall be connected to an optical power meter and shall act as a reference. The other signal shall be connected to a free end of the test fibre. The returning signal shall be connected to a second optical power meter. All optical connections and splices shall remain intact through the entire test duration.

Loading criteria:

The cable shall be tensioned to a value that will allow the galloping phenomenon in the test rig (one singular half-sine wave; see Figure 33). A suggested value is 5 % of maximum allowable tension (MAT) for OPGW or 50 % of maximum installation tension (MIT) for ADSS. However, the gauge length in the test rig should be taken into account, and a lower value is frequently appropriate.

Optical measurements shall be taken as follows:

- a) Take an initial optical measurement of each signal.

NOTE The difference between the two signals for the initial measurement provides a reference level. The change in this difference during the test will indicate the change in attenuation of the test fibre. The signals may be output on a strip chart recorder for a continuous hardcopy record.

- b) The test sample shall then be loaded per the loading criteria above. Once the galloping have been initiated, the attenuation shall be recorded every 2 000 galloping cycles and the sample physically inspected.
- c) A final optical measurement shall be taken after the completion of the 100 000 galloping test cycles, allowing for at least 2 h stabilization time.

31.5 Requirements

There shall be no visible cracks or openings on the elements of cable.

The maximum measured optical attenuation increase should not exceed the value specified in the detail specification.

31.6 Details to be specified

The detail specification shall include the following:

- a) the rated maximum installation tension;
- b) the maximum cable rated load (MCRL), maximum cable rated load;
- c) allowable attenuation increase during the test.

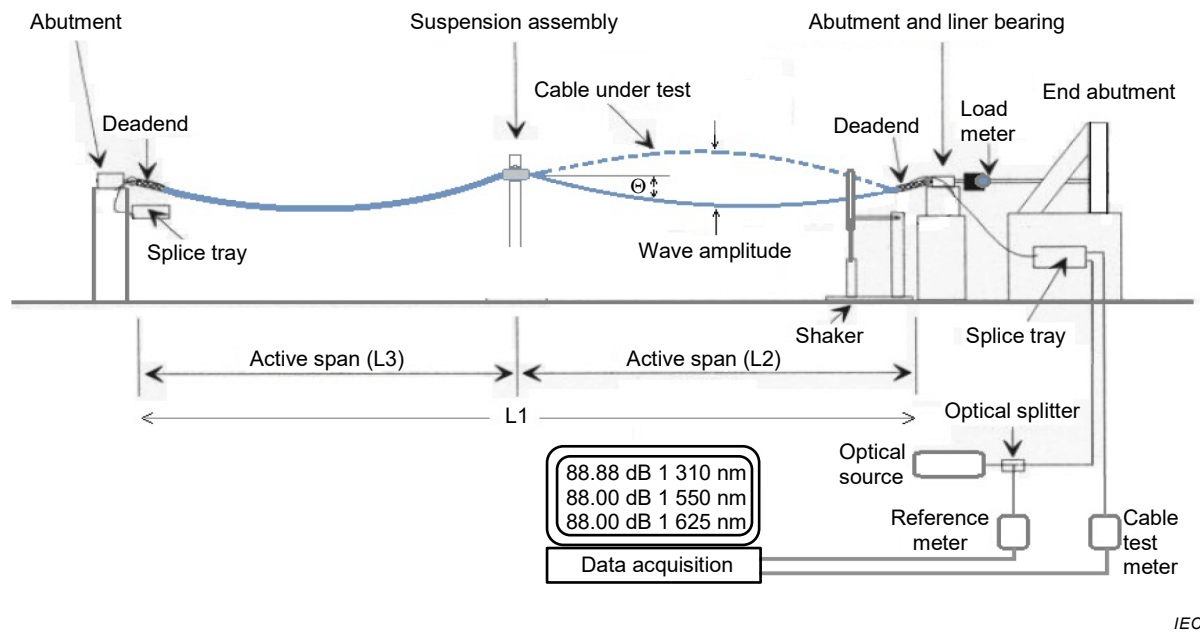


Figure 33 – Cable galloping test

Table 3 – Test values for cable galloping test schematic

Dimension	Description	Value
L1	Fixed length	≥ 30 m
L2	Active span	≥ 15 m ¹
L3	Backspan	≥ 15 m ¹
L4	Loop length	2
Θ	Static sag angle	$\leq 1^\circ$
¹ L2 and L3 are approximately equal. ² Length varies as needed to obtain galloping characteristics specified based on L1 through L3.		

32 Method E27: Indoor simulated installation test

32.1 General

This test is under consideration.

32.2 Object

This test is designed to simulate an installation of an indoor cable containing single-mode or multimode fibres where tight corners, stapling, and cable storage may occur. This test is aggressive, being far more severe than traditional installation practices, and is intended to demonstrate a level of robustness of the cable tested.

NOTE This test is primarily intended to evaluate the performance of cables containing bend-insensitive fibres. Indoor cables containing other fibre types are not assumed to fulfil the requirements associated with this test.

32.3 Sample

Under consideration.

32.4 Apparatus

Under consideration.

32.5 Procedure

Under consideration.

32.6 Requirements

Under consideration.

32.7 Details to be specified

Under consideration.

Under consideration

Figure 34 – Indoor simulated installation test

33 Method E28: Cable and fibre mechanical reliability test

33.1 Object

This test is designed to simulate the stress of simultaneous tension and bending. The corner wrapped cable is subjected to a load higher than the long term residual load to accelerate testing. This test is intended for small fibre-count cables. Simplex and duplex cables are the most common, but other fibre counts—perhaps 4 or 6 fibres, maximum—may be tested.

33.2 Sample

The cable samples shall be of a type as specified by the relevant specification. It shall be of sufficient length to accommodate the apparatus used, including the length under test, the length needed for the attachment method (mandrels, etc.), and any length needed for the optical test method used.

33.3 Apparatus

The test apparatus shall accommodate hanging a cable over a corner in a 90 ° bend configuration. The cable shall be tensioned by hanging a mass on the vertical tail of the sample. The diameter of the corner shall be well controlled and shall not be indented by the force of the tensioned cable. This is accomplished using a metal pin, or equivalent, at the corner. Figure 35 illustrates a typical apparatus.

The attachment method at both the anchored end of the cable and the attachment point for the tensioning mass is critical to the success of the test. The cable and fibres shall be well-coupled. The cable sheath covering shall not stretch or bunch. See Procedure, step a). A figure-8 mandrel is one method that has been demonstrated to accomplish these goals. See Figure 35.

33.4 Procedure

A continuous length of cable will hang vertically around a pin positioned to serve as a corner. A mass will hang on the cable to apply the test force:

- a) The horizontal section of the cable shall be anchored such that no bunching of sheath covering material occurs and such that the fibre(s) are coupled to the balance of the cable. One possible method utilizes multiple wraps around a mandrel. The cable shall be placed on the anchor attachment shall be such that the cable bends over the pin in a 90 degree angle.

- b) The corner pin shall be $3,0 \text{ mm} \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,05 \end{smallmatrix}$ mm in diameter.
- c) A weight equal to 1,5 times the long term rated load shall be attached to the vertical section of cable. Load should be applied gradually to prevent sheath tearing. A figure-8 device or mandrel shall be used to couple fibre and cable components.
- d) The length of test is 30 days.

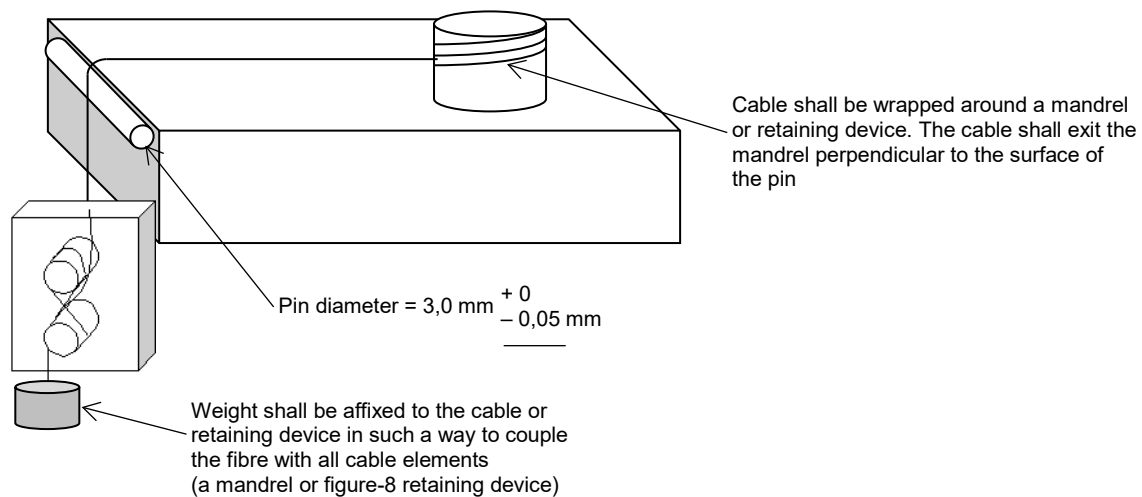
33.5 Requirements

Fibre breakage or the presence of visible cracks on the outer surface of the sheath constitutes a failure.

33.6 Detail to be specified

The detail specification shall include the following:

- type of cable to be tested;
- long term rated load;
- test load if different from above;
- test time if different from above.



IEC

Figure not to scale.

Figure 35 – Mechanical reliability test apparatus

Bibliography

- [1] *Installation of Mini-Cables: factors that influence the installation performance of mini-cables*, SUTEHALL. R. et al, Proceedings of the 59th IWCS Conference.
Available from <http://www.iwcs.org/>
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	87
1 Domaine d'application et objet	89
2 Références normatives	89
3 Méthode E1: Performances en traction	90
3.1 Objet.....	90
3.2 Longueur d'échantillon	90
3.3 Appareillage.....	90
3.4 Procédure	91
3.4.1 Exigences générales	91
3.4.2 Procédure.....	91
3.5 Exigences	92
3.6 Détails à spécifier	92
3.7 Détails à mentionner dans le rapport.....	92
4 Méthode E2: Abrasion	93
4.1 Objet.....	93
4.2 Echantillon	93
4.3 Méthode E2A: Résistance à l'abrasion des gaines de câbles à fibres optiques.....	93
4.3.1 Appareillage	93
4.3.2 Procédure.....	94
4.3.3 Exigences.....	94
4.3.4 Détails à spécifier	94
4.4 Méthode E2B: Résistance à l'abrasion des marquages de câbles à fibres optiques.....	94
4.4.1 Appareillage	94
4.4.2 Procédure.....	95
4.4.3 Exigences.....	95
4.4.4 Détails à spécifier	95
5 Méthode E3: Ecrasement.....	96
5.1 Objet.....	96
5.2 Echantillon	96
5.3 Méthode E3A: Plaque/plaque	96
5.3.1 Appareillage	96
5.3.2 Procédure.....	96
5.4 Méthode E3B: Mandrin/plaque	97
5.4.1 Appareillage	97
5.4.2 Procédure.....	97
5.5 Exigences	97
5.6 Détails à spécifier	97
6 Méthode E4: Chocs	99
6.1 Objet.....	99
6.2 Echantillon	99
6.2.1 Longueur d'échantillon.....	99
6.2.2 Terminaison.....	99
6.3 Appareillage.....	99
6.4 Procédure	99
6.5 Exigences	100

6.6	Détails à spécifier	100
7	Méthode E5A: Stabilité de la force de dénudage des fibres optiques câblées	102
7.1	Objet.....	102
7.2	Echantillon	102
7.2.1	Longueur d'échantillon.....	102
7.2.2	Préparation de l'échantillon	102
7.3	Appareillage.....	102
7.4	Procédure	103
7.5	Exigences	103
7.6	Détails à spécifier	103
8	Méthode E5B: Dénudabilité des rubans de fibres optiques.....	103
8.1	Objet.....	103
8.2	Echantillon	103
8.3	Appareillage.....	103
8.3.1	Généralités	103
8.3.2	Outil de dénudage	103
8.3.3	Moteur et glissière (en cas d'utilisation).....	104
8.3.4	Equipement de positionnement et de maintien	104
8.3.5	Essuyage à l'alcool	104
8.4	Procédure	104
8.5	Exigences	105
8.6	Détails à spécifier	105
9	Méthode E5C: Dénudabilité des fibres optiques sous revêtement protecteur	105
9.1	Objet.....	105
9.2	Echantillon	106
9.3	Appareillage.....	106
9.4	Procédure	106
9.5	Exigences	106
9.6	Détails à spécifier	106
10	Méthode E6: Courbures répétées	106
10.1	Objet.....	106
10.2	Echantillon	107
10.2.1	Longueur d'échantillon.....	107
10.2.2	Terminaison.....	107
10.3	Appareillage.....	107
10.4	Procédure	107
10.5	Exigences	108
10.6	Détails à spécifier	108
11	Méthode E7: Torsion	109
11.1	Objet.....	109
11.2	Echantillon	109
11.3	Appareillage.....	109
11.4	Procédure	109
11.5	Exigences	110
11.6	Détails à spécifier	110
11.7	Détails à mentionner dans le rapport.....	111
12	Méthode E8: Flexions	112
12.1	Objet.....	112

12.2	Echantillon	112
12.3	Appareillage.....	112
12.4	Procédure	112
12.5	Exigences	113
12.6	Détails à spécifier	113
13	Méthode E9: Pincement (supprimé)	114
14	Méthode E10: Pliure	114
14.1	Objet.....	114
14.2	Echantillon	114
14.3	Appareillage.....	114
14.4	Procédure	114
14.5	Exigences	115
14.6	Détails à spécifier	115
15	Méthode E11: Courbures	115
15.1	Objet.....	115
15.2	Echantillon	116
15.3	Appareillage.....	116
15.4	Procédure	116
15.4.1	Procédure 1 – Méthode d'essai E11A (procédure d'essai normalisée).....	116
15.4.2	Procédure 2 – Méthode d'essai E11B (procédure d'essai alternative)	116
15.5	Exigences	116
15.6	Détails à spécifier	117
16	Méthode E12: Résistance à la coupure (supprimé)	118
17	Méthode E13: Dommages causés par les coups de fusil	118
17.1	Objet.....	118
17.2	Généralités	118
17.3	Méthode E13A: Essai aux coups de fusil.....	118
17.3.1	Echantillon.....	118
17.3.2	Appareillage	118
17.3.3	Procédure.....	118
17.3.4	Exigences.....	119
17.3.5	Détails à spécifier	119
17.4	Méthode E13B: Simulation d'un fusil	119
17.4.1	Echantillon.....	119
17.4.2	Appareillage	119
17.4.3	Procédure.....	120
17.4.4	Exigences.....	120
17.4.5	Détails à spécifier	120
17.4.6	Calcul de la masse tombante et de la hauteur	120
18	Méthode E14: Ecoulement (égouttement) des matériaux de remplissage	124
18.1	Objet.....	124
18.2	Echantillon	124
18.3	Appareillage.....	124
18.4	Procédure	125
18.5	Exigences	125
18.6	Détails à spécifier	125
19	Méthode E15: Exsudation et volatilité	126
19.1	Objet.....	126

19.2	Echantillon	126
19.3	Appareillage.....	126
19.4	Procédure	126
19.5	Exigences	127
19.6	Détails à spécifier	127
20	Méthode E16: [Titre inconnu] (supprimé)	127
21	Méthode E17: Raideur	127
21.1	Objet.....	127
21.2	Généralités	128
21.3	Méthode E17A: courbure trois points	128
21.3.1	Echantillon.....	128
21.3.2	Appareillage	128
21.3.3	Procédure.....	128
21.3.4	Exigences.....	129
21.3.5	Détails à spécifier	129
21.4	Méthode E17B: courbure en porte-à-faux.....	129
21.4.1	Echantillon.....	129
21.4.2	Appareillage	129
21.4.3	Procédure.....	130
21.4.4	Exigences.....	130
21.4.5	Détails à spécifier	130
21.5	Méthode E17C: courbure de gauchissement	130
21.5.1	Echantillon.....	130
21.5.2	Appareillage	130
21.5.3	Procédure.....	130
21.5.4	Exigences.....	131
21.5.5	Détails à spécifier	131
22	Méthode E18A: Courbure sous traction.....	132
22.1	Objet.....	132
22.2	Echantillon	132
22.3	Appareillage.....	133
22.4	Procédure	133
22.5	Exigences	134
22.6	Détails à spécifier	134
23	Méthode E18B: Essai des poulies (en premier lieu pour les OPGW et les OPAC).....	136
23.1	Objet.....	136
23.2	Echantillon	136
23.3	Appareillage.....	137
23.4	Procédure	137
23.5	Exigences	138
23.6	Détails à spécifier	138
24	Méthode E19: Vibration éolienne	139
24.1	Objet.....	139
24.2	Echantillon	139
24.3	Appareillage.....	139
24.4	Procédure	140
24.5	Exigences	141
24.6	Détails à spécifier	141

25	Méthode E20: Performance d'enroulement du câble	142
25.1	Objet.....	142
25.2	Echantillon	142
25.3	Appareillage.....	142
25.4	Procédure	142
25.5	Exigences	143
25.6	Détails à spécifier	143
26	Méthode E21: Force d'arrachage de gaine pour un câble à fibres optiques utilisé dans des cordons de brassage	143
26.1	Objet.....	143
26.2	Généralités	143
26.3	Echantillon	143
26.4	Appareillage.....	143
26.4.1	Généralités	143
26.4.2	Appareillage de traction d'essai	143
26.4.3	Matériel d'enregistrement	144
26.4.4	Outils de dénudage.....	144
26.4.5	Traction	144
26.4.6	Ancrage de câble.....	144
26.5	Procédure	144
26.6	Exigences	144
26.7	Détails à spécifier	144
27	Méthode E22: Mouvement de fibres sous revêtement protecteur au sein de câbles à fibres optiques utilisés dans des cordons de brassage.....	146
27.1	Objet.....	146
27.2	Echantillon	146
27.3	Appareillage.....	146
27.4	Procédure	147
27.5	Exigences	147
27.6	Détails à spécifier	147
28	Méthode E23: Essai de vérification du cheminement du microconduit.....	148
28.1	Objet.....	148
28.2	Généralités	148
28.3	Echantillon	148
28.4	Appareillage.....	148
28.5	Procédure	149
28.6	Exigences	149
28.7	Détails à mentionner dans le rapport.....	149
29	Méthode E24: Essai d'installation pour un câblage en microconduits	149
29.1	Objet.....	149
29.2	Généralités	149
29.3	Echantillon	149
29.4	Appareillage.....	149
29.5	Procédure	150
29.6	Exigences	150
29.7	Détails à spécifier	150
29.8	Détails à mentionner dans le rapport.....	151
30	Méthode E25: Essai de fonctionnement du fil de déchirement	152
30.1	Objet.....	152

30.2	Echantillon	152
30.3	Appareillage.....	152
30.4	Procédure	152
30.5	Exigences	153
30.6	Détails à spécifier	153
30.7	Détails à mentionner dans le rapport.....	153
31	Méthode E26: Galop	153
31.1	Objet.....	153
31.2	Echantillon	153
31.3	Appareillage.....	154
31.4	Procédure	154
31.5	Exigences	155
31.6	Détails à spécifier	155
32	Méthode E27: Essai d'installation simulée en intérieur.....	156
32.1	Généralités	156
32.2	Objet.....	156
32.3	Echantillon	156
32.4	Appareillage.....	156
32.5	Procédure	156
32.6	Exigences	156
32.7	Détails à spécifier	156
33	Méthode E28: Essai de fiabilité mécanique de câble et de fibre	157
33.1	Objet.....	157
33.2	Echantillon	157
33.3	Appareillage.....	157
33.4	Procédure	157
33.5	Exigences	157
33.6	Détails à spécifier	157
	Bibliographie.....	159
	Figure 1 – Appareillage de mesure des performances en traction	92
	Figure 2 – Exemple d'appareillage de mesure des performances en traction comprenant des dispositifs de transfert et des tambours de blocage	93
	Figure 3 – Montage d'essai type pour les essais E2A et E2B, méthode 1	95
	Figure 4 – Montage d'essai type pour l'essai E2B, appareillage 2	96
	Figure 5 – Appareillage pour l'essai d'écrasement, méthode E3A, détails de l'option plaque/plaque	98
	Figure 6 – Appareillage pour l'essai d'écrasement, méthode E3B, détails de l'option plaque/mandrin	98
	Figure 7 – Essai de choc	102
	Figure 8 – Essai de courbures répétées pour un ensemble câble/connecteur.....	108
	Figure 9 – Appareillage de torsion de câble	111
	Figure 10 – Appareillage de torsion de câble avec application de tension	111
	Figure 11 – Autre appareillage de torsion de câble avec application de tension	112
	Figure 12 – Appareillage pour l'essai de flexion	114
	Figure 13 – Essai de pliure	115
	Figure 14 – Appareillage d'essai de courbure	117

Figure 15 – Montage d'essai de la méthode E13B.....	122
Figure 16 – Masse tombante avec le support de projectile	123
Figure 17 – Autre masse tombante et autre cheville de support de projectile	123
Figure 18 – Montage d'essai d'exsudation et de volatilité	127
Figure 19 – Méthode E17A – Montage d'essai	131
Figure 20 – Exemple de résultats de force appliquée et déplacement	131
Figure 21 – Méthode E17B – Montage d'essai	132
Figure 22 – Méthode E17C – Montage d'essai	132
Figure 23 – Pliage simple	135
Figure 24 – Pliage en S	136
Figure 25 – Pliage partiel.....	139
Figure 26 – Pliage partiel, plusieurs poulies.....	139
Figure 27 – Essai de vibration éolienne	142
Figure 28 – Schéma du montage d'essai.....	145
Figure 29 – Exemple d'appareillage de traction.....	145
Figure 30 – Préparation de l'échantillon de câble	146
Figure 31 – Montage d'essai pour le mouvement de fibre sous compression.....	148
Figure 32 – Représentation schématique du chemin d'essai, avec la longueur du tronçon L	152
Figure 33 – Essai de galop de câble	155
Figure 34 – Essai d'installation simulée en intérieur.....	156
Figure 35 – Appareillage d'essai de fiabilité mécanique	158
Tableau 1 – Etat des échantillons dénudés	105
Tableau 2 – Longueurs d'essai entre repères.....	110
Tableau 3 – Valeurs d'essai pour le schéma d'essai de galop de câble	156

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

**Partie 1-21: Spécification générique –
Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques –
Méthodes d'essai mécanique**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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. A 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 de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 IEC 60794-1-21 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres optiques, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres et câbles.

Cette première édition de l'IEC 60794-1-21 annule et remplace la partie des essais mécaniques de la deuxième édition de l'IEC 60794-1-2, publiée en 2003. Elle constitue une révision technique.

Il a été décidé de diviser la deuxième édition de l'IEC 60794-1-2 en six nouveaux documents:

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

- IEC 60794-1-20, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-20: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques – Généralités et définitions*
- IEC 60794-1-21, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-21: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques – Méthodes d'essai mécanique*
- IEC 60794-1-22, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-22: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Environmental tests methods (disponible en anglais seulement)*
- IEC 60794-1-23, *Optical fibre cables – Part 1-23: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Cable elements tests methods (disponible en anglais seulement)*
- IEC 60794-1-24, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-24: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Electrical tests methods (disponible en anglais seulement)*

La présente version bilingue (2019-03) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2015-03.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 86A/1638/FDIS et 86A/1655/RVD.

Le rapport de vote 86A/1655/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/IEC, Partie 2.

La présente norme est destinée à être lue conjointement avec l'IEC 60794-1-1.

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

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 l'IEC 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 1-21: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques – Méthodes d'essai mécanique

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de l'IEC 60794 s'applique aux câbles à fibres optiques destinés à être utilisés avec des équipements de télécommunication et des dispositifs utilisant des techniques analogues, ainsi qu'aux câbles constitués de fibres optiques d'une part et de conducteurs électriques d'autre part.

L'objet de la présente norme est de définir les procédures d'essai à utiliser en vue d'établir des exigences uniformes pour les performances d'exigence mécanique.

Dans la présente norme, le terme "câble optique" peut également englober les unités de fibres optiques, les unités de fibres en microconduit, etc.

Les exigences générales et les définitions sont données dans l'IEC 60794-1-20 et un guide de référence complet pour tous les types de méthode d'essai est contenu dans l'IEC 60794-1-2.

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 60227-2, *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V – Partie 2: Méthodes d'essai*

IEC 60793-1-22:2001, *Fibres optiques – Partie 1-22: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Mesure de la longueur*

IEC 60793-1-32:2010, *Fibres optiques – Partie 1-32: Mesures de mesure et procédures d'essai – Dénudabilité du revêtement*

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

IEC 60793-1-46:2001, *Fibres optiques – Partie 1-46: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Contrôle des variations du facteur de transmission optique*

IEC 60794-1-1, *Optical fibres – Part 1-1: Generic specification – General (disponible en anglais seulement)*

IEC 60794-1-2:2013, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Cross reference table for optical cable test procedures (disponible en anglais seulement)*

IEC 60794-1-20:2014, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-20: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques – Généralités et définitions*

IEC 60794-1-22:2012, *Optical fibre cables – Part 1-22: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Environmental test methods (disponible en anglais seulement)*

IEC TR 62691, *Guide to the installation of optical fibre cables (disponible en anglais seulement)*

IEC 61300-2-44, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Procédures fondamentales d'essais et de mesures – Partie 2-44: Essais – Flexion du serre-câble des dispositifs à fibres optiques*

3 Méthode E1: Performances en traction

3.1 Objet

Cette méthode d'essai s'applique aux câbles à fibres optiques soumis à une force de traction particulière afin d'étudier le comportement de l'affaiblissement et/ou l'allongement de la fibre en fonction de la charge pouvant être appliquée sur un câble au cours de l'installation et du fonctionnement. Cette méthode est voulue comme non destructive.

