

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Fibre-optic communication subsystem test procedures –
Part 4-1: Installed cabling plant – Multimode attenuation measurement**

**Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication fibroniques –
Partie 4-1: Installation câblée – Mesure de l'affaiblissement en multimodal**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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



**Fibre-optic communication subsystem test procedures –
Part 4-1: Installed cabling plant – Multimode attenuation measurement**

**Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication fibroniques –
Partie 4-1: Installation câblée – Mesure de l'affaiblissement en multimodal**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.01

ISBN 978-2-8322-6893-3

**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	7
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Terms, definitions, graphical symbols and abbreviated terms.....	9
3.1 Terms and definitions.....	10
3.2 Graphical symbols	12
3.3 Abbreviated terms.....	14
4 Test methods.....	14
4.1 General.....	14
4.2 Cabling configurations and applicable test methods	15
5 Overview of uncertainties	17
5.1 General.....	17
5.2 Sources of significant uncertainties.....	17
5.3 Consideration of the PM.....	18
5.4 Consideration of test cord connector grade	18
5.5 Typical uncertainty values.....	18
6 Apparatus.....	19
6.1 General.....	19
6.2 Light source	19
6.2.1 Stability	19
6.2.2 Spectral characteristics (LSPM measurement).....	19
6.3 Launch cord	20
6.4 Receive or tail cord	20
6.5 Substitution cord	21
6.6 Power meter – LSPM methods only.....	21
6.7 OTDR apparatus.....	21
6.8 Connector end face cleaning and inspection equipment	22
6.9 Adapters	22
7 Procedures	22
7.1 General.....	22
7.2 Common procedures	22
7.2.1 Care of the test cords	22
7.2.2 Make reference measurements (LSPM methods only).....	22
7.2.3 Inspect and clean the ends of the optical fibres in the cabling.....	22
7.2.4 Make the measurements.....	23
7.2.5 Make the calculations	23
7.2.6 Duplex and bi-directional testing.....	23
7.3 Calibration	23
7.4 Safety	23
8 Calculations.....	23
9 Documentation	23
9.1 Information for each test	23
9.2 Information to be available.....	24
Annex A (normative) One-cord method	25
A.1 Applicability of test method	25

A.2	Apparatus	25
A.3	Procedure	25
A.4	Calculation	26
A.5	Components of reported attenuation	26
Annex B	(normative) Three-cord method	27
B.1	Applicability of test method	27
B.2	Apparatus	27
B.3	Procedure	27
B.4	Calculations	28
B.5	Components of reported attenuation	28
Annex C	(normative) Two-cord method	29
C.1	Applicability of test method	29
C.2	Apparatus	29
C.3	Procedure	29
C.4	Calculations	30
C.5	Components of reported attenuation	30
Annex D	(normative) Equipment cord method	32
D.1	Applicability of the test method	32
D.2	Apparatus	32
D.3	Procedure	32
D.4	Calculation	33
D.5	Components of reported attenuation	33
D.6	Typical uncertainty values	34
Annex E	(normative) Optical time domain reflectometer	35
E.1	Applicability of the test method	35
E.2	Apparatus	35
E.2.1	General	35
E.2.2	OTDR	35
E.2.3	Test cords	35
E.3	Procedure (test method)	36
E.4	Calculation	37
E.4.1	General	37
E.4.2	Connection location	37
E.4.3	Definition of power levels F_1 and F_2	38
E.4.4	Alternative calculation	38
E.5	OTDR uncertainties	40
Annex F	(normative) Requirements for the source characteristics	42
F.1	Encircled flux	42
F.2	Assumptions and limitations	42
F.3	Encircled flux templates	42
F.3.1	General	42
F.3.2	Uncertainties expectations	43
F.3.3	Templates	43
F.4	Graphical representation of templates	44
Annex G	(informative) OTDR configuration information	46
G.1	General	46
G.2	Fundamental parameters that define the operational capability of an OTDR	47
G.2.1	Dynamic range	47