3.2 Longueur d'échantillon

Longueur sous tension de ≥ 50 m sauf indication contraire dans la spécification applicable. Pour les câbles exigeant des dispositifs d'ancrage spéciaux (par exemple des câbles de garde à fibres optiques, des câbles autoportants entièrement diélectriques (ADSS), des câbles blindés à fil épais, etc.), la longueur minimale doit être 25 m.

L'utilisation d'un câble trop court lors de l'essai de traction affecte défavorablement la précision de la mesure. Les longueurs données ci-dessus constituent les longueurs minimales recommandées pour cet essai.

La longueur totale de l'échantillon est plus grande que la longueur sous tension afin de permettre la fixation et le branchement à l'équipement d'essai.

3.3 Appareillage

L'appareillage se compose des éléments suivants:

- a) appareil de mesure de l'affaiblissement visant à en déterminer les variations (voir l'IEC 60793-1-40) et/ou appareil de mesure de l'allongement de la fibre (voir l'IEC 60793-1-22:2001, Méthode C: allongement de la fibre);
- b) appareil de mesure de la force de traction, pouvant recevoir la longueur minimale à l'essai. Des dispositifs de transfert peuvent être utilisés pour mettre à l'essai des échantillons plus longs (voir Figure 2). Les diamètres des poulies au sein du dispositif de transfert ne doivent pas être inférieurs au diamètre de courbure minimal du câble à l'essai; habituellement 1 m de diamètre;
- c) cellule dynamométrique avec un taux d'erreur maximal de ± 3 % de sa plage maximale;
- d) dispositif de serrage pour fixer tous les composants du câble aux extrémités de la longueur à l'essai: il convient de s'assurer que la méthode utilisée pour capturer les composants n'affecte pas les résultats. Un mandrin constitue souvent un dispositif approprié, habituellement avec un diamètre de 1 m, mais qui n'est pas inférieur au diamètre de courbure minimal spécifié pour le câble;
- e) si exigé, les moyens mécaniques ou électriques de mesure de la charge ou de l'allongement du câble doivent être fournis conformément à la spécification particulière.

Des exemples d'appareillages appropriés sont représentés à la Figure 1 et à la Figure 2.

3.4 Procédure

3.4.1 Exigences générales

- a) Sauf indication contraire, les conditions d'essai doivent être conformes aux conditions d'essai élargies telles que définies dans l'IEC 60794-1-20.
- b) Charger le câble sur l'appareillage de traction et le fixer. À chaque extrémité de l'appareillage de traction, une méthode de fixation du câble doit être utilisée, le bloquant uniformément de sorte que le mouvement de tous ses composants, y compris les fibres, soit limité. Pour la plupart des constructions de câble (par exemple les câbles torsadés), un serrage sur les éléments de câble, à l'exception des fibres, est pratique et suffisant pour obtenir les variations d'affaiblissement et/ou à la fois la charge de traction maximale admissible et la marge d'allongement du câble. Cependant, pour certaines constructions de câble (par exemple, tube unique à structure lâche), il peut être nécessaire d'empêcher les fibres de glisser pour obtenir des données de marge d'allongement correctes.

Pour les types de câbles aériens, si la spécification particulière l'exige, la fixation du câble peut être effectuée en utilisant des moyens d'ancrage adaptés au type de câble concerné. Pour certains câbles lourdement armés, un dispositif de serrage comprenant une bride de fixation ou un dispositif d'ancrage similaire peuvent être utilisés.

- c) Relier la fibre à l'essai du câble soumis à l'essai de traction à l'appareillage de mesure. Pour la technique de retard impulsif (temps de vol) de la Méthode C de l'IEC 60793-1-22:2001, il faut veiller à ce que la longueur de référence ne change pas pendant la traction de l'échantillon.
- d) La tension doit être augmentée de manière continue jusqu'à atteindre la(les) valeur(s) exigée(s) dans la spécification particulière.
- e) La variation de l'affaiblissement et/ou l'allongement de la fibre doivent être enregistrés, en fonction de la charge appliquée au câble ou de l'allongement.
- f) Pour les câbles possédant un grand nombre de fibres, un dispositif de mesure multiple d'affaiblissement et/ou d'allongement de fibre peut être utilisé.
- g) Un nombre représentatif de fibres et/ou un nombre de cycles d'essai (en général un) doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fabricant.
- h) Il convient que les valeurs lues à la fin des périodes définies en 3.4.2 soient stables (c'est-à-dire comprises dans l'incertitude de mesure) avant de changer les charges ou de mettre fin à l'essai. Si les valeurs lues fluctuent toujours, il convient de prolonger la période de maintien de la charge jusqu'à ce qu'elles se stabilisent.

3.4.2 Procédure

Mesurer l'affaiblissement optique et/ou déterminer l'allongement de la fibre comme point de référence avant le démarrage de l'essai:

- a) appliquer la charge à court terme au câble;
- b) maintenir cette charge pendant 10 min;
- c) déterminer l'allongement de la fibre, si cela est exigé;
- d) si cela est exigé, appliquer la charge à long terme;
 - maintenir cette charge pendant 10 min;
 - mesurer l'affaiblissement et/ou déterminer l'allongement de la fibre;
- e) retirer la charge;
- f) laisser le câble au repos pendant 5 min;
- g) mesurer l'affaiblissement et/ou déterminer l'allongement de la fibre.

Différentes étapes et différents niveaux de charge peuvent être utilisés après accord entre le client et le fournisseur.

3.5 Exigences

La variation de l'affaiblissement et/ou de l'allongement de la fibre de l'échantillon ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans la spécification appropriée.

3.6 Détails à spécifier

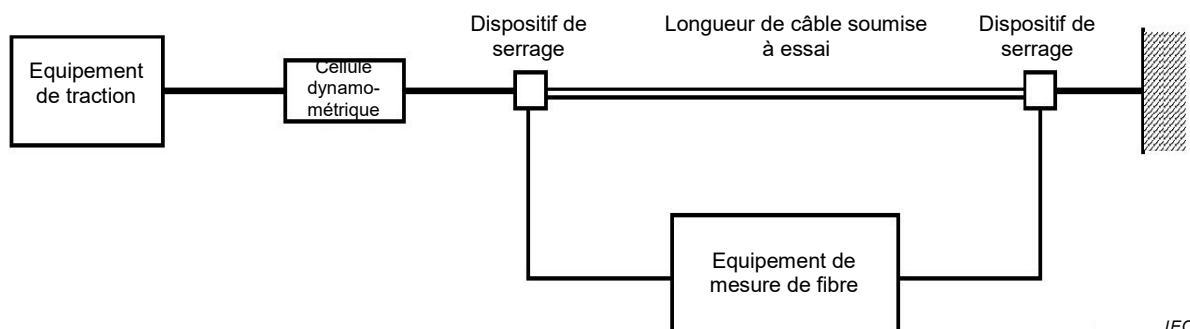
La spécification concernée doit indiquer les éléments suivants:

- longueur sous tension, si différente de cette méthode;
- T_L charge à long terme: charge appliquée, limites à l'allongement de la fibre et/ou variation de l'affaiblissement;
- T_S charge à court terme: charge appliquée, limites à l'allongement de la fibre (si exigé);
- $T_{\text{après l'essai}}$: limites d'allongement de la fibre et/ou de variation de l'affaiblissement.

3.7 Détails à mentionner dans le rapport

Les valeurs pour tous les attributs de 3.6 doivent être consignées dans le rapport, ainsi que les éléments suivants:

- préparation des extrémités;
- vitesse d'augmentation de la traction;
- température, si elle diffère de celle indiquée pour les conditions d'essai normales.



IEC

Figure 1 – Appareillage de mesure des performances en traction

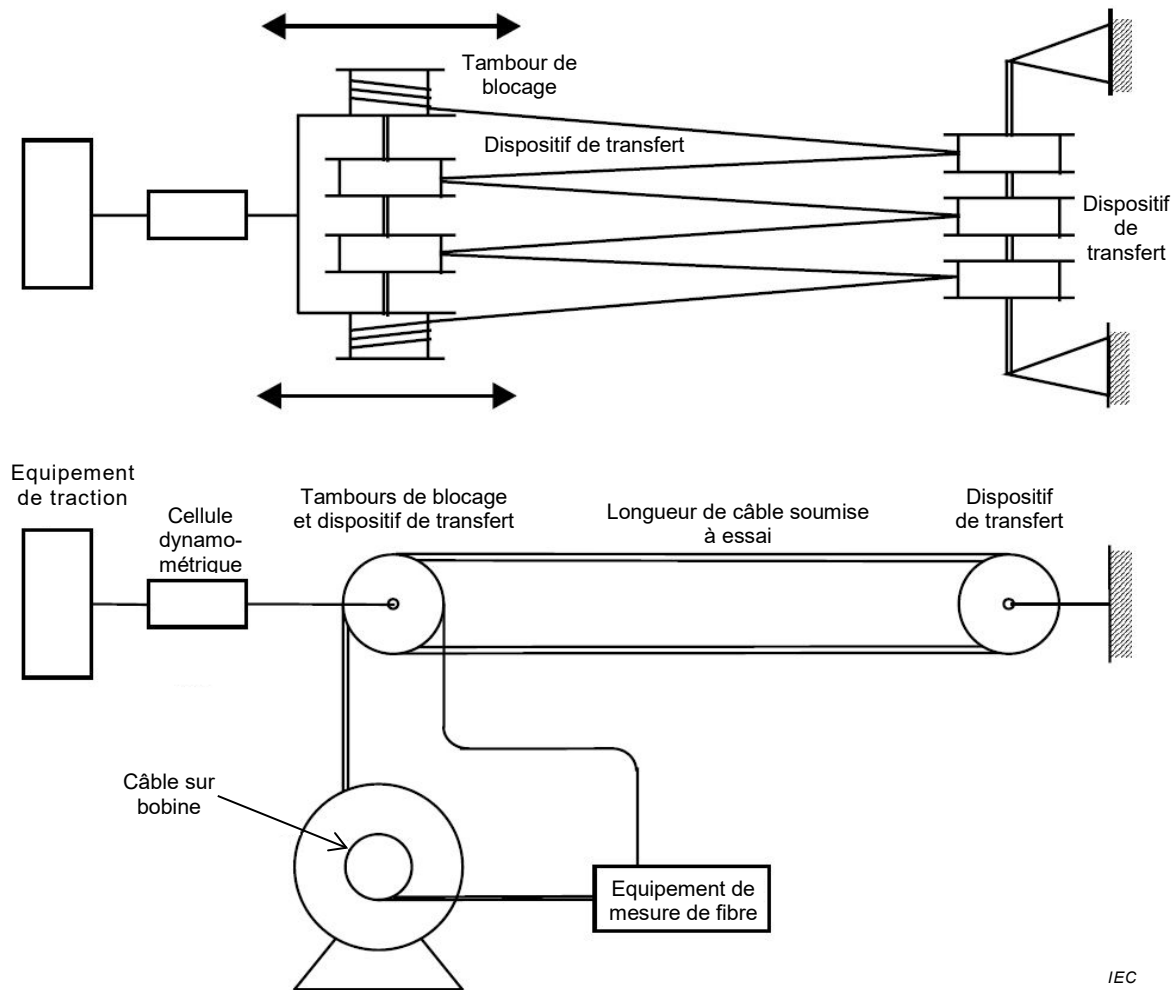


Figure 2 – Exemple d'appareillage de mesure des performances en traction comprenant des dispositifs de transfert et des tambours de blocage

4 Méthode E2: Abrasion

4.1 Objet

La résistance à l'abrasion des câbles à fibres optiques comprend deux aspects:

- la capacité de la gaine à résister à l'abrasion, E2A;
- la capacité des marquages du câble à résister à l'abrasion, E2B.

Le but de cet essai est de déterminer la résistance à l'abrasion d'une gaine de câble à fibres optiques ou des marquages apposés sur une gaine de ce type.

4.2 Échantillon

L'échantillon doit être d'une longueur suffisante pour effectuer l'essai spécifié. La longueur type est de 750 mm.

4.3 Méthode E2A: Résistance à l'abrasion des gaines de câbles à fibres optiques

4.3.1 Appareillage

L'appareillage pour l'essai d'abrasion comprend un dispositif conçu pour abraser la surface du câble dans les deux directions parallèles à l'axe longitudinal du câble sur une longueur de

(40 ± 1) mm à une fréquence de (55 ± 5) cycles/min. Un cycle correspond à un mouvement de l'élément d'abrasion dans chaque direction.

L'élément d'abrasion doit être une aiguille en acier d'un diamètre de 1,0 mm ou indiqué dans la spécification particulière.

Un appareillage type est représenté à la Figure 3.

4.3.2 Procédure

Les étapes suivantes doivent être effectuées:

- a) Sauf indication contraire, les conditions d'essai doivent être conformes aux conditions atmosphériques normales, définies dans l'IEC 60794-1-20.
- b) Fixer fermement l'échantillon de câble au plateau de support au moyen de serre-câbles. Une charge de 4 N doit être appliquée sur l'élément d'abrasion, tout en évitant de heurter le câble. La position initiale doit laisser une longueur suffisante pour le mouvement subséquent de l'échantillon, conformément au point c) ci-dessous.
- c) Quatre essais doivent être effectués sur l'échantillon, ce dernier étant avancé de 100 mm entre deux essais, avec une rotation à un angle de 90°, toujours dans le même sens.

4.3.3 Exigences

Il ne doit pas y avoir de perforation de la gaine après avoir réalisé le nombre de cycles indiqué dans la spécification particulière.

4.3.4 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) nombre de cycles;
- b) force appliquée, si différente de celle spécifiée ci-après; et
- c) diamètre de l'aiguille, si différent de celui spécifié ci-après.

4.4 Méthode E2B: Résistance à l'abrasion des marquages de câbles à fibres optiques

4.4.1 Appareillage

4.4.1.1 Méthode 1

Comme stipulé en E2A.

4.4.1.2 Méthode 2

L'appareillage suit le même objectif que celui spécifié en E2A et en E2B, Méthode 1, l'aiguille étant remplacée par un feutre d'essuyage. Les modifications suivantes sont effectuées sur l'appareillage:

- a) un montage d'essai, pour appliquer une force au feutre de laine. Un exemple type est représenté à la Figure 4;
- b) un feutre de laine, de couleur blanche;

NOTE La plupart des feutres sont constitués d'un mélange de laine et d'autres fibres, généralement de la rayonne. Les mélanges contenant 100 % à 30 % de laine, ou comme spécifié dans la spécification applicable, conviennent pour cette méthode.

- c) des masses pour appliquer une force à l'échantillon;
- d) l'appareillage doit permettre une course de 100 mm à une fréquence de 6 à 12 cycles/min.

4.4.2 Procédure

4.4.2.1 Généralités

Sauf indication contraire, les conditions d'essai doivent être conformes aux conditions atmosphériques normales.

4.4.2.2 Méthode 1

Comme stipulé en E2A, mais les quatre essais doivent être effectués sur le marquage du câble.

4.4.2.3 Méthode 2

Un échantillon de câble comportant des marquages doit être placé entre les deux parties du feutre de laine, ou entre le feutre de laine et une surface de support. Dans les deux cas, le feutre de laine doit frotter la partie imprimée du câble.

Le feutre de laine doit être bien imprégné d'eau.

La force normale (F) de 5 N (ou celle indiquée dans la spécification particulière) doit être appliquée aux marquages sur l'échantillon qui est déplacé d'avant en arrière sur une longueur de 100 mm. Le nombre de cycles doit être indiqué dans la spécification particulière.

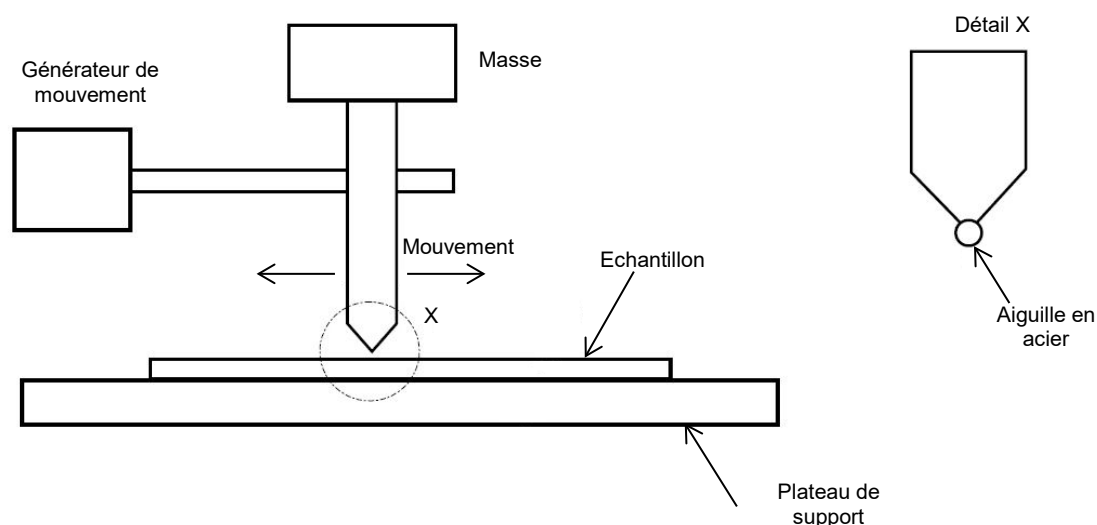
4.4.3 Exigences

Le marquage doit être lisible à l'issue de l'essai, après le nombre de cycles indiqué dans la spécification particulière.

4.4.4 Détails à spécifier

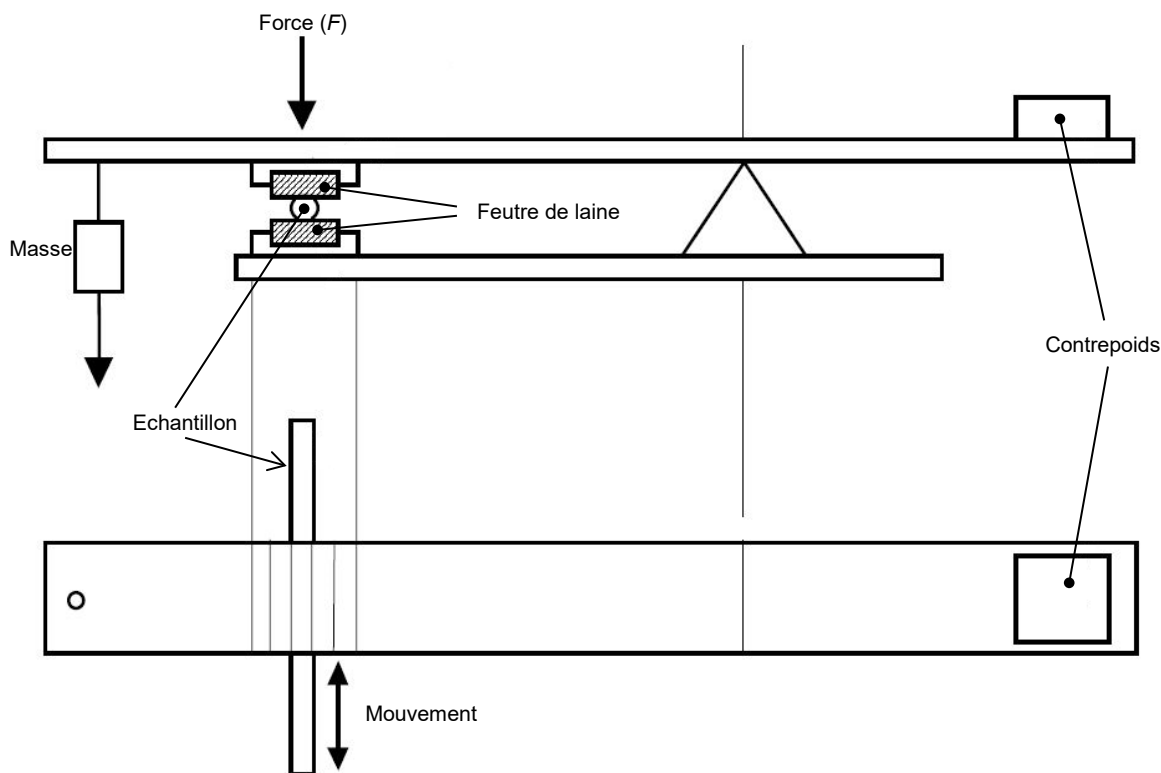
La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- nombre de cycles;
- méthode utilisée;
- force appliquée, si différente de celle spécifiée ci-après.



IEC

Figure 3 – Montage d'essai type pour les essais E2A et E2B, méthode 1



IEC

Figure 4 – Montage d'essai type pour l'essai E2B, appareillage 2

5 Méthode E3: Écrasement

5.1 Objet

Le but de cet essai est de déterminer l'aptitude d'un câble à fibres optiques à résister à l'écrasement par des charges à court terme et à long terme.

NOTE La méthode E3A correspond à la méthode par défaut, la méthode d'écrasement E3, définie dans l'IEC 60794-1-2:2013.

5.2 Échantillon

L'échantillon doit être d'une longueur suffisante pour effectuer l'essai spécifié.

5.3 Méthode E3A: Plaque/plaque

5.3.1 Appareillage

L'appareillage doit permettre d'écraser un échantillon de câble entre une plaque de base plate en acier et une plaque d'acier mobile qui transmet la force d'écrasement d'une manière uniforme sur une longueur de 100 mm de l'échantillon.

Les bords de la plaque mobile doivent être arrondis selon un rayon d'environ 5 mm. Les bords ne sont pas inclus dans les 100 mm de la partie plate de la plaque. La Figure 5 représente un appareillage adéquat.

5.3.2 Procédure

L'échantillon de câble doit être disposé entre les plaques de manière à empêcher tout déplacement latéral, et la force doit être appliquée progressivement, sans variation brutale. Si la force est appliquée par paliers successifs, leur rapport ne doit pas dépasser 1,5:1.

La force doit être stabilisée à la valeur spécifiée pendant la période indiquée. Cette période est habituellement de 1 min (court terme) ou 10 min (long terme) si elle n'est pas indiquée dans la spécification particulière. Une mesure de l'affaiblissement doit être effectuée avant la libération de la force.

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, l'essai doit être effectué trois fois, la force étant appliquée sur l'échantillon, à trois emplacements différents, sans rotation du câble. La distance entre chaque écrasement ne doit pas être inférieure à 500 mm et doit être différente de la longueur du pas du cœur du câble.

Sauf indication contraire, les conditions d'essai doivent être conformes aux conditions atmosphériques normales.

5.4 Méthode E3B: Mandrin/plaque

5.4.1 Appareillage

L'appareillage doit être identique à celui de la méthode E3A, mais un mandrin en acier d'un diamètre de 25 mm (sauf indication contraire dans la spécification particulière) est inséré perpendiculairement à l'échantillon ou remplace la plaque mobile dans la Figure 6.

5.4.2 Procédure

La procédure est identique à celle de la méthode E3A, mais un mandrin en acier d'un diamètre de 25 mm (sauf indication contraire dans la spécification particulière) est inséré perpendiculairement à l'échantillon.

5.5 Exigences

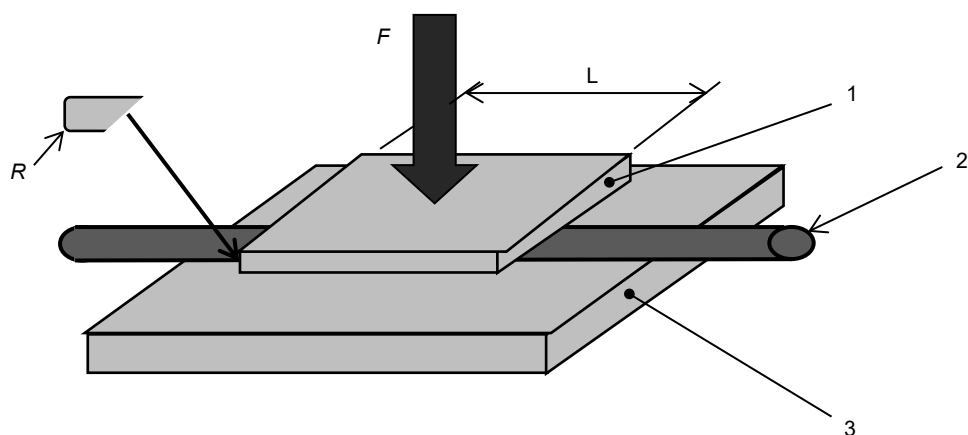
Les critères d'acceptation pour l'essai doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière. Les modes de défaillance types incluent la perte de continuité optique, la dégradation du facteur de transmission optique ou la détérioration physique du câble.

NOTE Les empreintes ou les éraflures sur les éléments de la gaine et du câble ne constituent pas un échec de l'essai.

5.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) force totale appliquée, F ;
- b) durée d'application de la force;
- c) nombre d'essais;
- d) espacement entre les emplacements d'essai;
- e) configuration du mandrin, le cas échéant;
- f) variation maximale admissible du facteur de transmission optique avec une charge à court terme et à long terme, pendant et après l'essai.



IEC

Légende

R rayon du bord de la plaque mobile, 5 mm

F force exercée sur la plaque mobile, telle que définie dans la spécification particulière

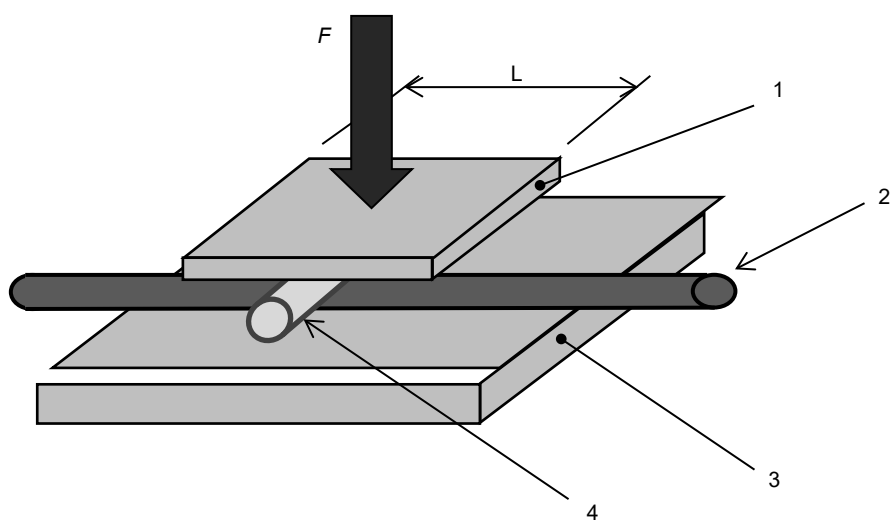
L longueur de la plaque, 100 mm

1 plaque mobile

2 câble soumis à l'essai

3 plaque fixe

Figure 5 – Appareillage pour l'essai d'écrasement, méthode E3A, détails de l'option plaque/plaque



IEC

Légende

F force exercée sur la plaque mobile, telle que définie dans la spécification particulière

L longueur de la plaque, 100 mm

1 plaque mobile

2 câble soumis à l'essai

3 plaque fixe

4 mandrin (cylindre ou demi-cylindre), diamètre de 25 mm

Figure 6 – Appareillage pour l'essai d'écrasement, méthode E3B, détails de l'option plaque/mandrin

6 Méthode E4: Chocs

6.1 Objet

Le but de cet essai est de déterminer l'aptitude d'un câble à fibres optiques à résister aux chocs.

6.2 Échantillon

6.2.1 Longueur d'échantillon

La longueur de l'échantillon doit être suffisante pour effectuer l'essai spécifié. Pour une évaluation des seuls dommages physiques, la longueur peut varier de 1 m (par exemple pour les cordons de connexion de petit diamètre ou les câbles duplex) à 5 m (pour les câbles d'un diamètre plus important). Des tronçons plus longs peuvent être nécessaires pour permettre les mesures optiques.

6.2.2 Terminaison

Chaque extrémité de l'échantillon doit être terminée par un connecteur ou d'une manière telle que les fibres, les gaines et tout élément de traction soient solidaires de façon représentative. Des pinces de fixation peuvent être utilisées sur l'appareillage de l'essai de résistance au choc, ou la longueur de l'échantillon peut être suffisante pour qu'il ne soit pas nécessaire de le retenir.

6.3 Appareillage

L'appareillage doit permettre de soumettre l'échantillon de câble à un impact, lequel échantillon étant fixé sur une base plate solide en acier. Si un impact unique ou quelques impacts seulement sont exigés, un appareillage adéquat, tel que celui représenté à la Figure 7a, est utilisé. Un poids est lâché verticalement sur une pièce d'acier qui transmet l'impact à l'échantillon de câble. Si des impacts répétés sont exigés (c'est-à-dire plus de cinq), un appareillage plus pratique, tel que celui représenté à la Figure 7b et permettant des impacts multiples avec un marteau-pilon, est utilisé. L'appareillage doit être installé de façon à produire un frottement minimal sur le poids/marteau en mouvement.

NOTE Il s'est avéré que le frottement constitue un problème particulier lorsque l'appareillage est utilisé à des températures extrêmes.

Dans les deux cas, un autre appareillage équivalent peut également être utilisé.

La surface de frappe doit être plate ou avoir une surface incurvée avec un rayon de courbure d'au moins 300 mm. Lorsque la surface de frappe est plate, les bords de la face doivent être arrondis pour éviter une radiale de la concentration des contraintes, Figure 7c, détail B. En cas d'utilisation d'une surface de frappe avec un rayon de courbure de 300 mm, la surface peut également être un segment sphérique, comme indiqué à la Figure 7c, détail A, étant donné que pour un rayon de courbure aussi grand, cela fournit une méthode d'essai équivalente à l'utilisation d'un cylindre.

Le rayon au bord sur la surface de frappe plate et sur la surface de frappe ayant un rayon de courbure de 300 mm doivent être d'environ 0,5 mm.

L'appareillage doit comprendre tout équipement d'essai optique nécessaire pour mesurer les variations des performances optiques comme exigé dans la spécification particulière, et spécifié dans la méthode A (Puissance transmise) de l'IEC 60793-1-46:2001.

6.4 Procédure

Sauf indication contraire, les conditions d'essai doivent être conformes aux conditions atmosphériques normales.

La masse du poids ou du marteau-pilon et sa hauteur de chute doivent être ajustées de façon à fournir la valeur d'énergie d'impact indiquée dans la spécification particulière. Le nombre et la vitesse des impacts, ainsi que leur emplacement sur l'échantillon doivent être conformes aux prescriptions de la spécification particulière.

6.5 Exigences

Les critères d'acceptation pour l'essai doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière. Les modes de défaillance types incluent la perte de continuité optique, la dégradation du facteur de transmission optique ou la détérioration physique du câble.

6.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) nombre d'impacts;
- b) énergie d'impact;
- c) température d'essai;
- d) rayon de la surface de frappe, si différente de celle spécifiée ci-après;
- e) fréquence des impacts multiples (le cas échéant);
- f) emplacement des impacts sur l'échantillon;
- g) si la continuité optique ou la variation du facteur de transmission doit être mesurée.

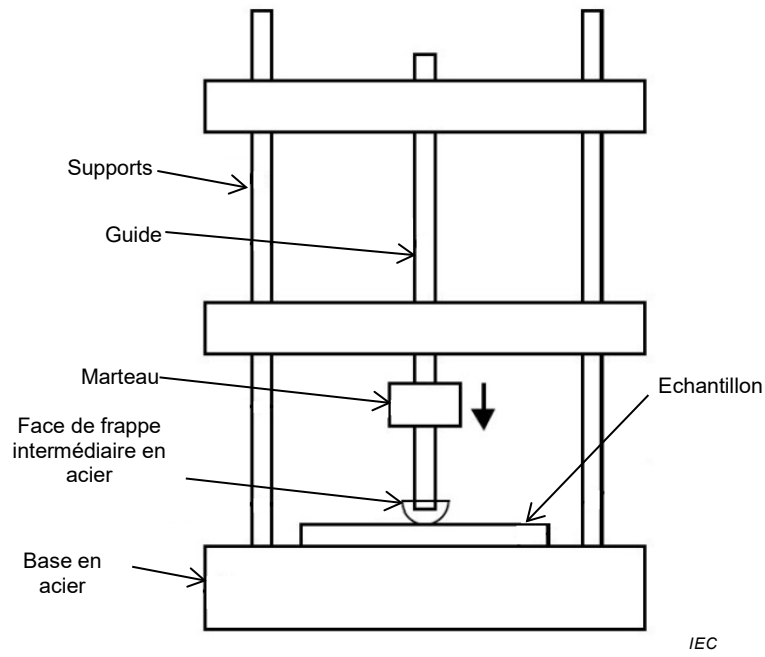


Figure 7a – Essai de choc – Appareillage pour quelques impacts

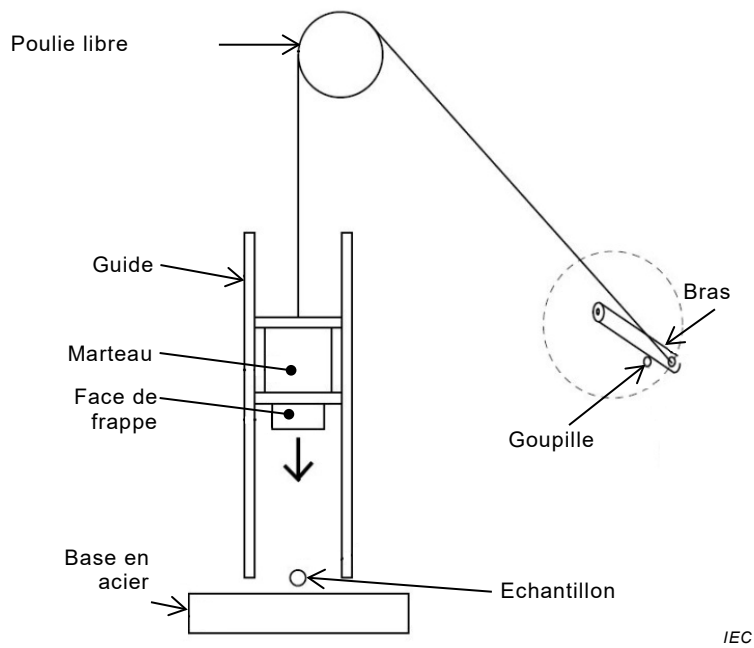


Figure 7b – Essai de choc – Appareillage pour impacts multiples

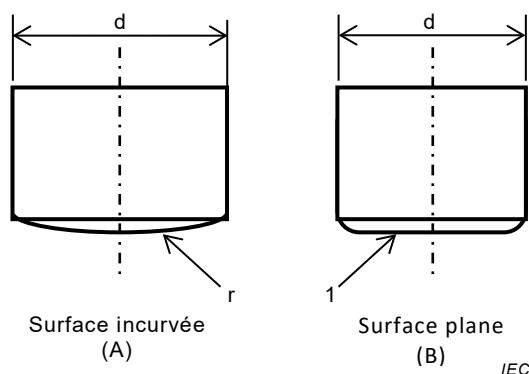


Figure 7c – Essai de choc – Détails de la surface de frappe

Légende

- d diamètre du marteau, 20 mm ± 1 mm
- r rayon de courbure de la surface de frappe, au moins 300 mm
- 1 surface de frappe plate, avec des bords arrondis

Figure 7 – Essai de choc

7 Méthode E5A: Stabilité de la force de dénudage des fibres optiques câblées

7.1 Objet

Cet essai détermine la stabilité de la force de dénudage du revêtement des fibres câblées, en mesurant la variation de la dénudabilité après exposition aux conditions d'environnement spécifiées.

7.2 Échantillon

7.2.1 Longueur d'échantillon

La longueur de l'échantillon de câble ou de fibre doit être suffisante pour effectuer l'essai spécifié.

7.2.2 Préparation de l'échantillon

Le câble sur lequel les fibres doivent être prélevées est préconditionné, comme indiqué dans la spécification particulière, avant le retrait des fibres.

L'essai doit être effectué sur des fibres prélevées sur un échantillon de câble qui est ensuite divisé en deux tronçons (d'un minimum de 2 m). Le premier tronçon est destiné aux essais et le second aux mesures de référence.

Un nombre d'échantillons suffisant doit être fourni pour permettre d'effectuer les essais sur 10 éprouvettes de fibres, conditionnées comme indiqué dans la spécification particulière, et de les comparer aux résultats des essais sur les fibres prélevées sur le tronçon de câble de référence.

Après retrait, tout matériau de remplissage adhérent aux fibres doit être enlevé avec soin (par exemple en essuyant avec un tissu doux).

7.3 Appareillage

L'appareillage comprend un équipement de conditionnement (si nécessaire) et un appareillage pour dénuder les fibres (voir la méthode de dénudabilité de l'IEC 60793-1-32:2010).

7.4 Procédure

La dénudabilité de la fibre optique doit être mesurée sur des échantillons soumis aux conditions environnementales en utilisant la méthode de dénudabilité de l'IEC 60793-1-32, après le temps de récupération et le reconditionnement comme indiqué dans la spécification particulière. La même méthode doit être utilisée pour mesurer la dénudabilité des échantillons de fibres prélevés sur le tronçon de câble de référence, et la variation de la force de dénudage doit être déterminée par comparaison des résultats.

Des échantillons peuvent également être constitués à partir de câbles vieillis conformément à la méthode F9 de l'IEC 60794-1-22:2012.

7.5 Exigences

La variation de la force de dénudage doit satisfaire aux exigences prescrites dans la spécification particulière.

7.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) préconditionnement du câble;
- b) conditionnement de la fibre;
- c) temps de rétablissement et reconditionnement;
- d) variation admissible de la force de dénudage.

8 Méthode E5B: Dénudabilité des rubans de fibres optiques

8.1 Objet

Le but de cet essai est d'évaluer la dénudabilité des rubans de fibres optiques en termes de propreté de la fibre après le retrait du revêtement et la rupture de la fibre due au dénudabilité du ruban.

8.2 Échantillon

L'échantillon d'essai doit être représentatif de la population de rubans soumise à l'évaluation.

Les échantillons peuvent être prélevés séquentiellement sur une longueur de ruban mais les parties d'un ruban déjà sous la prise de l'outil de dénudage doivent être exclues.

La longueur de l'échantillon doit être suffisante pour permettre le retrait de la matrice et des revêtements de fibre sur une distance d'au moins 25 mm avec cinq dénudages au moins et dix au plus par échantillon.

Les exigences relatives au conditionnement environnemental de l'échantillon doivent faire l'objet d'un accord entre client et fournisseur.

8.3 Appareillage

8.3.1 Généralités

Un appareillage de dénudage de ruban et un équipement de conditionnement (le cas échéant).

8.3.2 Outil de dénudage

Les résultats de l'essai varient fortement en fonction de la conception de l'outil de dénudage utilisé et les lignes directrices suivantes le concernant doivent être prises en compte:

- L'outil de dénudage mécanique doit comprendre une surface chauffée fonctionnant à une température comprise entre +70 °C et +140 °C. La surface chauffée, une fois à la température spécifiée, doit la maintenir à ± 5 °C au cours du dénudage. La surface chauffée doit se situer derrière les lames de dénudage et être positionnée pour chauffer la partie du ruban correspondant au revêtement à retirer.

Les temps de chauffage et de tenue de l'outil peuvent être importants et les recommandations de son fabricant doivent être suivies.

Suivre les recommandations du fabricant du ruban pour fixer la température de l'outil:

- L'outil de dénudage ou le dispositif de chargement doivent maintenir une pression constante suffisante pour un dénudage correct. Il faut veiller à ce que l'outil ne commence pas à ouvrir durant le dénudage.
- La taille de l'écart entre les lames doit être connue. Cette dimension et sa tolérance doivent permettre aux lames de traverser la matrice et les revêtements de la fibre sans endommager sa gaine.
- L'état des lames peut grandement affecter la force de dénudage de crête et l'action de dénudage. Les bords des lames doivent être inspectés pour déceler les entailles et les bavures normalement visibles, avant et après utilisation.
- Remplacer les lames lorsqu'elles sont endommagées ou émoussées ou lorsque l'usure est suffisante pour influencer sur les résultats.

8.3.3 Moteur et glissière (en cas d'utilisation)

Le moteur et la glissière doivent permettre un mouvement répété avec de faibles vibrations et une accélération rapide. Ils doivent être en mesure d'imprimer un mouvement constant au ruban d'essai ou à l'outil de dénudage, sans secousses.

Si un outil manuel est utilisé, l'action de dénudage doit suivre ces mêmes critères.

8.3.4 Equipement de positionnement et de maintien

L'échantillon d'essai doit être maintenu fermement en place pour empêcher tout glissement (un cabestan est recommandé). Les fibres du ruban d'essai doivent être alignées (verticalement, horizontalement et rotativement) avec le plan du mouvement de dénudage.

8.3.5 Essuyage à l'alcool

Un tissu non abrasif ou un matériau en papier imbibé d'une solution d'alcool adaptée doivent être utilisés pour essuyer les fibres après le dénudage.

8.4 Procédure

Sauf indication contraire, les conditions d'essai doivent être conformes aux conditions ambiantes contrôlées. La longueur à dénuder doit être ≥ 25 mm et la vitesse de dénudage doit être conforme aux indications de la spécification particulière (entre 100 mm/min et 500 mm/min).

Mettre l'appareillage sous tension et attendre que la température de l'outil se stabilise.

S'assurer que la zone autour des lames de l'outil de dénudage est exempte de débris des utilisations précédentes et que les lames sont propres.

Dénuder le ruban conformément aux recommandations du fabricant concernant le temps de tenue du chauffage avant le dénudage.

Une fois le dénudage terminé, essuyer les fibres dénudées avec de l'alcool et les inspecter visuellement avec un agrandissement d'au moins 2X.

Évaluer la propreté et l'intégrité des fibres après le dénudage comme indiqué au Tableau 1.

Tableau 1 – État des échantillons dénudés

Caractéristiques assignées	État de l'échantillon dénudé
1	Le revêtement et les matériaux matriciels ne laissent aucun résidu après un ou deux nettoyages à l'alcool.
2	Le revêtement et la matrice s'effritent ou se rompent en laissant des résidus lourds lors du dénudage et plusieurs essuyages à l'alcool sont nécessaires pour retirer les résidus présents sur les fibres. Les fibres peuvent être nettoyées sans un deuxième dénudage.
3	Dénudage incomplet, certains morceaux du revêtement de fibre restent intacts. Plusieurs dénudages et essuyages à l'alcool sont nécessaires pour retirer tous les résidus visibles des fibres.
4	Échec du dénudage: <ul style="list-style-type: none"> – une ou plusieurs fibres se rompent; – échec du dénudage à la vitesse exigée.

Effectuer le nombre de dénudages indiqué dans la spécification particulière et calculer les caractéristiques assignées moyennes de propreté pour chaque échantillon, arrondies au nombre entier le plus proche.

8.5 Exigences

Les caractéristiques assignées moyennes de propreté doivent être conformes aux valeurs données dans la spécification particulière.

Aucune fibre n'est rompue.

8.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) type d'appareillage de dénudage;
- b) temps de tenue moyen;
- c) température de l'outil de dénudage;
- d) vitesse du dénudage;
- e) longueur à dénuder;
- f) conditionnement environnemental de l'échantillon;
- g) caractéristiques assignées moyennes de propreté exigées;
- h) nombre de fibres dans le ruban.

9 Méthode E5C: Dénudabilité des fibres optiques sous revêtement protecteur

9.1 Objet

Cet essai détermine la stabilité de la force de dénudage des fibres optiques sous revêtement protecteur.

Les essais visant à évaluer deux types de revêtement protecteur sont inclus: les fibres à revêtement protecteur serré, où le revêtement protecteur est proche du revêtement extérieur de la fibre, et les fibres à revêtement protecteur libre, où le revêtement protecteur est conçu pour être amovible en laissant le revêtement de fibre intact.

9.2 Échantillon

Les échantillons de fibre sous revêtement protecteur soumis à l'essai doivent être conformes aux exigences de la méthode E5A.

9.3 Appareillage

L'appareillage doit être conforme aux exigences de la méthode E5A.

L'appareillage de dénudage de fibre doit avoir un espace suffisant pour recevoir le revêtement protecteur à dénuder.

Dans le cas d'un revêtement protecteur libre, les surfaces de coupe de l'appareillage de dénudage de fibre doivent être conçues de telle sorte que le dénudage ne coupe et n'endommage pas le revêtement de fibre présent sous le revêtement protecteur.

9.4 Procédure

Suivre la procédure de la méthode E5A.

En cas de comparaison entre des échantillons vieillis et non vieillis, effectuer la procédure comme suit, en suivant l'objectif de la méthode E5A:

- Mettre de côté les échantillons de contrôle non vieillis en vue d'un essai ultérieur.
- Vieillir la fibre sous revêtement protecteur dans le câble ou dans un environnement représentatif au sein du laboratoire (en remplissage ou similaire, le cas échéant) comme indiqué dans la spécification particulière. Un vieillissement conforme à la méthode F9 de l'IEC 60794-1-22:2012 convient habituellement.
- Une fois le vieillissement terminé, retirer les échantillons du câble ou autre pour l'essai de dénudage.
- Effectuer le dénudage des échantillons de contrôle et des échantillons vieillis en suivant la méthode E5A.

9.5 Exigences

Les fibres sous revêtement protecteur doivent se conformer aux exigences de dénudabilité ou de stabilité de dénudabilité indiquées dans la spécification particulière.

9.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) préconditionnement du câble, le cas échéant;
- b) conditionnement de la fibre;
- c) temps de reprise et reconditionnement;
- d) variation admissible de la force de dénudage ou de la force de dénudage maximale/minimale.

10 Méthode E6: Courbures répétées

10.1 Objet

Le but de cet essai est de déterminer l'aptitude d'un câble à fibres optiques à résister à des courbures répétées.

L'essai de courbures répétées d'un câble de fibres optiques équipé de connecteurs implique de soumettre à essai la totalité de ses composants, c'est-à-dire de contrôler les capacités du câble

ainsi que celles des connecteurs. Cet essai est défini dans l'IEC 61300-2-44. Se référer à cette norme pour les essais des ensembles pourvus de connecteurs.

10.2 Échantillon

10.2.1 Longueur d'échantillon

La longueur de l'échantillon doit être suffisante pour effectuer l'essai spécifié. Pour une évaluation des seuls dommages physiques, la longueur peut varier de 1 m (par exemple pour les cordons de petit diamètre ou les câbles duplex) à 5 m (pour les câbles d'un plus grand diamètre). Des tronçons plus longs peuvent être nécessaires pour permettre les mesures optiques.

10.2.2 Terminaison

Chaque extrémité de l'échantillon doit être terminée d'une manière telle que les fibres, les gaines et tout élément de traction soient solidaires de façon représentative. Des pinces peuvent être montées sur l'appareillage de courbure, un connecteur peut être utilisé ou l'échantillon peut être d'une longueur telle qu'il ne soit pas nécessaire de le retenir.

10.3 Appareillage

L'appareillage doit permettre d'engendrer une courbure de l'échantillon vers l'arrière et vers l'avant à des angles allant jusqu'à 180°, les deux positions extrêmes formant un angle de 90° sur les deux côtés de la verticale, l'échantillon étant parallèlement soumis à une charge de traction. Si aucune charge de traction n'est spécifiée, une traction manuelle suffisante peut être appliquée pour maintenir l'échantillon en contact avec le mandrin. Pour la mise à l'essai d'un câble, un appareillage adéquat est représenté à la Figure 8. Un autre appareillage équivalent peut être utilisé.

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, le rayon de courbure doit être au plus égal à 20 fois le diamètre du câble ou le rayon minimal du mandrin, la plus grande des deux valeurs étant retenue. Le rayon minimal du mandrin doit être de 75 mm pour les câbles extérieurs, et une longueur de 75 mm ou 25 mm pour les câbles intérieurs doit être convenue entre le client et le fournisseur.

Le bras de courbure doit être équipé de pinces ou de fixations réglables pour permettre de maintenir le câble solidement pendant toute la durée de l'essai, sans écraser les fibres optiques ni induire de perte optique. Un connecteur peut être utilisé pour maintenir le câble sur le bras de courbure mais pour cet essai, il n'est pas considéré comme faisant partie de l'échantillon en essai. Voir l'IEC 61300-2-44 pour un appareillage approprié.

L'appareillage doit pouvoir effectuer des cycles. Déplacer l'échantillon de la position verticale à la position droite extrême, puis osciller vers la position à l'extrême gauche et retourner à la position verticale d'origine est considéré comme un cycle. Sauf indication contraire dans la spécification particulière, la vitesse de courbure doit être d'environ un cycle en 2 s à 5 s.

L'appareillage doit comprendre tout équipement d'essai optique nécessaire pour mesurer les variations des performances optiques comme exigé dans la spécification particulière et spécifié dans la méthode A (puissance transmise) de l'IEC 60793-1-46:2001.

10.4 Procédure

Sauf indication contraire, les conditions d'essai doivent être conformes aux conditions atmosphériques normales.

La procédure peut être définie comme suit:

- a) préconditionner l'échantillon dans des conditions atmosphériques normales pendant 24 h;

- b) fixer l'échantillon sur l'appareillage, comme représenté à la Figure 8;
- c) appliquer la charge, comme exigé par la spécification particulière;
- d) mesurer les paramètres des critères d'acceptation pour établir les valeurs de base;
- e) effectuer le nombre exigé de cycles de courbures répétées;
- f) effectuer les mesures des paramètres des critères d'acceptation. Si nécessaire, il est permis d'enlever l'échantillon de l'appareillage pour un examen visuel.

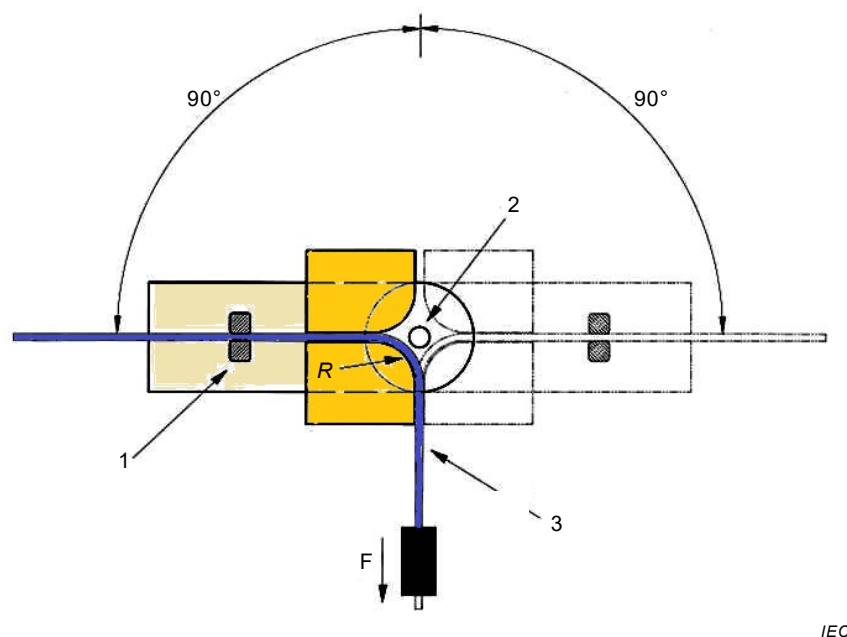
10.5 Exigences

Les critères d'acceptation pour l'essai doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière. Les modes de défaillance types incluent la perte de continuité optique, la dégradation du facteur de transmission optique ou la détérioration physique du câble.