G.2.2	Pulse width	47
G.2.3	Averaging time	47
G.2.4	Dead zone	47
G.3	Other parameters	47
G.3.1	Index of refraction	47
G.3.2	Measurement range	48
G.3.3	Distance sampling	48
G.4	Other measurement configurations	48
G.4.1	General	48
G.4.2	Macrobend or splice attenuation measurement	48
G.4.3	Splice attenuation measurement	49
G.4.4	Measurement with high reflection connectors or short length cabling	49
G.4.5	Ghost	51
G.5	More on the measurement method	52
G.6	Bi-directional measurement	53
G.7	Non-recommended practices	54
G.7.1	Measurement without tail test cord	54
G.7.2	Cursor measurement	54
Annex H (informative)	Test cord attenuation verification	55
H.1	General	55
H.2	Apparatus	55
H.3	Procedure	55
H.3.1	General	55
H.3.2	Test cord verification for the one-cord and two-cord methods when using non-pinned/unpinned and non-plug/socket style connectors	56
H.3.3	Test cord verification for the one-cord and two-cord methods when using pinned/unpinned or plug/socket style connectors	57
H.3.4	Test cord verification for the three-cord method when using non-pinned/unpinned and non-plug/socket style connectors	59
H.3.5	Test cord verification for the three-cord method when using pinned/unpinned or plug/socket style connectors	61
Annex I (normative)	On the use of reference-grade test cords	63
I.1	General	63
I.2	Practical configurations and assumptions	63
I.2.1	Component specifications	63
I.2.2	Conventions	64
I.2.3	Reference planes	64
I.3	Impact of using reference grade test cords for recommended LSPM methods	64
I.4	Examples for LSPM measurements	65
I.4.1	Example 1 (configuration A, 1-C method – Annex A)	65
I.4.2	Example 2 (configuration D, EC method – Annex D)	65
I.5	Impact of using reference-grade test cords for different configurations using the OTDR test method	66
I.5.1	Cabling configurations A, B and C	66
I.5.2	Cabling configuration D	67
Annex J (informative)	Launch cord output near-field verification	69
J.1	Direct verification	69
J.2	Test equipment manufacturer verification	69
J.3	Field check with physical artefact	69
J.3.1	General	69

J.3.2	Procedure for attenuation characterization of artefacts	71
J.3.3	Construction details	71
J.3.4	Example results	72
Bibliography.....		76
Figure 1 – Connector symbols		13
Figure 2 – Symbol for cabling under test.....		13
Figure 3 – Reference plane for configuration A tested with the 1-cord method		16
Figure 4 – Reference plane for configuration B tested with the 3-cord method		16
Figure 5 – Reference plane for configuration C tested with the 2-cord method		17
Figure 6 – Reference plane for configuration D tested with the EC method		17
Figure 7 – OTDR schematic.....		21
Figure A.1 – Reference measurement.....		26
Figure A.2 – Test measurement.....		26
Figure B.1 – Reference measurement.....		27
Figure B.2 – Test measurement.....		28
Figure C.1 – Reference measurement.....		29
Figure C.2 – Test measurement.....		30
Figure C.3 – Test measurement for plug-socket style connectors.....		30
Figure D.1 – Reference measurement.....		33
Figure D.2 – Test measurement.....		33
Figure E.1 – OTDR method.....		36
Figure E.2 – Location of the ports of the cabling under test.....		37
Figure E.3 – Graphic construction of F_1 and F_2		38
Figure E.4 – Graphic construction of F_1 , F_{11} , F_{12} and F_2		40
Figure F.1 – Encircled flux example		45
Figure G.1 – Splice and macrobend attenuation measurement.....		49
Figure G.2 – Attenuation measurement with high reflection connectors.....		50
Figure G.3 – Attenuation measurement of a short length cabling.....		51
Figure G.4 – OTDR trace with ghost		52
Figure G.5 – Cursor positioning		53
Figure H.1 – Obtaining reference power level P_0		57
Figure H.2 – Obtaining power level P_1		57
Figure H.3 – Obtaining reference power level P_0		58
Figure H.4 – Obtaining power level P_1		58
Figure H.5 – Obtaining reference power level P_0		59
Figure H.6 – Obtaining power level		59
Figure H.7 – Obtaining reference power level P_0		60
Figure H.8 – Obtaining power level P_1		60
Figure H.9 – Obtaining power level P_5		61
Figure H.10 – Obtaining reference power level P_0		62