10.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) nombre de cycles;
- b) masse de la charge de traction, le cas échéant;
- c) rayon de courbure R , si différent de celui déjà spécifié;
- d) température spécifique, si différente des conditions atmosphériques normales;
- e) variation maximale admissible du facteur de transmission optique, pendant et après l'essai, si elle est exigée.



IEC

Légende

- 1 pince
- 2 axe d'oscillation
- 3 échantillon
- R rayon de courbure
- F charge, si exigée

Figure 8 – Essai de courbures répétées pour un ensemble câble/connecteur

11 Méthode E7: Torsion

11.1 Objet

Cette méthode d'essai est destinée à établir l'aptitude d'un câble à fibres optiques à résister à un torsadage mécanique. Un premier but de cette procédure est de mesurer toute variation du facteur de transmission d'une fibre lorsque le câble est soumis à des forces de torsion externes à sa gaine. Un second but est d'évaluer la possibilité de dommages physiques pouvant résulter de telles contraintes.

11.2 Échantillon

L'éprouvette doit être un échantillon de câble à fibres optiques d'une longueur totale suffisante pour permettre un serrage et une torsion appropriés, et assez long pour permettre des mesures de facteur de transmission optique comme exigé dans la spécification particulière.

11.3 Appareillage

L'appareillage de torsion comprend essentiellement deux dispositifs de saisie de câble ou pinces, l'un fixe et l'autre pouvant tourner, montés sur un support approprié, la distance entre eux pouvant être changée. La pince tournante est reliée à un équipement rotatif approprié (par exemple un levier de torsion). Les supports de pince, les dispositifs de saisie et l'équipement de torsion utilisés doivent permettre d'accéder aux deux extrémités de l'éprouvette de câble pour les essais optiques qui peuvent être exigés. Un appareillage approprié est représenté aux Figure 9, Figure 10 et Figure 11.

Les dispositifs de saisie du câble doivent être tels que:

- ils puissent exercer un serrage suffisant autour du câble pour empêcher tout mouvement dans la fixation,
- les pinces maintiennent fermement le câble en ligne droite,
- les pinces n'induisent pas de dommages de torsion localisés sur le câble, causés par le bord intérieur de la pince, ou d'une concentration de pression localisée induite sur le câble,
- le procédé de serrage n'entraîne pas une augmentation de l'affaiblissement importante ou mesurable avec précision (tout au plus une augmentation négligeable) dans l'échantillon.

Si la spécification particulière l'exige et/ou pour réduire la courbure de l'échantillon par rapport à la configuration droite, utiliser des poids ou un mécanisme de charge approprié pour appliquer une charge de traction au dispositif de saisie du câble (voir les Figure 10 et Figure 11). Dans tous les cas, une extrémité des dispositifs de saisie doit être libre de se déplacer de façon longitudinale pour répondre à un raccourcissement du câble.

L'appareillage doit comprendre un équipement de transmission optique pour mesurer la variation du flux optique de sortie comme exigé dans la spécification particulière et spécifié dans la méthode A (puissance transmise) de l'IEC 60793-1-46:2001.

11.4 Procédure

Installer l'échantillon dans l'appareillage d'essai de manière que la longueur en essai L (voir Figure 9, Figure 10, Figure 11) soit conforme aux exigences du Tableau 2 ou de la spécification particulière.

Tableau 2 – Longueurs d'essai entre repères

Type de câble		Longueur maximale entre repères	
1	Câble extérieur	2	2 m
3	Câble intérieur	4	1 m
5	Câble intérieur	6	0,3 m ou 125 d (la plus grande des deux valeurs) (d = diamètre du câble en mm)

Veiller à ce qu'aucune contrainte initiale ne soit appliquée à l'échantillon. A l'exception des opérations de torsion nécessaires, veiller à ne pas déplacer ni perturber les extrémités de l'échantillon pendant tout l'essai. Les câbles intrinsèquement résistants à la torsion peuvent nécessiter une longueur entre repères plus grande, à convenir entre le client et le fournisseur.

Réduire autant que possible le fléchissement (Figure 9 ou Figure 10) ou toute déviation verticale par rapport à une droite (Figure 11).

Si une variation des performances optiques est exigée dans la spécification particulière, mesurer l'échantillon hors contrainte. Comparer les résultats à ceux obtenus après serrage pour s'assurer que le serrage n'a pas entraîné une dégradation significative des performances du câble.

Si la spécification particulière ne l'interdit pas, il est permis de réduire le fléchissement ou la courbure de l'échantillon en soutenant le tronçon en essai ou en appliquant une tension à l'échantillon de câble. Si nécessaire, appliquer la tension comme indiqué dans la spécification particulière pour maintenir l'échantillon droit.

Si la spécification particulière exige la détermination des variations du facteur de transmission optique, mesurer la puissance de sortie optique pour l'échantillon après le serrage et l'application de la charge de traction, le cas échéant.

Tourner la pince mobile du câble comme suit:

- a) 180° dans le sens des aiguilles d'une montre;
- b) retour à la position de départ;
- c) 180° dans le sens contraire des aiguilles d'une montre;
- d) retour à la position de départ.

Ce mouvement en quatre étapes constitue un cycle. Exécuter chaque cycle en 1 min maximum, pour un total de 10 cycles.

Réaliser les mesures des paramètres des critères d'acceptation. Laisser l'échantillon au repos pendant une période d'au moins 5 min. Si nécessaire, l'échantillon peut être retiré de l'appareillage pour un examen visuel.

11.5 Exigences

Les critères d'acceptation pour l'échantillon soumis aux essais doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière. Les modes de défaillance typiques incluent la perte de continuité optique, l'augmentation de l'affaiblissement de la fibre et des dommages physiques affectant la gaine du câble ou les composants du cœur.

11.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) longueur en essai, L , si différente de celle spécifiée ci-après;
- b) toute tension à appliquer, le cas échéant;
- c) nombre de cycles, si différent de celui spécifié ci-après;
- d) nombre de fibres à contrôler pour le facteur de transmission optique;
- e) variation maximale admissible du facteur de transmission optique, si elle est exigée;
- f) angle de rotation, si différent de celui spécifié ci-après;
- g) température de l'échantillon, si différente de celle spécifiée ci-après.

11.7 Détails à mentionner dans le rapport

Les informations suivantes doivent être consignées dans le rapport:

- a) nombre de cycles;
- b) durée du cycle.

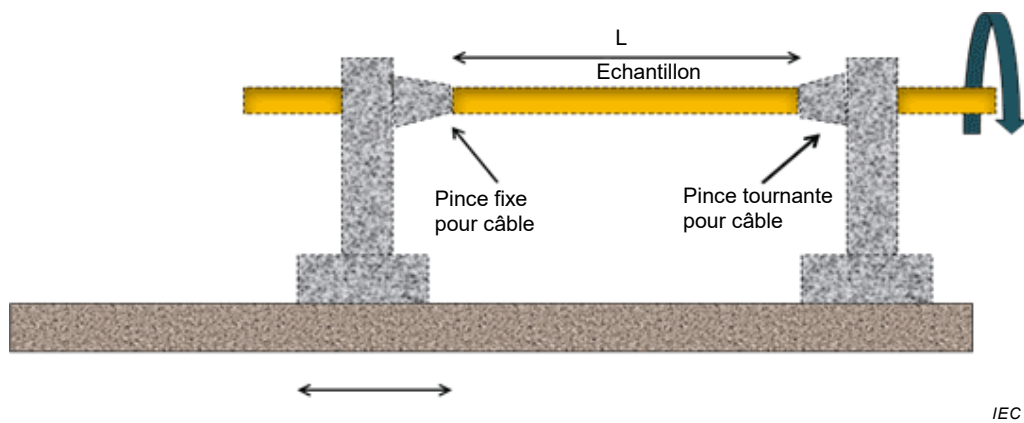


Figure 9 – Appareillage de torsion de câble

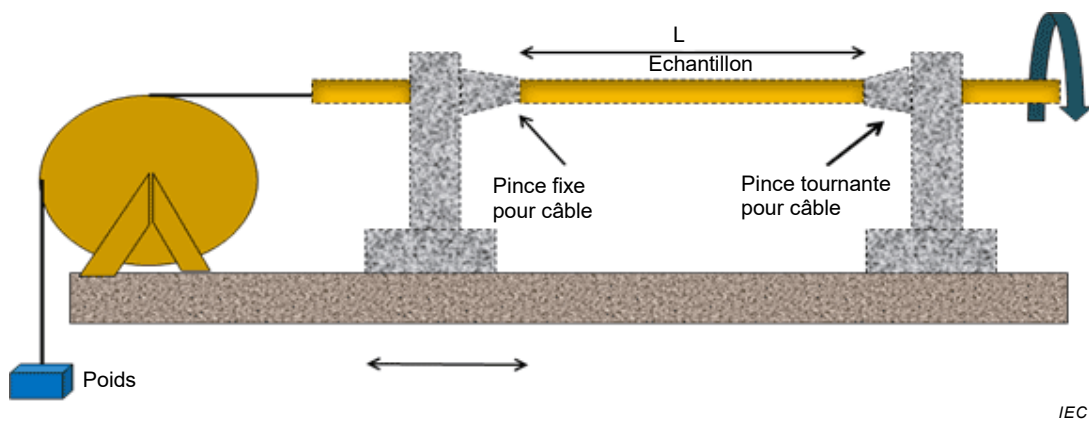
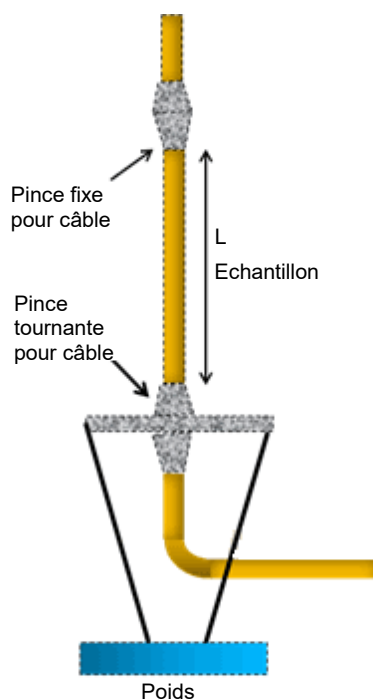


Figure 10 – Appareillage de torsion de câble avec application de tension



IEC

Figure 11 – Autre appareillage de torsion de câble avec application de tension

12 Méthode E8: Flexions

12.1 Objet

Le but de cet essai est de déterminer l'aptitude d'un câble à fibres optiques à résister aux flexions répétées en service. Il s'agit d'un essai spécial destiné à des types de câbles spécifiques, comme les câbles d'ascenseur ou similaire.

NOTE Voir les essais concernés, la méthode E18A, courbure sous traction, et la méthode E18B, essai des poulies. Voir également la méthode E6 de l'essai des courbures répétées.

12.2 Échantillon

L'échantillon doit être terminé d'une manière telle que les fibres, les gaines et tout élément de traction soient solidaires de façon représentative. La longueur de l'échantillon doit être suffisante pour effectuer l'essai spécifié.

12.3 Appareillage

L'essai est effectué en utilisant l'appareillage représenté à la Figure 12. Toute autre installation doit être indiquée dans la spécification particulière.

Les poulies doivent comporter une gorge de forme semi-circulaire pour les câbles ronds et une gorge plate pour les câbles méplats. Les colliers de butée D doivent être fixés de façon telle que la traction soit toujours exercée par celui des deux poids dont le chariot s'éloigne. Il est permis d'utiliser d'autres appareillages équivalents, par exemple ceux représentés dans l'IEC 60227-2.

12.4 Procédure

Sauf indication contraire, les conditions d'essai doivent être conformes aux conditions atmosphériques normales.

L'échantillon doit passer sur les poulies, chaque extrémité étant chargée d'un poids. La masse de ces poids et les diamètres des poulies A et B (ou autre) doivent être comme exigé dans la spécification particulière.

L'échantillon doit être soumis au nombre de flexions exigé dans la spécification particulière. Un cycle est défini comme étant le mouvement du chariot de sa position de départ jusqu'à une extrémité du parcours, suivi d'un mouvement dans la direction opposée jusqu'à l'autre extrémité et ensuite retour à la position de départ. Veiller à ce que la longueur du câble soit placée sur les roues.

La vitesse de déplacement du chariot ou la durée totale du parcours doivent être indiquées dans la spécification particulière.

L'accélération et la décélération du chariot doivent être limitées pour éviter des charges d'inertie supplémentaires.

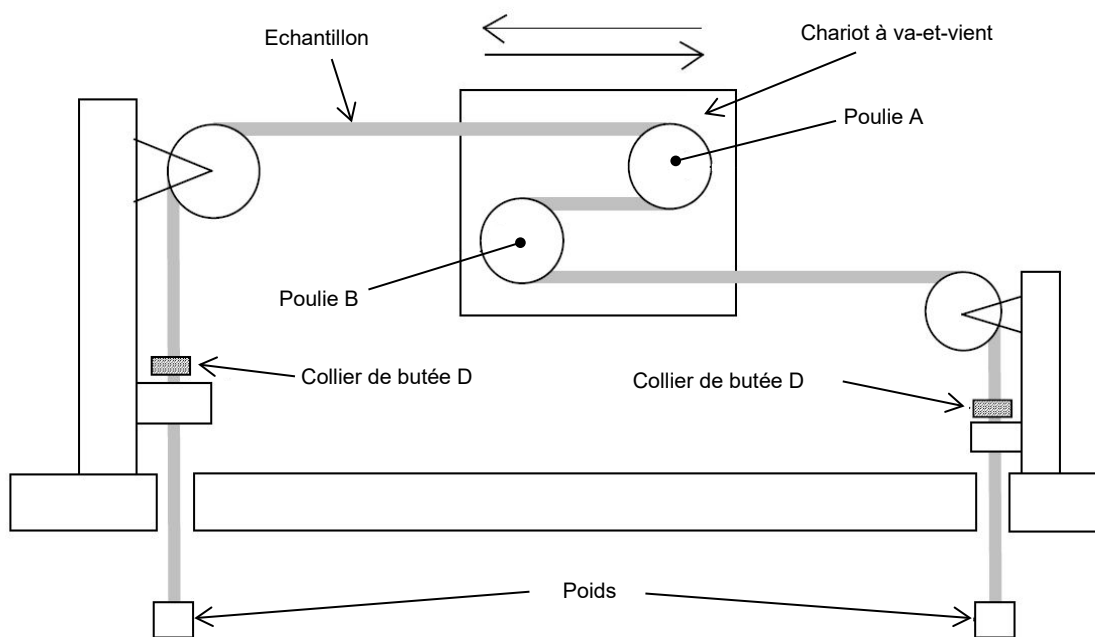
12.5 Exigences

Les critères d'acceptation pour l'essai doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière. Les modes de défaillance types incluent la perte de continuité optique, la dégradation du facteur de transmission optique ou la détérioration physique du câble.

12.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) diamètre des poulies A et B et des poulies d'orientation;
- b) masse des poids;
- c) nombre de cycles;
- d) vitesse du chariot ou durée totale du parcours;
- e) accélération et décélération du chariot;
- f) longueur du parcours du chariot;
- g) distance minimale entre les poulies A et B et la poulie fixe la plus proche;
- h) variation maximale admissible du facteur de transmission optique, pendant et après l'essai, si elle est exigée.



IEC

Figure 12 – Appareillage pour l'essai de flexion

13 Méthode E9: Pincement (supprimé)

NOTE Cet essai, maintenant supprimé, avait pour but d'évaluer les effets d'une charge soudaine appliquée à une petite partie d'un câble suspendu. Concrètement, un crochet avec un poids tombait de sorte que le crochet s'engageait sur un câble suspendu d'une façon à déterminer. L'objectif original de cet essai, les détails de l'appareillage et de la procédure, ainsi que la raison de son retrait ne sont pas clairs.

14 Méthode E10: Pliure

14.1 Objet

Le but de cet essai est de déterminer le diamètre minimal de la boucle au déclenchement d'une pliure d'un câble à fibres optiques.

NOTE Une mise à l'essai a indiqué que les résultats de cet essai de câble ont une reproductibilité limitée. Il convient de l'utiliser avec prudence et que toute exigence minimale de pliure soit modérée.

14.2 Échantillon

La longueur de l'échantillon doit être suffisante pour effectuer l'essai spécifié.

14.3 Appareillage

Aucun appareillage particulier n'est exigé. Il est utile de maintenir le câble de façon lâche au point d'intersection de la boucle.

14.4 Procédure

Sauf indication contraire, les conditions d'essai doivent être conformes aux conditions atmosphériques normales.

Une boucle doit être formée (voir (1) de la Figure 12). Le diamètre de la boucle doit être réduit au début de la pliure en tirant lentement sur les deux extrémités (voir (2) de la Figure 13). Les forces appliquées au bas de la boucle doivent être dans le même plan.

Lorsque la pliure commence, arrêter la traction.

Mesurer la longueur du câble dans la boucle, C, démarrage et fin au point de croisement. Calculer le "diamètre" équivalent de la boucle en appliquant la formule:

$$d = C/\pi \quad (1)$$

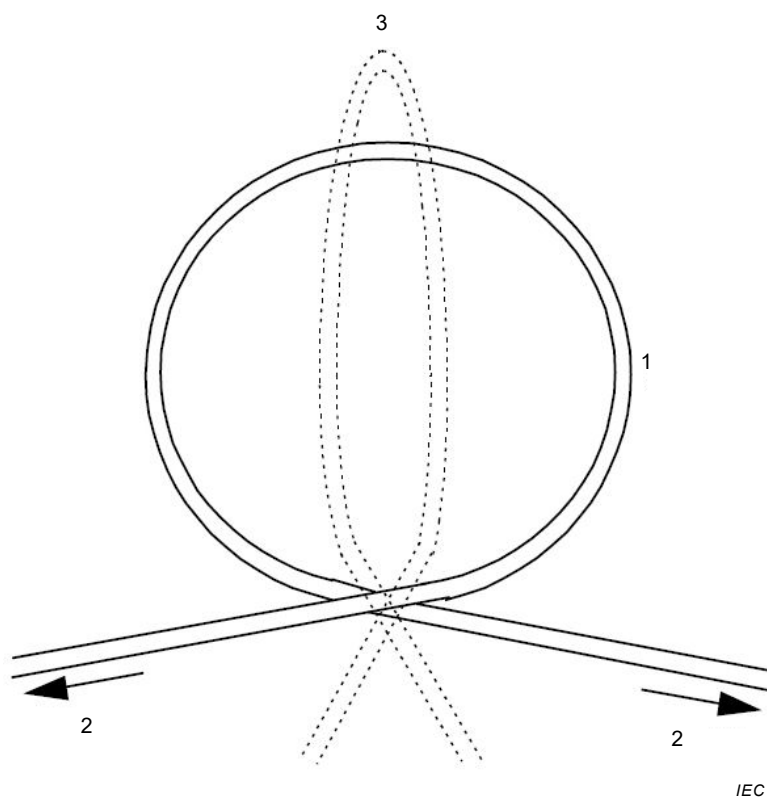
14.5 Exigences

Aucune pliure, telle que représentée en (3) de la Figure 12, ne doit se produire à des diamètres supérieurs au minimum spécifié.

14.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- diamètre minimal de la boucle auquel aucune pliure ne doit se produire;
- température;
- nombre d'échantillons à évaluer.



Légende

- boucle initiale
- direction de la traction
- configuration pliée

Figure 13 – Essai de pliure

15 Méthode E11: Courbures

15.1 Objet

Le but de cet essai est de déterminer l'aptitude d'un câble à fibres optiques ou d'un élément de câble à résister aux courbures autour d'un mandrin d'essai.

NOTE Cet essai peut être utilisé à n'importe quelle température indiquée, y compris les limites de température inférieure ou supérieure pour le câble.

15.2 Échantillon

Chaque extrémité de l'échantillon doit être terminée d'une manière telle que les fibres, la ou les gaines et tout élément de traction soient solidaires de façon représentative, ou l'échantillon peut être suffisamment long pour qu'aucune contrainte ne soit nécessaire.

15.3 Appareillage

Un appareil à mandrin unique doit permettre d'enrouler tangentiellement l'échantillon en spires jointives autour du mandrin d'essai. Voir Figure 14.

15.4 Procédure

Comme indiqué dans la spécification particulière, l'une des deux procédures suivantes doit être utilisée.

15.4.1 Procédure 1 – Méthode d'essai E11A (procédure d'essai normalisée)

L'échantillon doit être enroulé en spires jointives autour du mandrin à une vitesse uniforme. Une tension suffisante doit être appliquée pour s'assurer que l'échantillon épouse la forme du mandrin. L'échantillon doit ensuite être déroulé.

Le but de la méthode d'essai E11A est de spécifier l'essai en utilisant l'appareillage dans la Figure 14a1, c'est-à-dire le nombre total de tours par spire. N'importe lequel des appareillages peut être utilisé pour une mise à l'essai selon la méthode d'essai E11A.

L'utilisation de l'appareillage de la Figure 14a2 applique deux spires et, par conséquent, le double de tours de celui de l'appareillage de la Figure 14a1.

Par conséquent, si l'appareillage représenté à la Figure 14a2 est utilisé, il convient que le nombre de tours du mandrin ou sur le mandrin [15.6 d)] soit égal à la moitié du nombre spécifié pour obtenir le nombre correct de tours dans les spires combinées.

Lorsque l'appareillage représenté à la Figure 14a1 est utilisé, le câble mêlé dans la spire doit être appliqué sans torsion.

Un cycle comprend un enroulement et un déroulement.

Le diamètre du mandrin d'essai, le nombre de tours par spire et le nombre de cycles doivent figurer dans la spécification particulière.

Cet essai doit être réalisé à la température spécifiée.

15.4.2 Procédure 2 – Méthode d'essai E11B (procédure d'essai alternative)

L'échantillon doit être courbé autour d'un mandrin sur 180° et maintenu tendu pendant l'opération. Un cycle comprend une courbe en U, suivie d'une courbe en U inversée, puis d'un retour à la position droite. Le diamètre du mandrin d'essai et le nombre de cycles doivent figurer dans la spécification particulière.

Cet essai doit être réalisé à la température spécifiée.

15.5 Exigences

Les critères d'acceptation pour l'essai doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière. Les modes de défaillance types incluent la perte de continuité optique, la dégradation du facteur de transmission optique ou la détérioration physique du câble.

15.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- procédure à utiliser (procédure 1 ou 2);
- diamètre du mandrin d'essai (ou rapport du diamètre du mandrin sur le diamètre du câble);
- nombre de cycles;
- nombre de tours (pour la procédure 1);
- augmentation maximale admissible de l'affaiblissement:
 - pendant l'essai (s'il y a lieu),
 - après l'essai (s'il y a lieu);
- température d'essai, par exemple, ambiante, basse et/ou élevée, selon les cas.

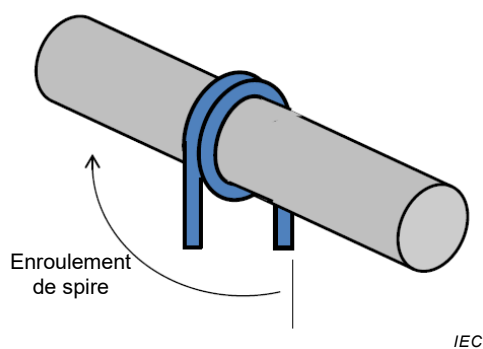


Figure 14a1 – Configuration à spire simple

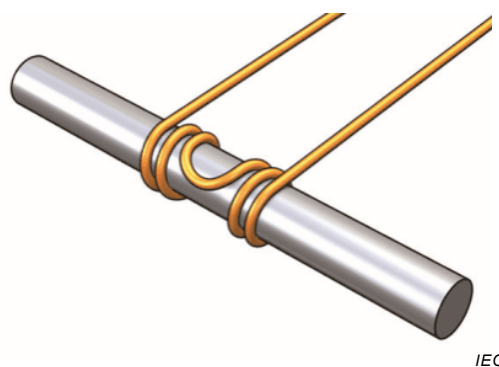


Figure 14a2 – Configuration à deux spires

Figure 14a – Appareillage de la méthode E11A

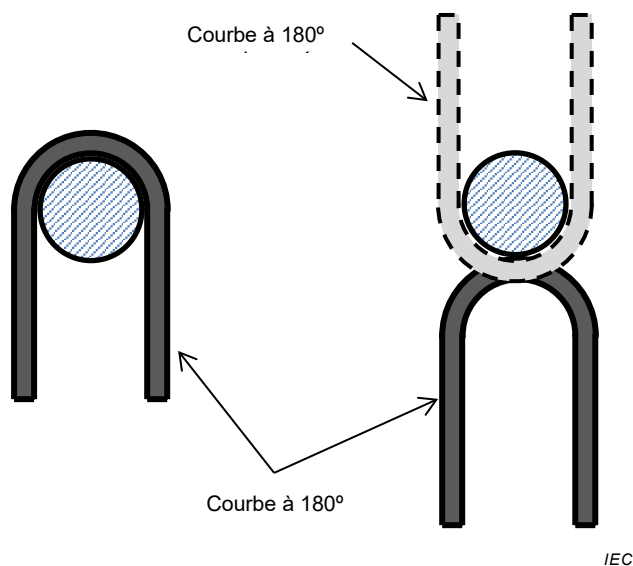


Figure 14b – Appareillage de la méthode E11B

Figure 14 – Appareillage d'essai de courbure

16 Méthode E12: Résistance à la coupure (supprimé)

17 Méthode E13: Dommages causés par les coups de fusil

17.1 Objet

Le but de cet essai est de déterminer la capacité des câbles à fibres optiques aériens à supporter les dommages causés par un coup de fusil de chasse.

NOTE En raison du nombre de variantes possibles (voir 19.3.2 a) et c)), cet essai est considéré comme un essai spécialisé pour des applications très spécifiques. La plupart des câbles ne sont pas soumis à cet essai.

17.2 Généralités

Deux méthodes d'essai sont décrites. Ces méthodes sont:

- a) la méthode E13A, dans laquelle un coup de fusil est tiré sur un échantillon de câble monté dans un cadre;
- b) la méthode E13B, qui simule l'impact d'un grain de plomb: un seul plomb est percuté sur un échantillon d'essai avec une force équivalente à celle d'un plomb tiré d'un fusil à une distance donnée pouvant aller jusqu'à 40 m.

17.3 Méthode E13A: Essai aux coups de fusil

17.3.1 Echantillon

Une longueur de câble optique (typiquement de 3 m) est utilisée.

17.3.2 Appareillage

L'appareillage se compose des éléments suivants:

- a) un fusil de chasse, comme indiqué dans la spécification particulière,

NOTE 1 Le type de fusil est appelé à varier d'un pays à l'autre.

- b) un cadre pour maintenir l'échantillon de câble. Il est important que l'échantillon puisse bouger librement et il convient que le montage d'essai prenne aussi en compte le fait que le coup de fusil puisse, en fonction de l'arme utilisée, donner un tir dispersé de manière elliptique,

- c) des plombs:

- 1) comme indiqué dans la spécification particulière.

Le numéro du plomb est appelé à varier d'un pays à l'autre et il convient qu'il matérialise le risque particulier auquel l'installation est exposée. Il est recommandé d'enregistrer le diamètre du plomb.

- 2) le type de plomb doit être indiqué dans la spécification particulière.

D'ordinaire, selon les pays, du plomb, de l'acier ou des matériaux composites sont utilisés. Les projectiles en plomb se déforment à l'impact et causent moins de dommages que les projectiles en acier. Il est recommandé d'enregistrer le type de matériau utilisé.

- 3) le type de cartouche doit être indiqué dans la spécification particulière.

17.3.3 Procédure

L'échantillon de câble doit être monté sur le cadre et être percuté à la distance indiquée dans la spécification particulière. La distance typique est de 20 m.

Après l'essai, l'échantillon doit être inspecté conformément aux critères d'acceptation spécifiés.

Le rapport d'essai doit indiquer les éléments suivants:

- a) détails de la configuration d'essai, y compris l'orientation du câble;
- b) observations des dommages infligés, dont la continuité de la fibre;
- c) nombre d'essais réalisés pour obtenir les impacts visibles minimaux;
- d) diamètre des projectiles;
- e) matériau des projectiles;
- f) type de cartouche;
- g) données sur le fusil (voir 17.3.2 a).

17.3.4 Exigences

Les critères d'acceptation pour l'essai doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière. Les modes de défaillance types incluent la détérioration des éléments du cœur du câble (par exemple, la perforation des tubes à structure lâche) et une perte de continuité.

17.3.5 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) type de fusil;
- b) numéro des projectiles et diamètre;
- c) type de projectiles;
- d) type de cartouche;
- e) distance entre le fusil et l'échantillon;
- f) critères d'acceptation.

17.4 Méthode E13B: Simulation d'un fusil

17.4.1 Échantillon

La longueur de l'échantillon doit être suffisante pour réaliser les essais spécifiés. Une petite longueur est appropriée lorsqu'il s'agit d'évaluer seulement les dommages physiques, mais des longueurs plus importantes sont nécessaires pour permettre les mesures optiques.

17.4.2 Appareillage

Un appareillage approprié est représenté aux Figure 15, Figure 16 et Figure 17. Cet appareillage comprend ce qui suit:

- a) Une masse tombante.

Un schéma de la masse tombante, comprenant le corps de la masse tombante et un support de projectile, est donné à la Figure 16.

La masse utilisée doit être suffisante pour simuler, lorsqu'elle est lâchée de la hauteur appropriée, la force d'un coup tiré depuis une distance donnée. À titre d'information, un guide pour le calcul des poids et hauteurs adaptés à un numéro donné de projectile est donné en 19.4.6.

Il convient de choisir le support de projectile de telle manière que son diamètre "B" ne soit pas supérieur au diamètre total du grain de plomb et qu'il soit normalement inférieur de 0,2 mm. Il convient que la face du support soit profilée pour offrir une arrivée à plat, comme représenté par "A", de manière à réduire le risque de cisaillement du plomb et de détérioration du support.

Pour les petits câbles (normalement <10 mm), il est admis d'utiliser une autre masse tombante et un autre support de projectile pour obtenir une précision d'essai améliorée (voir Figure 17), pour empêcher toute rotation de l'échantillon et/ou toute déviation du projectile au cours de l'essai.

- b) Un tube de guidage de la masse tombante pour guider la masse vers l'échantillon d'essai, y compris des chevilles de déblocage pour arrêter la masse tombante à la hauteur de chute exigée. Une section carrée de 25,4 mm est normalement utilisée pour réduire la friction entre la surface interne du tube de guidage et la surface externe du corps de masse tombante cylindrique, et inversement.
- c) Un bloc de positionnement. Le bloc de positionnement peut avoir un trou de la zone de la cible pour faciliter la localisation de l'échantillon.
- d) Un adhésif plastique ou autre, pour fixer le projectile au support de projectile.
- e) Un équipement d'essai optique, si exigé, pour mesurer les performances optiques.

17.4.3 Procédure

L'échantillon de câble doit être placé sur le bloc de positionnement, directement au-dessus du trou de la zone de la cible. Des plots, fixés au bloc de positionnement, peuvent être utilisés pour maintenir l'échantillon en place. Si un facteur de transmission optique est enregistré, l'échantillon doit être placé de manière que le plomb ait un impact sur au moins une fibre mesurée. Le grain de plomb est monté sur le support de la masse tombante avec un matériau approprié, par exemple un adhésif plastique réutilisable. Il convient d'en utiliser une faible quantité de manière que l'impact ne soit pas absorbé par l'adhésif. La masse est ensuite fixée à la hauteur appropriée dans le tube de guidage avec les chevilles de déblocage. Les chevilles de déblocage sont ensuite retirées, permettant à la masse tombante d'exercer un impact sur l'échantillon de câble.

Sauf indication contraire, l'essai est réalisé une seule fois sur le même emplacement d'échantillon.

17.4.4 Exigences

Les critères d'acceptation pour l'essai doivent être ceux indiqués dans la spécification particulière. Les modes de défaillance types incluent la détérioration des éléments du cœur du câble (par exemple, la perforation des tubes à structure lâche) et une perte de continuité.

17.4.5 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) numéro du projectile;
- b) type de projectiles;
- c) masse tombante;
- d) hauteur de la chute;

NOTE: Voir 19.4.6 pour le calcul de la masse tombante et de la hauteur.

- e) nombre d'impacts à des emplacements séparés;
- f) critères d'acceptation;
- g) température d'essai.

17.4.6 Calcul de la masse tombante et de la hauteur

Soit un plomb d'une masse m , se déplaçant à une vitesse v . Il dispose alors d'une énergie cinétique E_k , donnée par l'Equation (2):

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2)$$

où

E_k est l'énergie cinétique, en J;

m est la masse du plomb, en kg;
 v est la vitesse du plomb en ms^{-1} .

Cela peut être mis en équation pour une énergie potentielle de masse tombante (voir Equation (3)):

$$E_k = E_p = Mgh \quad (3)$$

où

E_p est l'énergie potentielle, en J;
 M est la masse tombante, en kg;
 g est l'accélération de la masse tombante, en ms^{-2} ;
 h est la hauteur de chute, en m.

Il est alors possible de modifier l'équation pour définir la masse de la masse tombante en termes de hauteur de chute:

$$M = \frac{E_k}{gh} \quad (4)$$

où

E_k est l'énergie cinétique, en J;
 g est l'accélération de la masse tombante, en ms^{-2} ;
 h est la hauteur de chute, en m.

En utilisant des données de cartouche représentatives, un essai approprié peut être défini. Par exemple, un grain de plomb d'une masse moyenne de 0,083 3 g, tiré depuis une zone située dans les 25 m, a normalement une vitesse d'impact de 234 ms^{-1} . Ainsi, en utilisant l'Equation (2):

$$E_k = \frac{1}{2} 0,000\ 083\ 3 \times 234^2 \text{ J} \quad (5)$$

$$E_k = 2,2815 \text{ J} \quad (6)$$

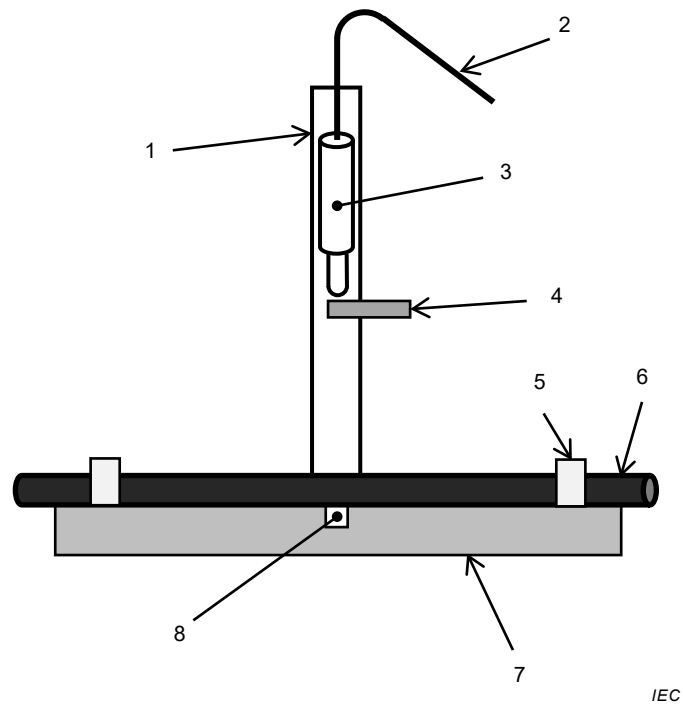
En prenant une hauteur de chute opportune de 1 m, et en utilisant l'Equation (3):

$$M = \frac{2,281\ 5}{9,81 \times 1} \text{ kg} \quad (7)$$

$$M = 0,233 \text{ kg} \quad (8)$$

Comme il est préférable d'utiliser la même masse, le calcul peut être réalisé pour d'autres plages en utilisant la hauteur de chute comme variable.

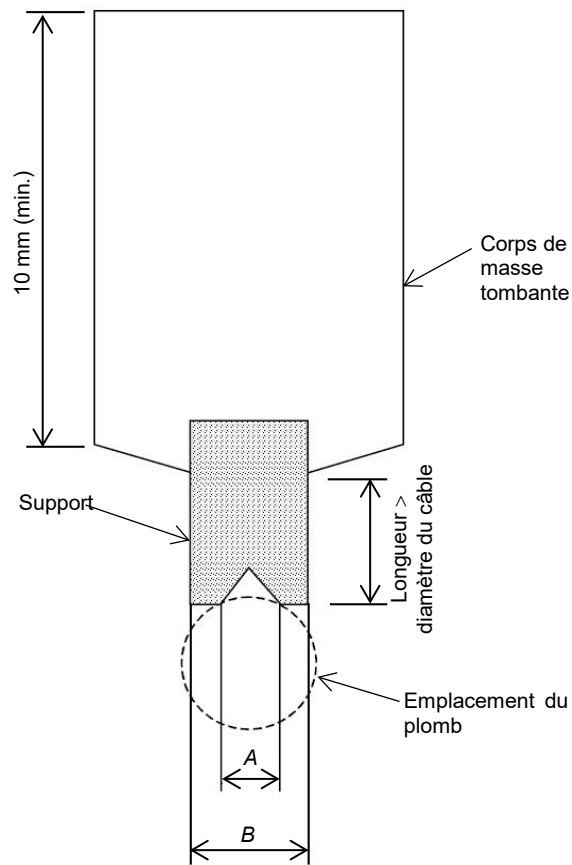
Si cela est exigé, pour les besoins de l'étalonnage, il est possible d'utiliser une plaque de matériau de gainage pour comparer la méthode de simulation avec les expériences de terrain réelles, par exemple une plaque de 2 mm de polyéthylène de haute densité percutée à 40 m.



Légende

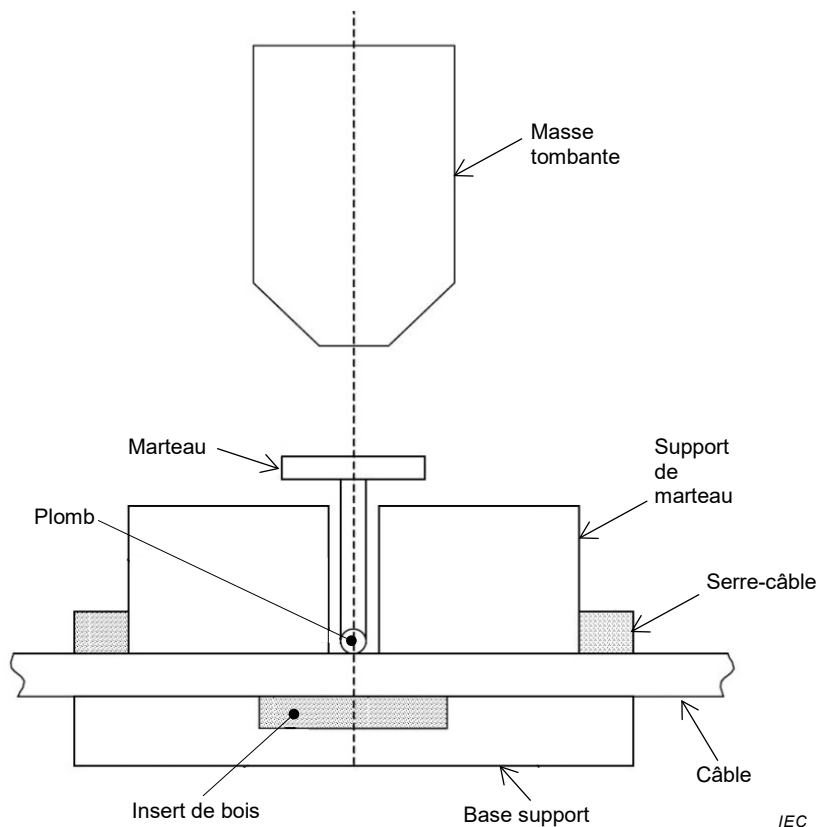
- 1 tube de guidage, section carrée recommandée
- 2 traction de la masse
- 3 masse tombante cylindrique
- 4 cheville de déblocage
- 5 serre-câble
- 6 éprouvette de câble
- 7 bloc de positionnement
- 8 zone cible

Figure 15 – Montage d'essai de la méthode E13B



IEC

Figure 16 – Masse tombante avec le support de projectile



IEC

Figure 17 – Autre masse tombante et autre cheville de support de projectile

18 Méthode E14: Écoulement (égouttement) des matériaux de remplissage

18.1 Objet

Cet essai est destiné à vérifier que les matériaux de remplissage et d'enduction ne s'écoulent pas d'un câble à fibres optiques rempli, à des températures indiquées.

18.2 Échantillon

a) Nombre et type d'éprouvettes

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, préparer deux éprouvettes de câble pour les essais, à partir de chaque échantillon de câble à évaluer. Chaque éprouvette de câble doit être représentative du type de câble indiqué par la spécification particulière.

b) Longueur de l'échantillon à l'essai

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, chaque éprouvette doit présenter une longueur de 200 mm \pm 5 mm.

c) Préparation des éprouvettes

Préparer chaque éprouvette de câble comme suit, en effectuant toutes les modifications exigées à l'alinéa d):

- 1) retirer une section de 100 mm \pm 2,5 mm de la gaine extérieure, à l'une des extrémités;
- 2) retirer tous les organes restants qui ne font pas partie intégrante du câble (par exemple armature, membranes, gaines intérieures, éléments porteurs de renforcement enroulés de manière hélicoïdale, rubans d'étanchéité, autres éléments de ceinture du cœur, etc.) sur une longueur de 80 mm \pm 2,5 mm de la même extrémité du câble. Ne pas toucher au restant du câble (par exemple les tubes à structure serrée qui contiennent les fibres optiques, ou les éléments de bourrage utilisés pour obtenir un assemblage cylindrique);
- 3) retirer les parties de matériau de remplissage ou d'enduction rendues faiblement adhérentes par les opérations en 1) et 2), mais s'assurer que l'éprouvette reste suffisamment revêtue de matériau de remplissage ou d'enduction (c'est-à-dire ne pas l'essuyer totalement);
- 4) pour les structures de câbles comportant des organes tels que des faisceaux ou des rubans de fibres susceptibles de se déplacer sous leur propre poids au cours de l'essai, fixer ces organes à l'extrémité non préparée de l'éprouvette de façon qu'ils ne perturbent pas le reste de l'éprouvette. Il est admis de fixer ces organes au moyen de pinces, de bouchons en époxy, ou tout autre moyen satisfaisant au but de la procédure;
- 5) lorsque la spécification particulière l'autorise, les extrémités supérieures des tubes à structure serrée ou des tubes à structure libre peuvent être obturées pour simuler des longueurs de câbles importantes.

d) Extrémités de l'éprouvette

Si la spécification particulière l'autorise, équiper l'extrémité inférieure de l'éprouvette de câble conformément aux recommandations du fabricant visant la finition du câble en utilisation réelle. Des parties de la procédure décrite en c) peuvent être affectées par cette finition, mais le but de l'alinéa c) doit être respecté.

18.3 Appareillage

L'appareillage et les équipements suivants sont exigés pour réaliser cet essai.

a) Enceinte climatique

Une enceinte thermostatique de taille suffisante pour que les éprouvettes puissent rester en position verticale et d'une capacité thermique suffisante pour maintenir les températures spécifiées pendant toute la durée de l'essai. Si l'enceinte thermostatique est du type à circulation d'air, l'air ne doit pas être soufflé directement sur les éprouvettes d'essai.

b) Récipient

Un récipient non hygroscopique pour récupérer les écoulements.

c) Balance analytique

18.4 Procédure

Les étapes suivantes doivent être effectuées:

- a) Préchauffer l'enceinte à la température prescrite dans la spécification particulière.
- b) Placer chaque éprouvette préparée dans l'enceinte, suspendue en position verticale, les extrémités préparées étant dirigées vers le bas. Placer un récipient de récupération propre et préalablement taré, directement sous l'éprouvette suspendue (mais pas en contact avec celle-ci).
- c) Si la spécification particulière l'autorise, il est admis de préconditionner l'éprouvette comme défini de 1) à 3) ci-dessous; dans le cas contraire, passer directement à l'étape d):
 - 1) stabiliser la température de l'enceinte et, sauf indication contraire dans la spécification particulière, préconditionner chaque éprouvette pendant 1 h;
 - 2) à la fin du temps de préconditionnement spécifié, remplacer le récipient de récupération par un autre récipient de récupération propre et préalablement taré. Peser le récipient de récupération de préconditionnement pour mesurer la quantité de matériau de remplissage ou d'enduction qui a pu s'écouler du câble pendant le préconditionnement. Une quantité mesurée supérieure à la limite de préconditionnement spécifiée doit être considérée comme une défaillance. Sauf indication contraire dans la spécification particulière, la limite de préconditionnement doit correspondre à 0,5 % du poids total de l'éprouvette de câble ou 0,5 g, la valeur retenue étant la plus faible des deux;
 - 3) poursuivre l'essai pendant 23 h, sauf indication contraire dans la spécification particulière, et passer à l'étape e).
- d) Stabiliser la température de l'enceinte et, sauf indication contraire dans la spécification particulière, soumettre à essai pendant 24 h.
- e) À la fin du temps spécifié, retirer et peser le récipient de récupération pour mesurer la quantité de matériau de remplissage ou d'enduction qui a pu s'écouler du câble.
- f) Consigner cette valeur comme étant la quantité de matériau de remplissage ou d'enduction écoulée pour chaque éprouvette de câble. Sauf indication contraire dans la spécification particulière, indiquer "pas d'écoulement" pour des quantités mesurées inférieures ou égales à 0,005 g.

18.5 Exigences

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, une quantité maximale de matière écoulée de 0,050 g doit être autorisée pour les éprouvettes de câble. Si la quantité de matière écoulée de l'une des éprouvettes de câble dépasse 0,050 g, mais reste inférieure à 0,100 g, préparer deux éprouvettes de câble supplémentaires conformément à l'alinéa c) de 18.2, et les soumettre à essai conformément aux alinéas a) à f) de 18.4. L'essai doit être considéré comme réussi si aucune éprouvette du second groupe ne révèle de quantité de matière écoulée supérieure à 0,050 g.

18.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) température d'essai;
- b) détails relatifs au préconditionnement (s'il est autorisé):
 - indication du fait que le préconditionnement est autorisé (s'il est autorisé),
 - écarts par rapport à la procédure de préconditionnement par défaut telle que définie à l'alinéa c) de 18.4,
 - critères de réussite/échec du préconditionnement, s'ils diffèrent de ceux indiqués ci-dessus,
- c) toute exception applicable aux exigences de la présente procédure;

d) critères d'acceptation (réussite/échec), s'ils diffèrent des critères par défaut.

19 Méthode E15: Exsudation et volatilité

19.1 Objet

Le but de cet essai est de mesurer à haute température l'exsudation et/ou la volatilité des matériaux de remplissage utilisés au contact de fibres optiques.

19.2 Échantillon

Matériaux de remplissage destinés à être utilisés au contact de fibres optiques.

19.3 Appareillage

L'appareillage se compose des éléments suivants:

- a) étuve électrique avec ventilation naturelle;
- b) balance analytique avec une limite d'erreur de $G = 0,1$ mg;
- c) montage d'essai (voir Figure 18) comprenant:
 - 1) un cône, nickel, toile métallique, 60 mailles (trous: 5,6 par mm^2 ; diamètre de fil: 0,19 mm; ouverture: 0,28 mm), avec une poignée. En variante, il est admis que le cône soit en acier inoxydable (60 mailles, ouverture 0,25 mm) et que l'épaisseur de brasure soit supérieure à 1 mm, dans la mesure où il est prouvé que les résultats ne sont pas très différents de ceux de la première configuration;
 - 2) un verre gradué, de forme haute, sans bec, 200 ml,

NOTE Le couvercle n'est pas nécessaire lors de la mesure de la volatilité.
 - 3) un dessiccateur.

19.4 Procédure

Peser le verre gradué vide et propre et noter la valeur correspondante M_1 (verre pesé à 1 mg près). Peser le verre gradué, le cône et le support de cône assemblés et noter la valeur correspondante M_2 . Ajouter environ 10 g d'échantillon au cône (la surface supérieure doit être lisse et convexe de manière que le fluide ne soit pas retenu et il ne doit pas y avoir de matériaux agglomérés dans la toile métallique). Peser l'appareillage et l'échantillon assemblés, et enregistrer la valeur correspondante M_3 .

Chauffer le montage d'essai dans l'étuve à la température et pendant la durée indiquées dans la spécification particulière. Faire refroidir jusqu'à la température ambiante dans le dessiccateur. Peser à nouveau l'appareillage assemblé et noter la valeur correspondante M_4 . Enlever avec précaution le support du cône et le cône lui-même. Peser à nouveau le verre gradué et noter la valeur correspondante M_5 . Calculer le pourcentage d'exsudation et de volatilité et noter la moyenne des résultats dupliqués.

Calculs:

$$\text{Exsudation} = \frac{M_5 - M_1}{M_3 - M_2} \times 100 \% \quad (9)$$

$$\text{Volatilité} = \frac{M_3 - M_4}{M_3 - M_2} \times 100 \% \quad (10)$$

où

exsudation est la quantité de matériau ayant exsudé dans le verre gradué, en %;

volatilité est la quantité de matériau manquant dans le système, en %.

19.5 Exigences

Les résultats moyens notés ne doivent pas dépasser les valeurs maximales données dans la spécification particulière.

19.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- température d'essai;
- durée d'essai;
- type de cône à utiliser, si différent de celui en 19.3, c), 1);
- nombre d'échantillons à soumettre à l'essai.