Figure H.11 – Obtaining power level P_1	62
Figure I.1 – Cabling configurations A, B and C tested with the OTDR method	66
Figure I.2 – Cabling configuration D tested with the OTDR method	68
Figure J.1 – Initial power measurement.....	70
Figure J.2 – Verification of reference-grade connection	70
Figure J.3 – Two offset splices.....	70
Figure J.4 – Five offset splices	71
Figure J.5 – EF centred	72
Figure J.6 – EF underfilling	73
Figure J.7 – EF overfilling	73
Figure J.8 – L1 attenuation with mandrel.....	74
Figure J.9 – L1 attenuation with mandrel and mode conditioner	74
Figure J.10 – L2 attenuation with mandrel.....	74
Figure J.11 – L2 attenuation with mandrel and mode conditioning.....	75
Figure J.12 – L3 attenuation with mandrel.....	75
Figure J.13 – L3 attenuation with mandrel and mode conditioning.....	75
Table 1 – Cabling configurations.....	15
Table 2 – Test methods and configurations.....	15
Table 3 – Measurements bias related to test cord connector grade	18
Table 4 – Uncertainty for a given attenuation at 850 nm.....	19
Table 5 – Spectral requirements	19
Table D.1 – Uncertainty for a given attenuation at 850 nm	34
Table F.1 – Attenuation, threshold tolerance and confidence level	43
Table F.2 – EF requirements for 50 µm core optical fibre cabling at 850 nm	43
Table F.3 – EF requirements for 50 µm core optical fibre cabling at 1 300 nm.....	44
Table F.4 – EF requirements for 62,5 µm core optical fibre cabling at 850 nm.....	44
Table F.5 – EF requirements for 62,5 µm core optical fibre cabling at 1 300 nm.....	44
Table G.1 – Default effective group index of refraction values.....	48
Table I.1 – Measurement bias when using reference-grade test cords	65
Table I.2 – Measurement bias when using reference grade test cords – OTDR test method	67

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIBRE-OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –**Part 4-1: Installed cabling plant – Multimode attenuation measurement****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 61280-4-1 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 2009. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) changes to Annex F on encircled flux to harmonise with IEC TR 62614-2, but keeping the encircled flux limits defined in Tables F.2 to F.5 unchanged;
- b) addition of an equipment cord method in Annex D;
- c) inclusion of testing bend insensitive multimode optical fibre;
- d) updates to measurement uncertainty;
- e) definition of additional cabling configurations;
- f) changes to Table 5 on spectral requirements.

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

FDIS	Report on voting
86C/1575/FDIS	86C/1592/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 61280 series, published under the general title *Fibre optic communication subsystem test procedures*, can be found on the IEC website.

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

The contents of the corrigendum of April 2020 have been included in this copy.

FIBRE-OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –

Part 4-1: Installed cabling plant – Multimode attenuation measurement

1 Scope

This part of IEC 61280 is applicable to the measurement of attenuation of installed optical fibre cabling plant using multimode optical fibre. This cabling plant can include multimode optical fibres, connectors, adapters, splices, and other passive devices. The cabling can be installed in a variety of environments including residential, commercial, industrial, and data centre premises, as well as outside plant environments. The test equipment used in this document has one single fibre connector interface or two single fibre connector interfaces.