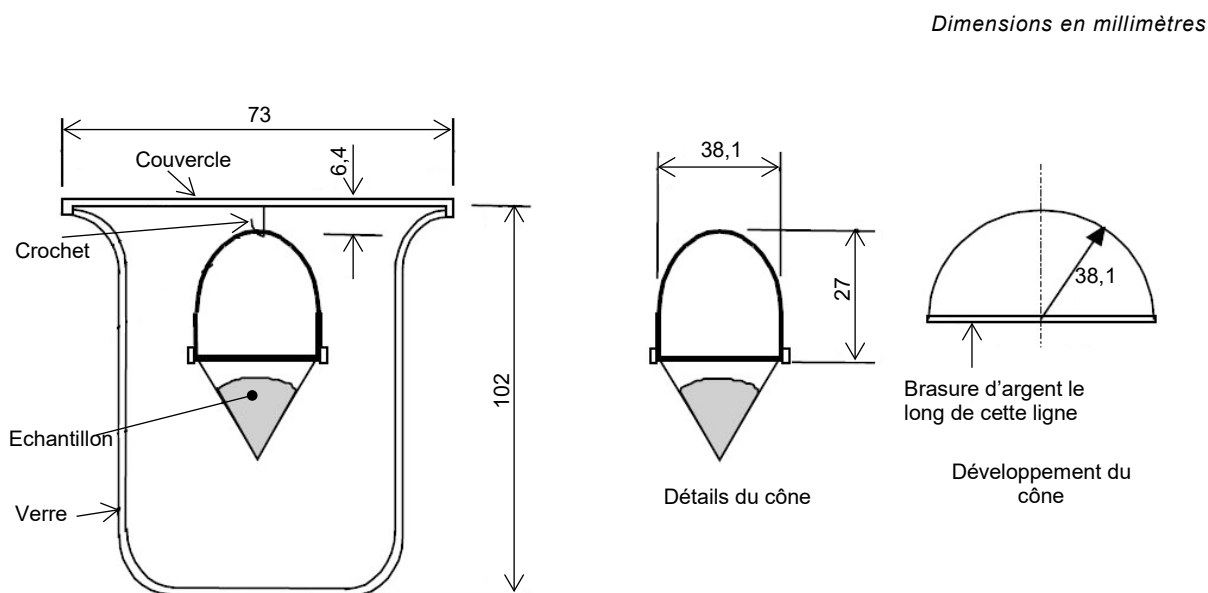


Figure 18 – Montage d'essai d'exsudation et de volatilité

20 Méthode E16: [Titre inconnu] (supprimé)

21 Méthode E17: Raideur

21.1 Objet

Le but de cet essai est de mesurer la raideur d'un câble à fibres optiques. Trois méthodes sont applicables, en fonction du type de câble.

La mise à l'essai indique la possibilité d'une variation importante du résultat d'un échantillon à l'autre lors des essais. Cela est dû aux détails de l'appareillage d'essai et à la complexité de l'interaction des composants du câble lors de courbure. Par conséquent, ces essais peuvent être utilisés à des fins d'enquête et d'expérience, pas pour l'évaluation des performances. Il est recommandé de les utiliser avec prudence et de modérer toute(s) exigence(s) de résistance.

21.2 Généralités

La raideur est un paramètre utilisé pour évaluer les performances d'un câble installé en utilisant les techniques de traction conventionnelles (par exemple dans les canalisations, les câbles à grande distance, les conduits ou sous les planchers) et également en utilisant des techniques de soufflage. La raideur est également utilisée pour s'assurer que les câbles jarretières et les câbles intérieurs sont suffisamment robustes mais assez souples pour résister à l'installation et à l'usage normal. Les valeurs de raideur du câble déterminées pour chacun de ces essais peuvent ne pas être équivalentes aux valeurs déterminées dans les autres essais.

Les trois méthodes concernées sont:

- Méthode E17A – courbure trois points,
- Méthode E17B – courbure en porte-à-faux,
- Méthode E17C – courbure de gauchissement.

Les méthodes E17A et E17B conviennent pour les gros câbles.

La méthode E17B convient aussi pour des câbles plus petits, y compris les câbles légèrement armés et les câbles d'intérieur.

La méthode E17C convient pour les petits câbles tels que les câbles à une fibre renforcés.

21.3 Méthode E17A: courbure trois points

21.3.1 Échantillon

La longueur de l'échantillon doit être suffisante pour effectuer l'essai spécifié.

21.3.2 Appareillage

Le montage d'essai de courbure trois points est représenté à la Figure 19. L'échantillon est placé sur deux supports permettant un mouvement libre du câble (par exemple, les supports peuvent être constitués de barres tournantes). Des moyens doivent être fournis pour appliquer une force à l'échantillon à un point situé à mi-chemin entre les supports et pour mesurer le déplacement qui en résulte. La force est appliquée à une vitesse spécifique ou à une vitesse inférieure à la vitesse maximale spécifiée. Habituellement, cet appareillage de déplacement de force est une machine d'essai de traction.

21.3.3 Procédure

Placer les supports à une distance l'un de l'autre indiquée dans la spécification particulière. L'échantillon d'essai est placé sur les supports, la force est appliquée et le déplacement est mesuré.

NOTE 1 La force peut être avoir une valeur spécifiée, être un ensemble de valeurs ou il peut s'agir d'une fonction continue de la force par rapport au déplacement mesuré.

L'échantillon doit être d'une longueur supérieure à la distance entre les supports de manière à assurer que les mouvements internes des composants du câble soient sans incidence sur le résultat.

La force peut être appliquée par une lame fixée sur une machine d'essai de traction ou par un poids accroché au câble.

Si une force F (N) donne lieu à un déplacement y (m) et si x est la distance (m) entre les supports, la raideur B (en $N \times m^2$) est égale à:

$$B = \frac{x^3 F}{48y} \quad (11)$$

Compte tenu du fait que certains câbles (par exemple des câbles armés) peuvent présenter une variation de comportement passant de la zone élastique à la zone plastique, comme représenté à la Figure 20, il est préférable que la force soit augmentée par étapes de manière à pouvoir identifier les points de variation. La raideur à spécifier est la raideur élastique qui est donnée, en $N \times m^2$, par:

$$B = \frac{x^3}{48} \tan \alpha \quad (12)$$

où

α est l'angle de la partie linéaire de la courbe, voir Figure 20.

NOTE 2 Conformément à la définition de \tan (alpha), son unité est 1 N/m.

NOTE 3 Les courbures d'installation peuvent impliquer des courbures dans la zone plastique.

21.3.4 Exigences

La raideur du câble doit être conforme aux exigences indiquées dans la spécification particulière.

21.3.5 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) type de câble;
- b) distance entre les supports;
- c) longueur de l'échantillon;
- d) force maximale;
- e) nombre d'échantillons soumis à essai;
- f) vitesse de chargement.

21.4 Méthode E17B: courbure en porte-à-faux

21.4.1 Échantillon

La longueur de l'échantillon doit être suffisante pour effectuer l'essai spécifié.

21.4.2 Appareillage

Le montage d'essai en porte-à-faux est représenté à la Figure 21. L'échantillon est fixé dans une pince et il doit être possible d'appliquer une force à l'extrémité de l'échantillon loin de la pince et de mesurer le déplacement qui en résulte.

La longueur d'échantillon et la disposition de la pince doivent être choisies de manière à assurer que les mouvements internes des composants du câble soient sans incidence sur le résultat. La pince peut être placée à une distance suffisamment éloignée du point de courbure pour permettre une simulation du mouvement des éléments de câble dans un véritable câble.

Dans certains cas (par exemple des petits câbles jarretières), la pince peut être conçue pour contrôler le rayon de courbure de l'échantillon, comme représenté à la Figure 21b.

21.4.3 Procédure

Fixer solidement l'échantillon dans la pince, appliquer la force à une distance, L , de la pince et mesurer le déplacement.

La force peut être appliquée par une machine d'essai de traction ou par des poids.

Si une force F (N) donne lieu à un déplacement y (m) avec une longueur L (m), la raideur B (en $N \times m^2$) est égale à:

$$B = \frac{L^3 F}{3y} \text{ or } B = \frac{L^3}{3} \tan \alpha \quad (13)$$

où

α est l'angle de flexion.

21.4.4 Exigences

La raideur du câble doit être conforme aux exigences indiquées dans la spécification particulière.

21.4.5 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) type de câble;
- b) portée (L);
- c) force ou force maximale;
- d) longueur de l'échantillon;
- e) nombre d'échantillons soumis à essai.

21.5 Méthode E17C: courbure de gauchissement

21.5.1 Échantillon

La longueur de l'échantillon doit être suffisante pour effectuer l'essai spécifié.

21.5.2 Appareillage

Le montage d'essai est représenté à la Figure 22. Il permet de mesurer la force subie par l'échantillon d'essai lorsqu'il se plie en U. Un appareillage convenable est constitué d'une machine d'essai de traction équipée d'une cellule dynamométrique et capable de maintenir un écartement spécifié des mâchoires pendant une durée spécifiée.

21.5.3 Procédure

L'échantillon est fixé sur l'appareillage en position droite. L'écartement des mors est réduit à une valeur donnée par $s \times d$, où d est le diamètre du câble et s le facteur de séparation donné dans la spécification particulière. Après la durée indiquée dans la spécification particulière, la force subie par l'échantillon d'essai est enregistrée.

NOTE 1 Le facteur de séparation est défini comme la distance finale d'écartement des mors (voir Figure 21) et la distance comme un multiple (ou une autre fonction) du diamètre de câble.

NOTE 2 La force est celle à la fin de la durée spécifiée. Normalement, une force plus importante est présente juste avant le début du gauchissement du câble.

La raideur B , en $N \times m^2$, est alors:

$$B = F\pi r^2 \quad (14)$$

où

F est la force mesurée, en N;

r est le rayon de courbure du câble à l'écartement final des mors, en m.

21.5.4 Exigences

La raideur du câble doit être conforme aux exigences indiquées dans la spécification particulière.

21.5.5 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- facteur de séparation (s);
- durée d'essai;
- longueur de l'échantillon;
- nombre d'échantillons soumis à essai.

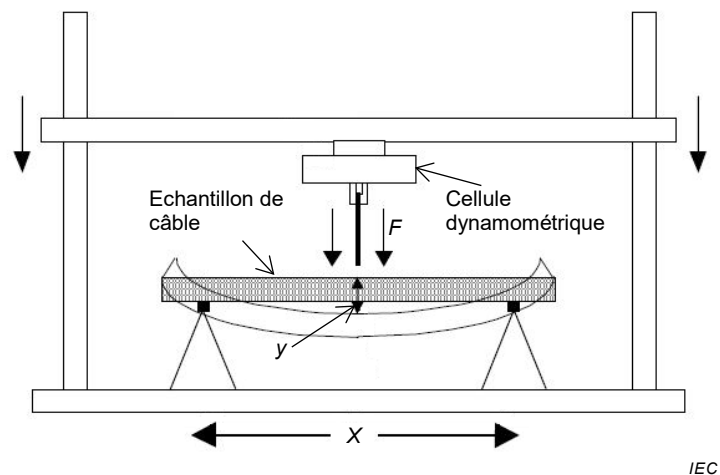


Figure 19 – Méthode E17A – Montage d'essai

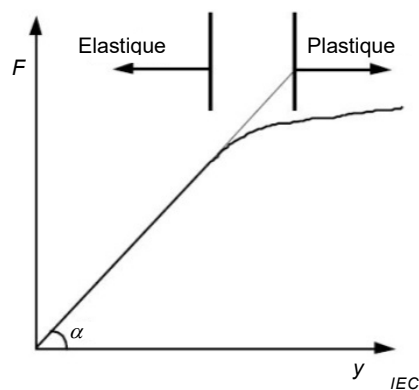


Figure 20 – Exemple de résultats de force appliquée et déplacement

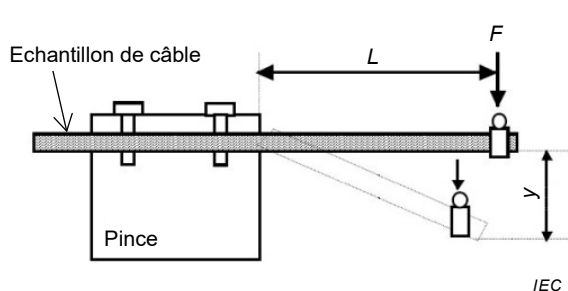


Figure 21a – Appareillage simple

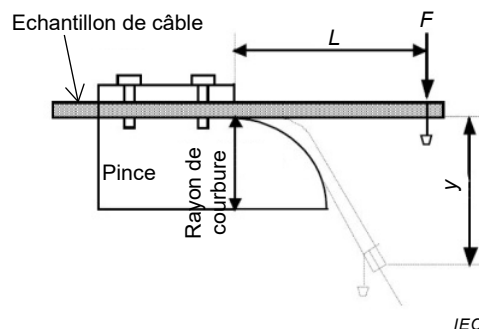


Figure 21b – Appareillage avec contrôle du rayon

Figure 21 – Méthode E17B – Montage d'essai

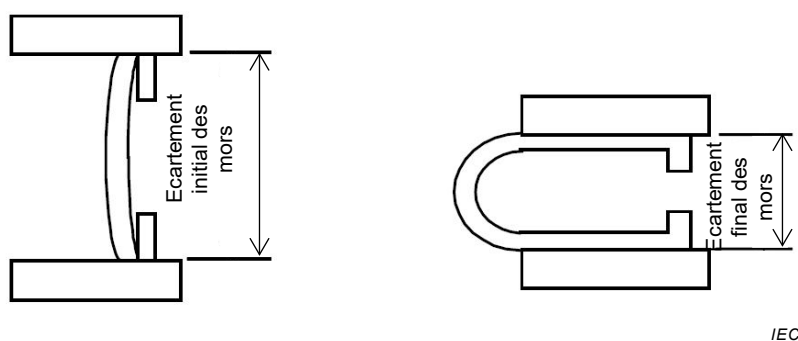


Figure 22 – Méthode E17C – Montage d'essai

22 Méthode E18A: Courbure sous traction

22.1 Objet

Le but de cet essai est de déterminer la capacité d'un câble à fibres optiques à résister au pliage sur des rouleaux ou des pièces recourbées pendant les opérations d'installation, lorsqu'une charge spécifiée est appliquée.

Cet essai implique une courbure autour d'un rouleau ou un dispositif similaire selon un angle spécifié (Procédure 1) ou une courbure inversée autour d'une paire de rouleaux (Procédure 2). Ces essais sont généralement considérés pour simuler la courbure pouvant être expérimentée par n'importe quel type de câble au cours de l'installation.

NOTE Voir la méthode d'essai concernée, E18B, essai des poulies. La méthode E18B peut constituer une alternative à la méthode E18A.

22.2 Échantillon

L'échantillon doit être prélevé à l'extrémité d'un câble fini, sans le couper si cela est stipulé dans la spécification particulière.

Les deux extrémités de l'éprouvette doivent être terminées de telle manière que la charge spécifiée puisse être appliquée.

L'échantillon doit être marqué aux points A et B comme indiqué aux Figure 23 ou Figure 24.

La distance entre les marques A et B doit être plus grande que le pas d'assemblage pour les câbles en hélice et plus grande que la distance entre les inversions de pas pour les câbles S-Z. Il est recommandé que cette distance soit au moins égale à trois fois la longueur du pas.

22.3 Appareillage

L'appareillage se compose des éléments suivants:

- dispositif de traction présentant une erreur maximale de ± 3 %,
- si exigé pour une application particulière de l'utilisateur, appareil de mesure de l'affaiblissement pour la détermination de la variation de l'affaiblissement et/ou appareil de mesure de l'allongement de la fibre. La longueur de la fibre optique doit être suffisante pour effectuer l'essai et prendre les mesures optiques.

La procédure à utiliser doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur et il convient qu'elle reflète le scénario d'installation le plus sévère qui puisse intervenir.

Procédure 1

Un rouleau/une poulie d'un rayon (r) comme indiqué dans la spécification applicable et comme représenté à la Figure 22. L'angle de courbure inclus, θ , doit être indiqué dans la spécification applicable. 180° est une valeur habituellement utilisée.

Procédure 2

Deux rouleaux/poulies d'un rayon (R), une distance Y et un angle de courbure θ comme indiqué dans la spécification applicable et comme représenté à la Figure 24.

22.4 Procédure

L'essai doit être réalisé à température ambiante.

Si la mise à l'essai de l'affaiblissement optique est indiquée dans la spécification particulière, l'affaiblissement doit être enregistré avant l'application de la charge spécifiée et après l'essai lorsque la charge est nulle.

Selon la méthode d'installation et comme indiqué dans la spécification particulière, l'une des procédures suivantes doit être utilisée.

Procédure 1

- Le câble doit être passé autour d'un cylindre ou d'un dispositif comme stipulé dans la spécification particulière, selon un angle indiqué dans la spécification applicable, comme représenté à la Figure 23 ou en utilisant d'autres valeurs convenues entre le client et le fournisseur.
- La tension doit être augmentée de manière continue pour atteindre la valeur donnée dans la spécification particulière.
- Le câble doit être déplacé du point A au point B (voir Figure 23) puis être ramené au point A, à une vitesse et avec un nombre de cycles stipulé dans la spécification particulière.

Procédure 2

- Le câble doit être plié autour de deux cylindres pour former un S (pliage en S) ou sur un dispositif comme stipulé dans la spécification particulière et comme représenté à la Figure 24.
- La tension doit être augmentée de manière continue pour atteindre la valeur donnée dans la spécification particulière.
- Les deux variantes suivantes existent:
 - le câble doit être déplacé du point A au point B (voir Figure 23) puis être ramené au point A, à une vitesse et avec un nombre de cycles stipulé dans la spécification particulière;
 - l'appareil doit être déplacé par rapport au câble du point A au point B (voir Figure 24) puis ramené au point A, à une vitesse et avec un nombre de cycles stipulé dans la spécification particulière.

22.5 Exigences

Lors d'un examen visuel sans grossissement, il ne doit pas y avoir de dommages sur la gaine et/ou les éléments de câble.

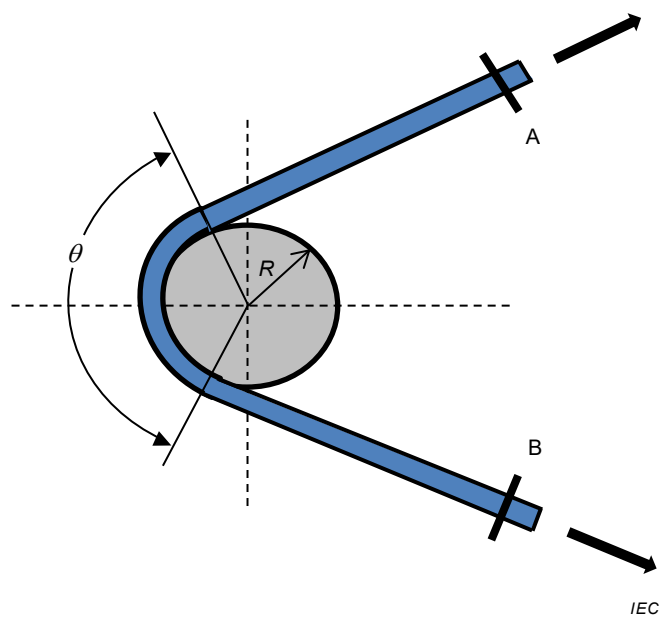
Si cela est spécifié, toute augmentation permanente de l'affaiblissement après l'essai ne doit pas dépasser la valeur stipulée dans la spécification particulière.

Il convient que d'autres exigences détaillées soient données dans la spécification particulière.

22.6 Détails à spécifier

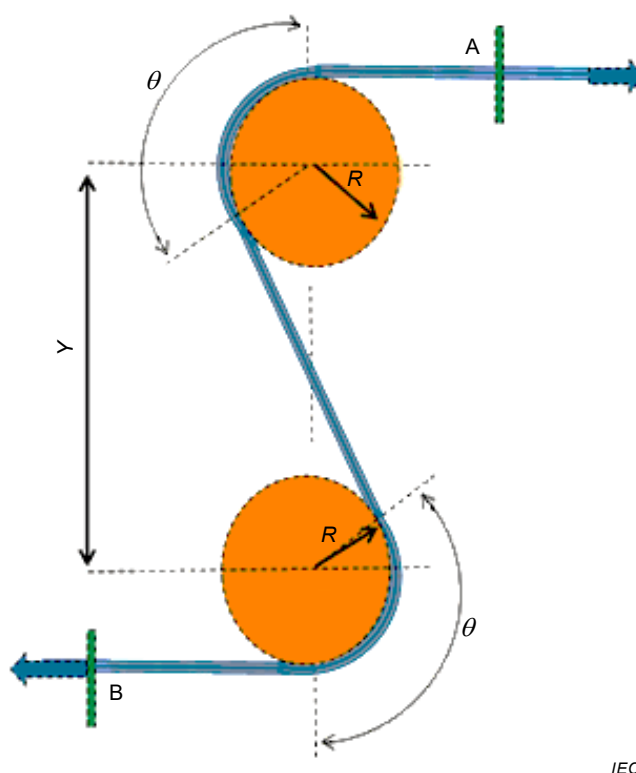
La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- procédure utilisée (1 ou 2);
- tension maximale appliquée pendant l'essai (normalement la charge maximale qu'il est admis d'appliquer pendant l'installation);
- longueur du câble et longueur pliée sous tension, distance A à B;
- préparation des extrémités;
- dispositif de tension;
- procédure 1
 - rayon (r) des rouleaux;
 - angle de courbure sur le rouleau;
- procédure 2
 - rayon (R) des rouleaux/cylindres/mandrins;
 - distance Y ou angle de courbure θ ;
- vitesse de déplacement (normalement \leq vitesse d'installation);
- nombre de cycles de déplacement;
- augmentation maximale admissible de l'affaiblissement après l'essai (le cas échéant).

**Légende**

- A, B points d'extrémité d'essai
R rayon du rouleau
 θ angle d'enroulement

Figure 23 – Pliage simple



IEC

Légende

- A, B points d'extrémité d'essai
- Y séparation des rouleaux
- R rayon des rouleaux
- θ angle d'enroulement

Figure 24 – Pliage en S

23 Méthode E18B: Essai des poulies (en premier lieu pour les OPGW et les OPAC)

23.1 Objet

Le but de cet essai est de déterminer la capacité d'un câble de garde à fibre optique (OPGW) ou d'un câble optique attaché (OPAC) à résister au pliage sur des rouleaux ou des pièces recourbées pendant les opérations d'installation, lorsqu'une charge spécifiée est appliquée.

Cet essai implique un pliage sur une poulie simple ou un dispositif similaire (Procédure 1) ou un pliage en S-Z sur trois poulies alignées (Procédure 2). Ces essais sont généralement considérés pour simuler la courbure à laquelle peut être soumise un câble aérien au cours de l'installation.

NOTE Voir la méthode d'essai concernée, E18A, courbure sous traction. La méthode E18A peut constituer une alternative à la méthode E18B.

23.2 Échantillon

L'échantillon doit être prélevé à l'extrémité d'un câble fini, sans le couper si cela est stipulé dans la spécification particulière.

Les deux extrémités de l'éprouvette doivent être terminées de telle manière que la charge spécifiée puisse être appliquée.

L'échantillon doit être marqué aux points A et B comme indiqué aux Figure 25 ou Figure 26.

La distance entre les marques A et B doit être plus grande que le pas d'assemblage pour les câbles en hélice et plus grande que la distance entre les inversions de pas pour les câbles S-Z. Il est recommandé que cette distance soit au moins égale à trois fois la longueur du pas.

23.3 Appareillage

L'appareillage doit être composé des éléments suivants:

- dispositif de traction présentant une erreur maximale de ± 3 %,
- le profil de poulie doit être semi-circulaire et d'un rayon suffisant pour ne pas gêner le libre déplacement du câble,
- si exigé pour une application particulière de l'utilisateur, appareil de mesure de l'affaiblissement pour la détermination de la variation de l'affaiblissement et/ou appareil de mesure de l'allongement de la fibre. La longueur de la fibre optique doit être suffisante pour effectuer l'essai et prendre les mesures.

La procédure à utiliser doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur et il convient qu'elle reflète le scénario d'installation le plus sévère qui puisse intervenir.

Procédure 1

Une poulie d'un rayon (R) et un angle de courbure θ comme indiqué dans la spécification applicable et comme représenté à la Figure 25.

Procédure 2

Trois poulies d'un rayon (R) et un angle de courbure θ comme indiqué dans la spécification applicable et comme représenté à la Figure 26.

23.4 Procédure

L'essai doit être réalisé à température ambiante.

Si la mise à l'essai de l'affaiblissement optique est indiquée dans la spécification particulière, l'affaiblissement doit être enregistré avant l'application de la charge spécifiée et après l'essai lorsque la charge est nulle.

Selon la méthode d'installation et comme indiqué dans la spécification particulière, l'une des procédures suivantes doit être utilisée.

Procédure 1

- Le câble doit être passé autour d'un cylindre ou d'un dispositif comme stipulé dans la spécification particulière, selon un angle indiqué dans la spécification particulière, comme représenté à la Figure 25.
- La tension doit être augmentée de manière continue pour atteindre la valeur donnée dans la spécification particulière.
- Le câble doit être déplacé du point A au point B (voir Figure 25) puis être ramené au point A, à une vitesse et avec un nombre de cycles stipulé dans la spécification particulière.

Procédure 2

- Le câble doit être passé autour des cylindres comme indiqué dans la spécification particulière, selon un angle indiqué dans la spécification particulière comme représenté à la Figure 26.
- La tension doit être augmentée de manière continue pour atteindre la valeur donnée dans la spécification particulière.
- Les deux variantes suivantes existent:

- a) le câble doit être déplacé du point A au point B (voir Figure 26) puis être ramené au point A, à une vitesse et avec un nombre de cycles stipulé dans la spécification particulière, ou
- b) l'appareil doit être déplacé par rapport au câble du point A au point B (voir Figure 26) puis ramené au point A, à une vitesse et avec un nombre de cycles stipulé dans la spécification particulière.

23.5 Exigences

Lors d'un examen visuel sans grossissement, il ne doit pas y avoir de dommages sur la gaine et/ou les éléments de câble. Si cela est spécifié, toute augmentation permanente de l'affaiblissement après l'essai ne doit pas dépasser la valeur stipulée dans la spécification particulière.

Il convient que d'autres exigences détaillées soient données dans la spécification particulière.

23.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- procédure utilisée (1 ou 2);
- tension maximale appliquée pendant l'essai (normalement la charge maximale qu'il est admis d'appliquer pendant l'installation);
- longueur du câble et longueur pliée sous tension, distance A à B;
- préparation des extrémités;
- dispositif de tension;
- procédure 1
 - rayon (R) des rouleaux/cylindres;
 - angle de courbure θ ;
- procédure 2
 - rayon (R) des rouleaux dans la procédure 2,
 - rayon (R) des rouleaux/cylindres/mandrins dans la procédure 2,
 - angle de courbure θ ;
- vitesse de déplacement (normalement \leq vitesse d'installation);
- nombre de cycles de déplacement;
- augmentation maximale admissible de l'affaiblissement après l'essai (le cas échéant).

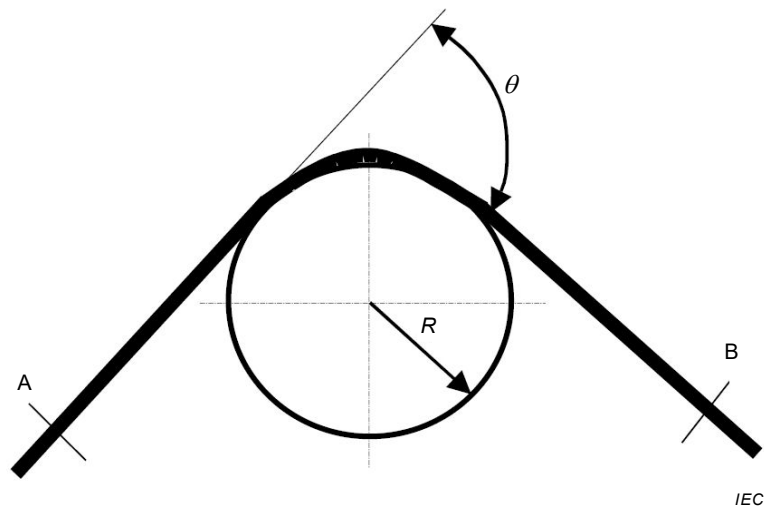


Figure 25 – Pliage partiel

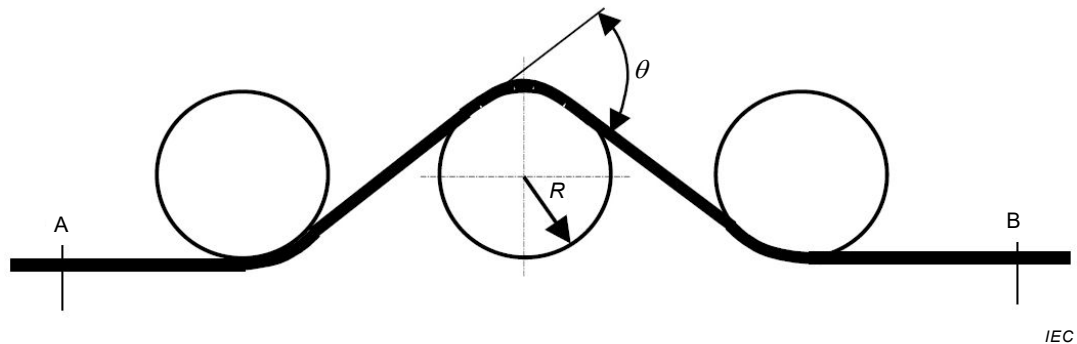


Figure 26 – Pliage partiel, plusieurs poulies

24 Méthode E19: Vibration éolienne

24.1 Objet

Le but de cet essai est d'exposer les câbles aériens à des contraintes dynamiques semblables à celles induites par des flux de vent laminaires entraînant des vibrations sur les lignes aériennes.

24.2 Échantillon

La longueur minimale de l'échantillon d'essai doit être de 50 m ou celle donnée dans la spécification particulière. Les extrémités du câble sont préparées pour permettre le contrôle de la puissance optique transmise à une ou plusieurs fibres (comme spécifié dans la spécification particulière) pendant l'essai. La longueur à l'essai minimale des fibres optiques doit être de 100 m. Si nécessaire, les fibres peuvent être épaissies aux extrémités du câble.

24.3 Appareillage

L'appareillage d'essai doit être composé des éléments suivants:

- montage d'essai (montage type représenté à la Figure 27);
- pot vibrant contrôlé électroniquement;

- dynamomètre, cellule dynamométrique, faisceau calibré ou autre dispositif pour mesurer la tension du câble;
- source lumineuse avec une longueur d'onde nominale de 1 550 nm conjointement avec un bolomètre lumineux, capable de mesurer la puissance optique;
- source lumineuse avec une longueur d'onde nominale de 1 550 nm conjointement avec un bolomètre lumineux, capable de mesurer la fluctuation de la puissance dans la largeur de bande de 0 Hz à 300 Hz minimum;
- réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR), si exigé dans la spécification particulière.

24.4 Procédure

Avant la mise en traction, l'échantillon d'essai doit être préparé à ses extrémités de façon que les fibres optiques ne puissent pas bouger par rapport au câble. Un dynamomètre, une cellule dynamométrique, un faisceau calibré ou un autre dispositif doivent être utilisés pour mesurer la tension du câble. Il convient d'utiliser des moyens appropriés pour maintenir la tension constante et autoriser ainsi les fluctuations de température durant l'essai. Le câble doit être chargé à environ 15 % à 25 % de la charge de rupture assignée (RTS) pour l'OPGW, ou à la tension d'installation assignée pour la portée du câble ADSS, ou bien comme indiqué dans la spécification particulière.

La portée complète entre terminaisons doit être d'au moins 30 m. Il convient que la longueur de la portée active soit d'environ 20 m, avec un ensemble de suspension approprié situé approximativement aux deux tiers de la distance entre les deux ancrages d'extrémité. Une portée active et/ou passive plus grande peut être utilisée. Elle doit être supportée à une hauteur telle que l'angle statique de flèche entre le câble et l'horizontale soit égal à $(1,5 \pm 0,5)^\circ$ dans la portée active.

Un dispositif approprié doit être fourni pour réaliser la mesure et le contrôle de l'amplitude de vibration d'un ventre (antinode) pour une boucle libre, et non une boucle de support.

Un pot vibrant contrôlé électroniquement doit être utilisé pour exciter le câble dans le plan vertical. Le châssis du pot vibrant doit être fermement fixé au câble, perpendiculairement à celui-ci dans le plan vertical. Il convient de placer le pot vibrant dans la portée de façon à créer au moins six ventres d'oscillation entre l'ensemble de suspension et le pot vibrant. Appliquer 10 000 000 cycles de vibration, ou le nombre indiqué dans la spécification particulière.

L'essai doit être effectué sous une ou plusieurs fréquences de résonance dans la plage de fréquences pour les conditions venteuses données. La mesure de la vibration éolienne est normalement effectuée sous des flux de vent laminaires de 0,5 m/s à 7 m/s. Les Equations (15) et (16) s'appliquent:

La fréquence de vibration f (Hz) est proportionnelle à la vitesse du vent v (m/s) et inversement proportionnelle au diamètre du câble D (m) et est donnée par la formule:

$$f = k \times \frac{v}{D} \text{ (Hz)} \quad (15)$$

où

k est la constante de Strouhal (0,2 pour les câbles aériens et les conducteurs).

La longueur d'onde (λ) de vibration (égale à deux longueurs de ventre d'oscillation) est donnée par la formule:

$$\lambda = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{T}{m}} \text{ (m)} \quad (16)$$

où

T est la tension du câble, en N;

m est la masse/longueur unitaire, en kilogrammes par mètre (kg/m).

Si cela est exigé à cause de la nature de la conception du câble, il convient de supprimer les contraintes initiales sur le câble. Par conséquent, dans les étapes initiales, la portée à l'essai demande une attention continue et un contrôle des paramètres de l'essai jusqu'à ce que la portée à l'essai soit stabilisée.

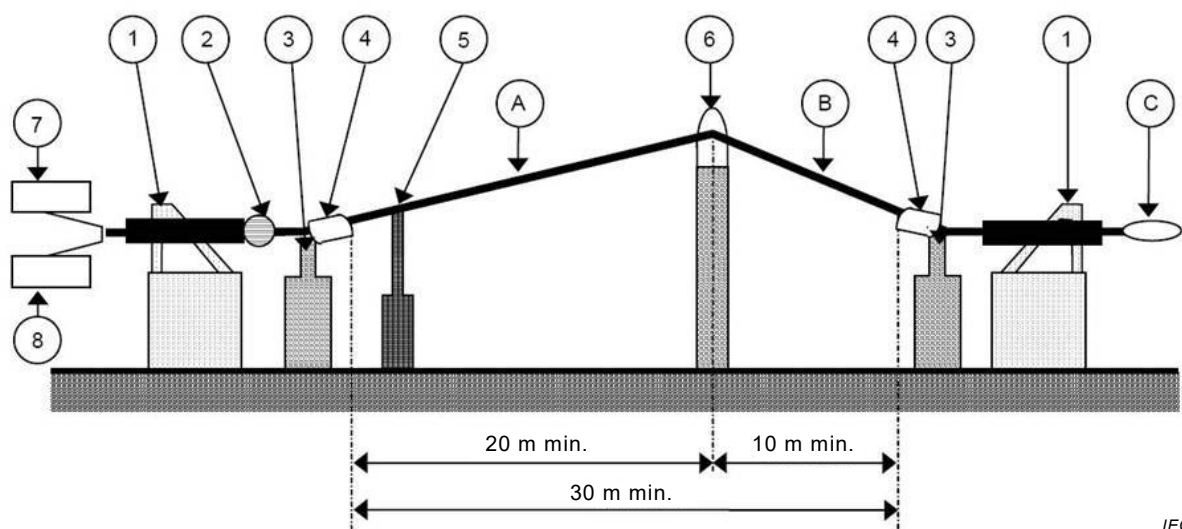
24.5 Exigences

Tout signe de dommage temporaire ou permanent du câble ou d'un de ses constituants plus grand que la valeur spécifiée dans la spécification particulière doit être un échec. Toute fluctuation à court terme ou variation à long terme de l'affaiblissement, si spécifiée, ne doit pas dépasser la plage spécifiée.

24.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- nombre de cycles de vibration, si différent de 10 000 000;
- caractéristiques du banc d'essai de vibration;
- longueur des portées;
- caractéristiques des dispositifs de suspension et d'ancrage utilisés;
- tension d'installation du câble, incluant les coefficients de surtension, si appliqués pendant la première phase;
- longueur du câble et des fibres en essai (caractéristiques des épissures entre fibres, si elles existent);
- longueur d'onde à laquelle la mesure optique est faite;
- mode de vibration/caractéristiques maintenus pendant l'essai;
- préparations des extrémités;
- caractéristiques de l'équipement de mesure incluant le type des dispositifs de mesure et les conditions d'injection;
- température ambiante et humidité pendant l'essai;
- masse/longueur unitaire et diamètre du câble.



Légende

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1 support d'extrémité | 7 dispositif de mesure – entrée |
| 2 cellule dynamométrique | 8 dispositif de mesure – sortie |
| 3 support intermédiaire | a portée active |
| 4 ancrage d'extrémité | b portée passive |
| 5 pot vibrant approprié | c épaisseur de fibre |
| 6 ensemble de suspension | |

Figure 27 – Essai de vibration éolienne

25 Méthode E20: Performance d'enroulement du câble

25.1 Objet

Le but de cet essai est de démontrer la capacité d'un câble à fibres optiques armé immergé à s'enrouler et se dérouler pour les besoins de l'installation.

25.2 Échantillon

Une longueur suffisante de câble, permettant de faire un nombre spécifié de boucles (par exemple 10) au diamètre spécifié, comme convenu entre le fabricant et l'utilisateur, doit être prise sur le câble soumis à essai.

25.3 Appareillage

L'essai n'exige aucun appareillage excepté une surface plane assez grande pour enrouler le nombre spécifié de boucles. Le diamètre des boucles doit être en conformité avec le diamètre minimal d'enroulement spécifié.

25.4 Procédure

Sauf spécification contraire, l'essai doit s'effectuer à une température spécifiée correspondant à la température ambiante lors des conditions de chargement ou de pose.

L'échantillon doit être pris à la fin de la production du câble et être enroulé à plat sur une surface adéquate. L'extrémité de départ du câble doit être fixée pendant l'essai. Il convient que

l'enroulement soit effectué à partir d'une hauteur typique de la hauteur envisagée pendant la fabrication, le chargement et la pose du câble.

L'enroulement doit démarrer à un diamètre spécifié par le fabricant. Il convient que la direction d'enroulement soit celle indiquée par le fabricant.

25.5 Exigences

Le câble doit former un cercle régulier et rester à plat sur la surface tout le long de la circonférence. D'autres exigences peuvent être définies après accord entre l'utilisateur et le fabricant.

25.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- longueur de l'échantillon,
- diamètre de la boucle,
- nombre de boucles,
- température,

26 Méthode E21: Force d'arrachage de gaine pour un câble à fibres optiques utilisé dans des cordons de brassage

26.1 Objet

Le but de cet essai est de mesurer la force nécessaire au retrait d'une longueur de gaine d'un câble à fibres optiques destiné à un usage au sein de cordons de brassage.

26.2 Généralités

Cette méthode d'essai est conçue pour mesurer la force nécessaire au retrait de la gaine du câble. Elle peut être appliquée aux câbles à fibres optiques simplex et duplex destinés à un usage au sein de cordons de brassage ou dans les éléments ou sous-éléments à une fibre ronde de câbles plus gros.

26.3 Échantillon

Une longueur de câble suffisamment longue pour être retenue par l'appareillage de traction doit être coupée et retirée de la bobine d'alimentation. L'échantillon est préparé comme représenté à la Figure 30, en utilisant la méthode suivante. À une extrémité de l'échantillon, marquer le câble à 50 mm et 53 mm de l'extrémité. Une coupe circulaire est alors effectuée aux deux points où la gaine doit être retirée. Une coupe longitudinale est alors effectuée entre les deux coupes circulaires. Retirer la gaine entre les deux coupes. Au cours de la préparation de l'échantillon, si une détérioration est transmise au cœur du câble, l'échantillon doit être écarté.

26.4 Appareillage

26.4.1 Généralités

Une représentation schématique du montage d'essai est donnée à la Figure 28.

26.4.2 Appareillage de traction d'essai

Une installation de traction contrôlable doit être utilisée et disposer de la capacité de tirer une distance spécifiée à une vitesse contrôlée.

26.4.3 Matériel d'enregistrement

Un ensemble de matériels d'enregistrement reliés à l'appareillage de traction d'essai doit être utilisé pour enregistrer les forces nécessaires pour retirer la gaine du cœur du câble. Les mesures doivent être enregistrées en N.

26.4.4 Outils de dénudage

Il est possible d'utiliser des outils permettant de retirer une longueur minimale de 3 mm de gaine externe à 50 mm de l'extrémité du câble, sans en endommager le cœur.

26.4.5 Traction

Un montage de traction, comme représenté à la Figure 29, doit être conçu pour être installé dans l'espace formé au sein de la gaine de l'échantillon en retirant la section de 3 mm, permettant une traction longitudinale de 50 mm de la gaine à dénuder à partir de l'extrémité préparée du câble.

26.4.6 Ancrage de câble

Une méthode doit être fournie pour fixer l'extrémité d'ancrage du câble durant la traction.

26.5 Procédure

L'extrémité préparée du câble est insérée dans le montage de traction (voir Figure 28) monté sur l'appareillage d'essai. L'extrémité opposée de l'échantillon est alors montée sur l'ancrage de câble sans aucune charge. Une traction contrôlée est effectuée à la vitesse indiquée. Les valeurs sont lues pour enregistrer les valeurs de crête de chaque traction d'essai.

26.6 Exigences

La force nécessaire pour retirer la gaine du cœur du câble doit se conformer aux valeurs indiquées dans la spécification particulière.

26.7 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) vitesse de séparation (vitesse de traction);
- b) longueur à dénuder (longueur de gaine retirée) si différente de celle en 28.4;
- c) force de dénudage de la gaine.

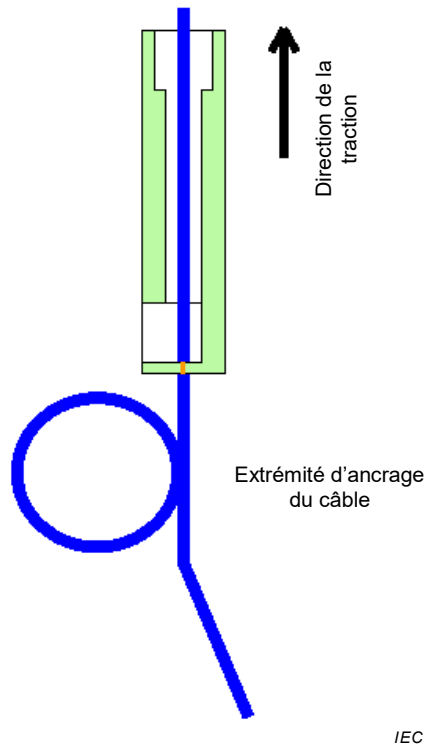
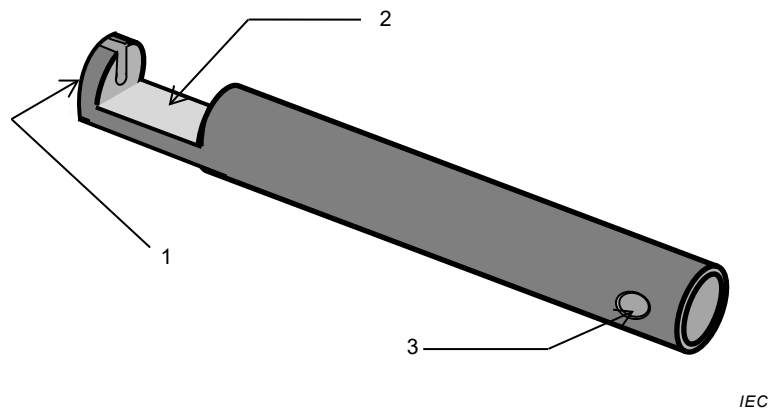


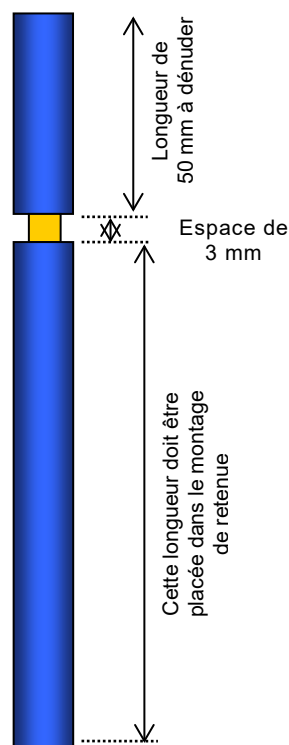
Figure 28 – Schéma du montage d'essai



Légende

- 1 extrémité du montage de traction; dimensions appropriées pour recevoir l'éprouvette préparée
- 2 fenêtre d'insertion de l'extrémité à dénuder
- 3 attache à l'appareillage de traction; détails nécessaires pour l'attache à l'appareillage particulier

Figure 29 – Exemple d'appareillage de traction



IEC

Figure 30 – Préparation de l'échantillon de câble

27 Méthode E22: Mouvement de fibres sous revêtement protecteur au sein de câbles à fibres optiques utilisés dans des cordons de brassage

27.1 Objet

Le but de cet essai est d'examiner le comportement d'affaiblissement (variation de l'affaiblissement) et la force de réaction lorsqu'une fibre sous revêtement protecteur au sein d'un câble utilisé dans un cordon de brassage se déplace uniquement sous l'effet d'une compression axiale.

27.2 Échantillon

Un échantillon de câble de 5 m de long doit être prélevé dans une longueur de câble fini. Aux deux extrémités de l'échantillon, 2 m de gaine de câble et des autres éléments de câble sont retirés, laissant une longueur centrale de 1,0 m sur l'échantillon.

27.3 Appareillage

L'appareillage se compose des éléments suivants:

- dispositif pour fixer une extrémité du câble sans compression et un mandrin pour fixer la fibre sous revêtement protecteur dépassant de cette extrémité. Il doit être possible de déplacer le mandrin vers l'extrémité du câble pour une distance réglable (voir Figure 31). La distance fixée entre le mandrin et l'extrémité du câble doit être de 7 mm,
- cellule dynamométrique pour contrôler la force exercée sur le mandrin avec une erreur maximale de $\pm 3\%$,
- équipement de contrôle de l'affaiblissement comme décrit dans l'IEC 60793-1-46.

27.4 Procédure

Une extrémité de la longueur de 1,0 m d'un échantillon de câble sous gaine, incluant l'élément de renfort, est fixée d'un côté du dispositif de fixation du câble (1 dans la Figure 30) et la fibre sous revêtement protecteur exposée est fixée dans le mandrin de fibre (2 dans la Figure 30).

À l'autre extrémité de l'échantillon de 1,0 m, la fibre et la gaine sont collées ensemble avec de l'époxyde afin d'empêcher tout mouvement de la fibre au sein de l'échantillon de câble. Les fibres sans gaine sont raccordées à l'équipement de contrôle de l'affaiblissement (voir Figure 31).

Le mandrin est déplacé vers l'extrémité fixée du câble sur 0,4 mm, ou sur la distance de compression exigée indiquée dans la spécification particulière appropriée.

Si plusieurs mouvements sont spécifiés, retourner le mandrin à la position de départ et effectuer le cycle de compression de nouveau.

Au cours de ce mouvement, les variations de l'affaiblissement ainsi que la force de réaction sont contrôlées. L'essai doit être réalisé à température ambiante.

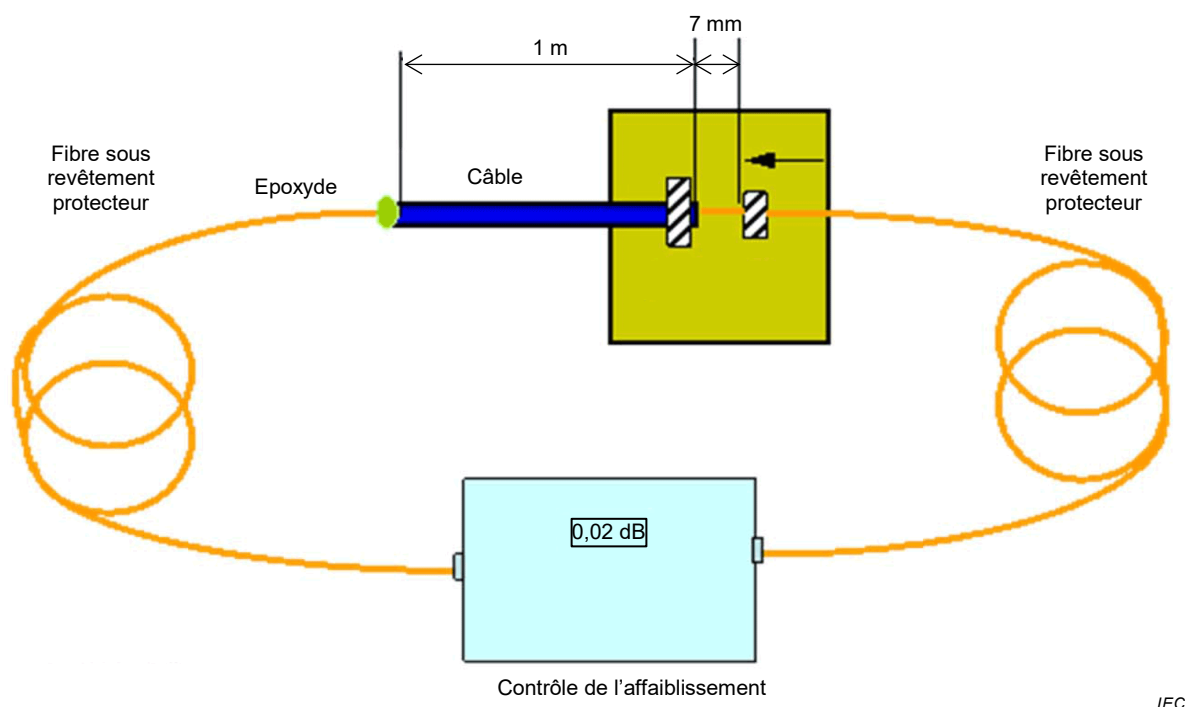
27.5 Exigences

La variation de l'affaiblissement et la force de réaction à la distance de compression exigée ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans la spécification particulière. La distance de compression recommandée est 0,4 mm.

27.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) distance de compression;
- b) méthode de contrôle des variations de l'affaiblissement;
- c) nombre de mouvements;
- d) force de réaction;
- e) variation de l'affaiblissement.



IEC

Légende

- 1 fixation du câble
- 2 mandrin de fibre et cellule dynamométrique
- ← mouvement de compression

Figure 31 – Montage d'essai pour le mouvement de fibre sous compression

28 Méthode E23: Essai de vérification du cheminement du microconduit

28.1 Objet

Le but de cet essai est de fournir une validation de pré-installation du système de microconduit pour l'acceptation d'un câble à fibres optiques en microconduit.

28.2 Généralités

Un essai de vérification du cheminement consiste à faire passer un objet d'essai, comme une sphère d'un diamètre sensiblement égal à celui du câble ou 1 m du câble réel à installer, au travers du chemin à remplir. Un essai réussi indique que le chemin du câble en question n'est pas obstrué.

28.3 Échantillon

L'échantillon est l'itinéraire par lequel le câble optique en microconduit doit passer. Alternativement, un appareillage d'essai à échelle réduite peut être utilisé pour prouver la pertinence de l'application.

28.4 Appareillage

Un objet d'essai, comme une sphère, d'un diamètre sensiblement égal à celui du câble, ou 1 m du câble réel à installer, un équipement d'installation de soufflage et une méthode sûre permettant d'attraper la sphère ou un autre objet à l'autre extrémité du microconduit.

28.5 Procédure

Installer le dispositif de récupération de l'objet à l'extrémité distante du microconduit, insérer l'objet dans le microconduit et appliquer la pression de l'air conformément à la spécification particulière.

28.6 Exigences

L'objet doit traverser le chemin du microconduit.

28.7 Détails à mentionner dans le rapport

Les informations suivantes doivent être déclarées:

- dimensions de l'objet;
- matériau de l'objet;
- informations concernant le microconduit (ID, OD);
 - longueur du chemin;
 - emplacement et description des courbures importantes, si connues;
 - emplacement du joint (le cas échéant);
- attributs de l'air comprimé;
 - température;
 - pression;
 - humidité relative.

29 Méthode E24: Essai d'installation pour un câblage en microconduits

29.1 Objet

Démontrer la possibilité d'installation d'un câblage optique en microconduits, microcâbles, unités de fibres, etc., dans des microconduits ou des microconduits protégés.

29.2 Généralités

Cette méthode d'essai est conçue pour évaluer les performances de soufflage d'un câblage optique en microconduits dans un microconduit ou un microconduit protégé. Les conditions d'essais se rapprochent de celles présentes dans des installations pratiques. L'essai est effectué dans les conditions ambiantes, avec des températures supérieures à 0 °C (afin d'éviter tout blocage dû à la glace) et inférieures à +40 °C (limite au-dessus de laquelle une dégradation rapide des performances de soufflage a été observée).

29.3 Échantillon

Un microconduit ou un microconduit protégé, d'une longueur ayant fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur, formé comme représenté à la Figure 32. Plusieurs longueurs individuelles et séparées peuvent être connectées en utilisant des raccords.

Un câblage en microconduits, d'une longueur égale ou supérieure à l'échantillon de microconduits.

29.4 Appareillage

L'appareillage se compose des éléments suivants:

- équipement de soufflage ayant fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur,

- équipement de mesure de température et d'humidité,
- minuterie,
- contrôle de vitesse (sécurité),
- dispositif de mesure de pression (sécurité),
- dispositif de mesure du flux d'air.

29.5 Procédure

Souffler l'air dans le microconduit pendant 10 min afin de mettre le chemin d'essai en condition et d'assurer un flux d'air stable.

Préparer l'extrémité avant du câblage conformément aux instructions d'installation (par exemple en pinçant un cordon à l'avant d'une unité de fibres en microconduit). Si la méthode d'installation l'exige et après accord entre le client et le fournisseur, le câblage et/ou le microconduit peuvent être lubrifiés. La plupart des lubrifiants de traction ne conviennent pas aux installations de soufflage. À la place, des lubrifiants sont habituellement élaborés pour cette application spécifique.

L'extrémité de sortie du microconduit doit être correctement protégée afin d'éviter que le câblage ne sorte du microconduit de façon incontrôlée et dangereuse.

Souffler le câblage de fibres optiques en microconduits dans le chemin d'essai en microconduit avec une pression d'air spécifiée et la force de poussée sûre exigée pour maintenir la vitesse maximale. Installer le câblage directement depuis son emballage (par exemple touret, bac, etc.) sans heurt afin de ne pas dégrader les performances d'installation. Consigner le temps écoulé et la force de poussée à des intervalles réguliers (habituellement chaque 100 m) durant l'essai.

La force de poussée peut être ajustée pour maintenir la vitesse d'installation au sein de la plage admise.

Avant tout essai d'installation d'un câble soufflé ou toute installation réelle, il est primordial d'effectuer un "essai de choc" afin de déterminer la force de poussée maximale applicable au câble par la tête de soufflage. Cet essai implique l'utilisation de la tête de soufflage pour conduire le câble (à la vitesse d'installation de câble recommandée) sur la longueur du mini-conduit (10 m habituellement). Une butée d'extrémité de tube se trouve à l'extrémité du mini-conduit. Lorsque le câble heurte la butée d'extrémité, il convient que la tête de soufflage arrête le câble sans l'endommager. Cela est ensuite répété en augmentant la force de poussée jusqu'à observer une détérioration du câble. La force de poussée maximale du câble est alors considérée comme la valeur maximale de la force de poussée n'entraînant aucune détérioration du câble lorsque celui-ci heurte la butée d'extrémité. Cette procédure garantit que le câble n'est pas endommagé s'il rencontre un blocage dans le mini-conduit lors du processus d'installation [1]¹.

29.6 Exigences

Les exigences suivantes doivent être satisfaites:

- temps d'installation maximal acceptable;
- distance d'installation minimale acceptable.

29.7 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- ID/OD du microconduit;

¹ Les nombres entre crochets font référence à la Bibliographie.

- longueur du tronçon L (100 m, sauf spécification contraire);
- longueur totale (1 000 m, sauf spécification contraire);
- diamètre de courbure (40 fois le diamètre extérieur du microconduit, sauf spécification contraire);
- exigence de lubrification (aucune à utiliser, sauf spécification contraire);
- pression de soufflage (1,3 MPa à 1,5 MPa pour un câble en microconduit ou 0,9 MPa à 1,0 MPa pour une unité de fibres en microconduit, sauf spécification contraire);
- temps d'installation;
- plage de vitesse d'installation (de 5 m/min, au minimum, à 60 m/min, au maximum, sauf spécification contraire);
- câblage à soumettre à l'essai.

29.8 Détails à mentionner dans le rapport

Les informations suivantes doivent être consignées dans le rapport:

- description du microconduit et du câblage soumis à l'essai;
- diamètre externe du câblage en microconduit, ou axes majeur et mineur pour un câblage non circulaire;
- ID/OD du microconduit;
- finition de la surface du microconduit (par exemple lisse ou nervurée);
- OD du microconduit protégé;
- longueur du tronçon L ;
- longueur totale du chemin;
- diamètre de courbure;
- lubrifiant (le cas échéant);
- méthode(s) de lubrification (le cas échéant);
- équipement de soufflage (décrire la marque et le type);
- pression de soufflage;
- force de poussée sur le câblage en microconduit (en fonction de l'équipement et du câblage en microconduit);
- température;
- humidité;
- distance installée;
- temps d'installation.

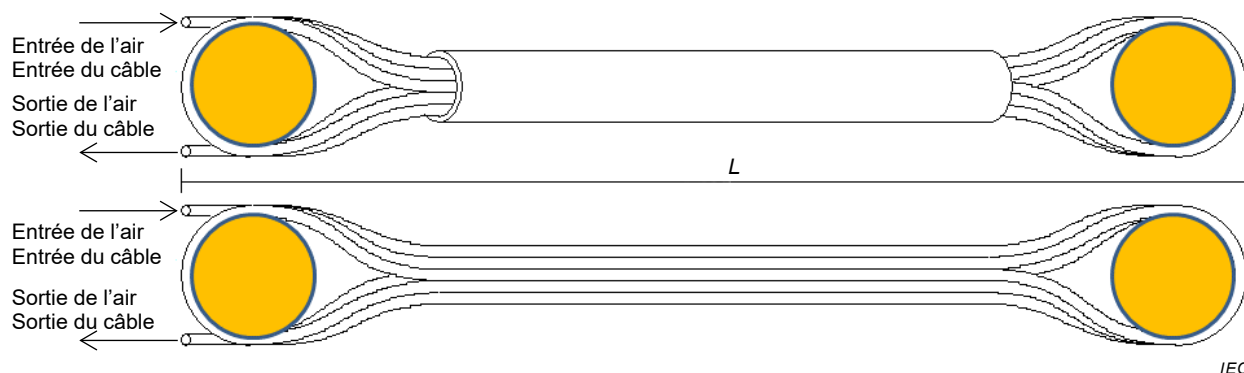


Figure 32a – Microcable protégé

Figure 32b – Microcable (non protégé)

Figure 32 – Représentation schématique du chemin d'essai, avec la longueur du tronçon L

30 Méthode E25: Essai de fonctionnement du fil de déchirement

30.1 Objet

Cet essai a pour but de déterminer si un fil de déchirement est apte à faciliter l'ouverture d'une gaine de câble optique sans la déchirer. Il est effectué une fois le câble refroidi à la température minimale attendue pour l'installation (les températures basses types recommandées dans l'IEC TR 62691 sont 0 °C pour les gaines en PVC et –15 °C pour les gaines en polyéthylène).

Cet essai peut également être effectué à la température maximale d'installation si cela est exigé (+50 °C est recommandé dans l'IEC TR 62691), bien que cela ne soit normalement pas nécessaire car la plupart des matériaux du câble ont un module plus bas à de hautes températures qu'à de basses températures et ils se déchirent donc plus facilement.

30.2 Échantillon

La longueur minimale de l'échantillon d'essai doit être 1,5 m. Selon la construction du câble, un échantillon plus long peut être nécessaire pour assurer que le fil de déchirement ne sorte pas de l'échantillon d'essai une fois tiré. La longueur peut également être plus importante si plus de 100 mm sont nécessaires pour la préparation des extrémités.

30.3 Appareillage

L'appareillage se compose des éléments suivants:

- enceinte climatique dont les dimensions lui permettent de recevoir l'échantillon et dont la température doit être réglée pour rester à ± 3 °C de la température d'essai spécifiée,
- outils de préparation de câble adaptés,
- toute méthode de maintien de câble pour l'essai, comme le maintien ou une fixation manuelle de l'échantillon, est acceptable.

30.4 Procédure

Les étapes suivantes doivent être effectuées:

- Préparer une extrémité du câble en retirant une partie ou la totalité de la gaine sur une longueur de 100 mm pour révéler le(s) fil(s) de déchirement.
- Faire une marque sur la gaine à 1 m de l'extrémité préparée.
- Placer l'échantillon dans l'enceinte thermostatique. Il est permis d'enrouler le câble pour cette opération.

- d) Fixer la température de l'enceinte à la température d'essai (-15 °C sauf accord entre le client et le fournisseur).
- e) Laisser l'échantillon dans la chambre pendant au moins 4 h.
- f) Retirer le câble de l'enceinte et exécuter immédiatement les étapes suivantes.
- g) Tenir un fil de déchirement et le tirer jusqu'à ce que 1 m d'échantillon de câble soit déchiré et que son cœur apparaisse.

30.5 Exigences

Les fils de déchirement doivent déchirer la gaine du câble et ne doivent pas se rompre lorsqu'ils sont tirés.

Si le fil de déchirement se rompt avant d'atteindre la marque de 1 m, deux échantillons supplémentaires de suivi peuvent être soumis à l'essai à partir de la même longueur de câble. L'essai du câble est réussi si aucun des deux échantillons supplémentaires de suivi ne se rompt avant d'atteindre la marque de 1 m.

Si le fil de déchirement sort de l'extrémité du câble sans avoir découpé la gaine, répéter l'essai.

30.6 Détails à spécifier

La spécification concernée doit indiquer les éléments suivants:

- température(s) d'essai, si différente de celle indiquée ci-dessus.

30.7 Détails à mentionner dans le rapport

Les informations suivantes doivent être consignées dans le rapport:

- a) température(s) d'essai;
- b) longueur entre repères d'essai;
- c) construction du câble;
- d) matériau de la gaine;
- e) matériau du fil de déchirement;
- f) nombre de fils de déchirement dans le câble;
- g) nombre d'échantillons soumis à essai;
- h) résultats des mesures;
- i) identification du câble.

31 Méthode E26: Galop

31.1 Objet

Le but de cet essai est d'évaluer les effets de la fatigue et de la contrainte sur le câble autoportant et sur les caractéristiques optiques des fibres lors d'une exposition à des forces galopantes types, comme celles expérimentables après l'installation.

31.2 Échantillon

La longueur de l'échantillon d'essai du câble à fibres optiques doit permettre un retrait des revêtements du câble en dehors des points de tension pour offrir un accès aux fibres optiques dans le cadre d'un essai optique. Avant la mise en traction, l'échantillon d'essai doit être préparé à ses extrémités de manière que les fibres optiques ne puissent pas se déplacer axialement par rapport à la structure du câble dans la longueur soumise à la charge. Voir Figure 33.

La longueur totale de la fibre optique soumise à l'essai comme une fonction de la longueur fixée (L1) doit être d'au moins 100 m. Pour obtenir cette longueur, plusieurs fibres peuvent être assemblées de telle sorte que le nombre de fibres assemblées multiplié par la longueur fixée soumise à l'essai (L1) soit d'au moins 100 m. Il convient que les raccords soient effectués pour que l'équipement optique puisse se situer à la même extrémité, mais d'autres installations sont permises. Au moins une fibre de chaque tube de protection, faisceau de fibres ou unité doit être mesurée pour l'essai.

31.3 Appareillage

Une installation d'essai de base pour la conduite d'un essai de galop de câble est représentée à la Figure 33. L'échantillon d'essai est fixé aux deux extrémités en utilisant des assemblages adaptés ou d'autres éléments pour supporter l'application d'une charge de traction d'essai dans la direction axiale pour simuler une installation autoporteuse. D'autres assemblages sont utilisés pour fixer le câble sur les plans vertical et horizontal, à des points proches des extrémités, afin d'isoler la longueur de câble soumise au galop (longueur fixée). Les points à chaque extrémité de l'échantillon d'essai où la longueur de galop est fixée et la charge de traction appliquée peuvent être combinés ou séparés. Dans tous les cas, la longueur exposée au galop doit tomber dans une partie de l'échantillon d'essai tractée comme exigé ci-dessous, et elle ne doit pas affecter l'application de la charge de traction.

Un dispositif étalonné, comme un dynamomètre, une cellule dynamométrique, ou un faisceau de charge, doit être utilisé pour contrôler la tension du câble. Les tensions exigées sont abordées en 33.4, sous "Critères de charge".

La longueur fixée (L1) doit être d'au moins 35 m avec l'ensemble de suspension placé à environ la moitié de la distance entre les deux ancrages d'extrémité. L'ensemble de suspension doit être à une hauteur telle que l'angle statique de flèche du câble à l'horizontale ne dépasse pas 5 ° dans la direction de la portée active (L2).

Un pot vibrant contrôlé électroniquement doit être utilisé pour exciter le câble dans le plan vertical. L'ensemble vibrant doit être solidement fixé au câble afin d'être normal par rapport au câble dans le plan vertical, et il ne doit pas affecter l'application de la charge de traction sur la longueur soumise à l'essai. L'amplitude d'un ventre (antinode), galop d'une boucle unique, doit être contrôlée. L'amplitude crête à crête minimale de galop doit être égale à un vingt-cinquième de la longueur de la portée active. La fréquence d'essai doit être la fréquence de résonance à boucle unique.

31.4 Procédure

Le câble doit être soumis à au moins 100 000 cycles de galop. L'essai est la fréquence de résonance à boucle unique pour la condition de galop. Le rapport de la longueur de ventre d'oscillation/ amplitude de l'antinode crête à crête minimale doit être maintenu à 1/25, comme mesuré dans la portée active (L2).

La sortie de la source d'essai optique doit être divisée en deux signaux. Un signal doit être connecté à un bolomètre optique et doit faire office de référence. L'autre signal doit être connecté à une extrémité libre de la fibre d'essai. Le signal de retour doit être connecté à un deuxième bolomètre optique. Toutes les connexions optiques et les raccords doivent demeurer intacts pendant toute la durée de l'essai.

Critère de chargement:

Le câble doit être tracté à une valeur faisant apparaître le phénomène de galop sur l'appareillage d'essai (une onde semi-sinusoïdale unique; voir Figure 33). La valeur suggérée est 5 % d'une tension maximale admissible (MAT) pour l'OPGW ou 50 % de la tension d'installation maximale (MIT) pour l'ADSS. Cependant, il convient que la longueur entre repères dans l'appareillage d'essai soit prise en compte, et une valeur inférieure convient fréquemment.

Les mesures optiques doivent être effectuées comme suit:

- a) Prendre une mesure optique initiale pour chaque signal.

NOTE La différence entre les deux signaux pour une mesure initiale fournit un niveau de référence. Une variation de la différence au cours de l'essai indique la variation de l'affaiblissement de la fibre soumise à l'essai. Les signaux peuvent être fournis en sortie sur un enregistreur à bande déroulante pour un enregistrement continu sur papier.

- b) L'échantillon d'essai doit ensuite être chargé d'après les critères de chargement ci-dessus. Une fois le galop initié, l'affaiblissement doit être enregistré chaque 2 000 cycles de galop et l'échantillon doit être physiquement inspecté.
- c) Une mesure optique finale doit être effectuée une fois les 100 000 cycles d'essai de galop terminés, permettant une période de stabilisation d'au moins 2 h.

31.5 Exigences

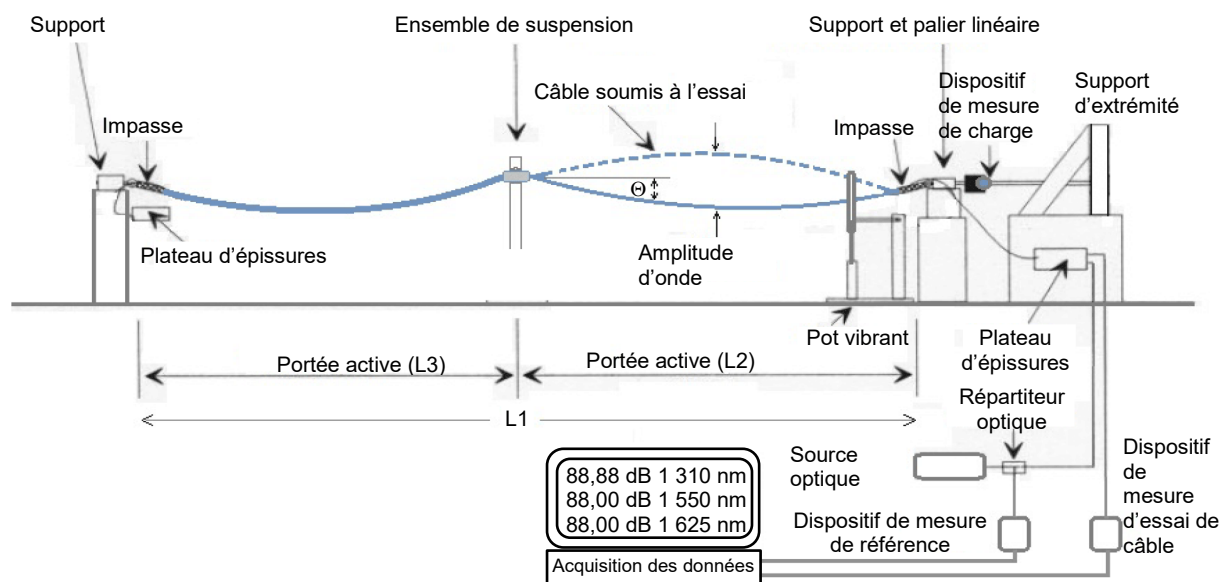
Il ne doit y avoir aucune fissure ou ouverture sur les éléments du câble.

Il convient que l'augmentation de l'affaiblissement optique maximal mesuré ne dépasse pas la valeur stipulée dans la spécification particulière.

31.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- a) tension d'installation maximale assignée;
- b) charge assignée de câble maximale (MCRL), charge assignée de câble maximale;
- c) augmentation de l'affaiblissement admissible au cours de l'essai.



IEC

Figure 33 – Essai de galop de câble

Tableau 3 – Valeurs d'essai pour le schéma d'essai de galop de câble

Dimension	Description	Valeur
L1	Longueur fixée	≥ 30 m
L2	Portée active	≥ 15 m ¹
L3	Portée passive	≥ 15 m ¹
L4	Longueur de ventre d'oscillation	²
Θ	Angle statique de flèche	$\leq 1^\circ$
¹ L2 et L3 sont sensiblement égales. ² La longueur varie lorsque cela est nécessaire pour obtenir des caractéristiques de galop spécifiées basées sur L1 à L3.		

32 Méthode E27: Essai d'installation simulée en intérieur

32.1 Généralités

Cet essai est à l'étude.

32.2 Objet

Cet essai est conçu pour simuler l'installation d'un câble intérieur contenant des fibres unimodales ou multimodales, et pouvant contenir des angles étroits, un agrafage et un stockage de câble. Cet essai est agressif, étant beaucoup plus sévère que les pratiques d'installation traditionnelles, et il a pour but de démontrer le niveau de solidité du câble à l'essai.

NOTE Cet essai est avant tout destiné à évaluer les performances des câbles contenant des fibres insensibles à la courbure. Les câbles intérieurs contenant d'autres types de fibres ne sont pas supposés répondre aux exigences associées à cet essai.

32.3 Échantillon

À l'étude.

32.4 Appareillage

À l'étude.

32.5 Procédure

À l'étude.

32.6 Exigences

À l'étude.

32.7 Détails à spécifier

À l'étude.

À l'étude

Figure 34 – Essai d'installation simulée en intérieur

33 Méthode E28: Essai de fiabilité mécanique de câble et de fibre

33.1 Objet

Cet essai est conçu pour simuler la contrainte d'une tension et d'une courbure simultanées. Le câble pourvu d'un angle enveloppé est soumis à une charge supérieure à la charge résiduelle à long terme afin d'accélérer la mise à l'essai. Cet essai est destiné aux câbles contenant peu de fibres. Les câbles simplex et duplex sont les plus communs, mais d'autres câbles, contenant 4 ou 6 fibres au maximum, peuvent être mis à l'essai.

33.2 Échantillon

Les échantillons de câble doivent être du type indiqué dans la spécification applicable. Ils doivent être d'une longueur suffisante pour recevoir l'appareillage utilisé, comprenant la longueur à l'essai, la longueur nécessaire pour la méthode de fixation (mandrins, etc.), et toute longueur nécessaire pour la méthode d'essai optique utilisée.

33.3 Appareillage

L'appareillage d'essai doit permettre la suspension d'un câble sur un angle dans une configuration de courbure à 90°. Le câble doit être tendu en suspendant une masse à la queue verticale de l'échantillon. Le diamètre de l'angle doit être contrôlé et ne doit pas être dentelé par la force du câble tendu. L'utilisation d'une broche métallique, ou équivalent, au niveau de l'angle permet d'atteindre cet objectif. La Figure 35 représente un appareillage type.

La méthode d'attache à l'extrémité d'ancrage du câble et au point d'attache de la masse de tension est critique pour la réussite de l'essai. Le câble et les fibres doivent être bien reliés. La gaine recouvrant le câble ne doit pas s'étirer ou se tasser. Voir la procédure, étape a). Un mandrin en forme de 8 constitue une méthode démontrée pour atteindre ces objectifs. Voir la Figure 35.

33.4 Procédure

Une longueur continue de câble pend verticalement autour d'un support positionné pour servir d'angle. Une masse pend sur le câble afin d'appliquer la force d'essai:

- a) La section horizontale du câble doit être ancrée pour empêcher tout entassement du matériau de la gaine et pour que les fibres soient reliées à la balance du câble. L'une des méthodes possibles utilise plusieurs éléments de ceinture autour d'un mandrin. Le câble doit être placé sur l'attache d'ancrage de telle sorte que le câble se courbe autour d'un support sur un angle de 90 degrés.
- b) La broche d'angle doit avoir un diamètre de $3,0 \text{ mm} \begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$ mm.
- c) Un poids égal à 1,5 fois la charge assignée à long terme doit être fixé à la section verticale du câble. Il convient d'appliquer la charge de façon graduelle afin d'empêcher une déchirure de la gaine. Un dispositif ou un mandrin en forme de 8 doit être utilisé pour relier les composants de fibre et de câble.
- d) L'essai dure 30 jours.

33.5 Exigences

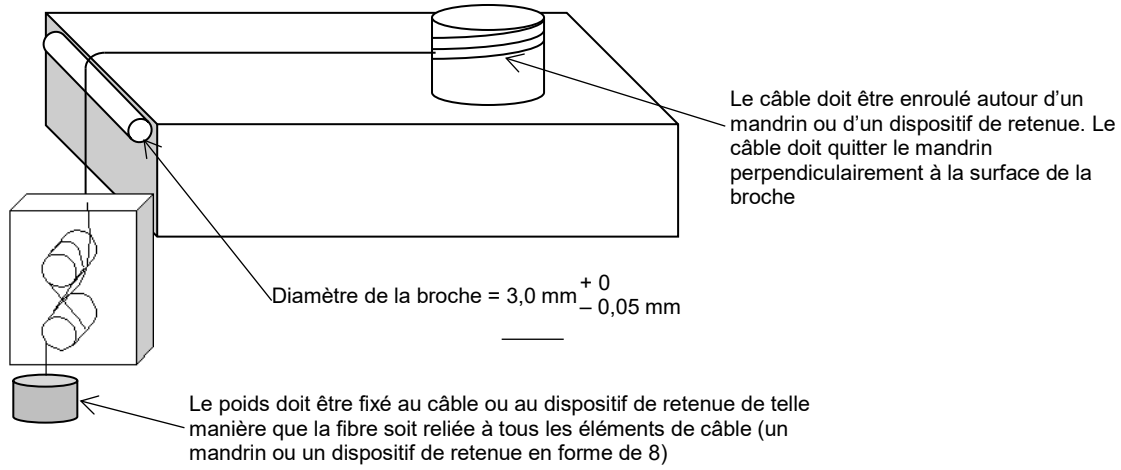
Une rupture de la fibre ou la présence de fissures visibles sur la surface externe de la gaine constitue un échec.

33.6 Détails à spécifier

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- type de câble à soumettre à l'essai;

- charge assignée à long terme;
- charge d'essai, si différente de celle indiquée ci-dessus;
- durée de l'essai si différent de celui indiqué ci-dessus.



IEC

La figure n'est pas à l'échelle.

Figure 35 – Appareillage d'essai de fiabilité mécanique

Bibliographie

- [1] *Installation of Mini-Cables: factors that influence the installation performance of mini-cables*, SUTEHALL. R. et al, Proceedings of the 59th IWCS Conference. Disponible sur le site web <http://www.iwcs.org/>
-

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