In this document, the optical fibres that are addressed include sub-categories A1-OMx, where $x = 2, 3, 4$ and 5 ($50/125\ \mu\text{m}$) and A1-OM1 ($62,5/125\ \mu\text{m}$) multimode optical fibres, as specified in IEC 60793-2-10. The attenuation measurements of the other multimode categories can be made using the approaches of this document, but the source conditions for the other categories have not been defined.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60825-2, *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*

IEC 61280-1-3, *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 1-3: General communication subsystems – Central wavelength and spectral width measurement*

IEC 61280-1-4, *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 1-4: General communication subsystems – Light source encircled flux measurement method*

IEC 61300-3-35, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-35: Examinations and measurements – Visual inspection of fibre optic connectors and fibre-stub transceivers*

IEC 61315, *Calibration of fibre-optic power meters*

IEC 61746-2, *Calibration of optical time-domain reflectometers (OTDR) – Part 2: OTDR for multimode fibres*

3 Terms, definitions, graphical symbols and abbreviated terms

For the purposes of this document, the following terms, definitions, graphical symbols and abbreviated terms apply.

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

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

3.1 Terms and definitions

3.1.1

attenuation

A

reduction of optical power induced by transmission through a medium such as cabling

$$A = 10 \log(P_{\text{in}}/P_{\text{out}})$$

where

P_{in} and P_{out} are the power, typically measured in mW, into and out of the cabling

Note 1 to entry: Attenuation is expressed in dB.

3.1.2

light source power meter

LSPM

test system consisting of a light source (LS) and power meter (PM) used to measure the attenuation of installed cabling plant

3.1.3

optical time domain reflectometer

OTDR

test system consisting of an optical time-domain reflectometer instrument used to characterize and measure the attenuation of installed cabling plant and specific elements within that cabling plant

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.4

test cord

terminated optical fibre cord used to connect the optical source or detector to the cabling, or to provide suitable interfaces to the cabling under test

Note 1 to entry: There are five types of test cords:

- launch cord: used to connect the light source to the cabling;
- receive cord: used to connect the cabling to the power meter (LSPM only);
- tail cord: attached to the far end of the cabling when an OTDR is used at the near end. This provides a means of evaluating attenuation of the whole of the cabling including the far end connection;
- adapter cord: used to transition between sockets or other incompatible connectors in a required test configuration;
- substitution cord: a test cord used within a reference measurement which is replaced during the measurement of the attenuation of the cabling under test.

3.1.5

bi-directional measurement

two measurements of the same optical fibre, made by launching light into opposite ends of that fibre

3.1.6

configuration

form or arrangements of parts or elements such as terminations, connections and splices

3.1.7**encircled flux****EF**

fraction of cumulative near-field power to the total output power as a function of radial distance from the optical centre of the core

[SOURCE: IEC 62614:2010, 3.2]

3.1.8**reference-grade termination**

connector and plug with tightened tolerances terminated onto an optical fibre with tightened tolerances such that the expected attenuation of a connection formed by mating two such assemblies is lower and more repeatable than a standard-grade termination

Note 1 to entry: An adapter, required to assure the reduced attenuation, may be considered as part of the reference-grade termination where required by the test configuration.

Note 2 to entry: IEC 61755-6-2 defines reference-grade terminations for 50/125 µm fibre.

3.1.9**connector**

component normally attached to an optical cable or piece of apparatus for the purpose of providing frequent optical interconnection/disconnection of optical fibres or cables

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.1, modified – The words in brackets, "optical" and "fibre", have been omitted from the term.]

3.1.10**plug**

male-type part of a connector

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.2]

3.1.11**adapter**

female-type part of a connector in which one or two plugs are inserted and aligned

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.4]

3.1.12**socket-style connector**

connector for which the adapter, including any alignment device, is integrated with and permanently attached to the connector plug on one side of the connection

Note 1 to entry: Examples include many harsh environment connectors.

3.1.13**reference test method****RTM**

test method for measuring a given characteristic strictly according to the definition of this characteristic, and giving results which are accurate, reproducible and relatable to practical use

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.8.1, modified – The words in brackets, "for optical fibres", have been omitted from the term.]

3.1.14

alternative test method

ATM

test method for measuring a given characteristic in a manner consistent with the definition of this characteristic and giving results which are reproducible and relatable to the reference test method and to practical use

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.8.2, modified – The alternative term, "practical test method (for optical fibres)" has been omitted from the term.]

3.1.15

measurement bias

estimate of a systematic measurement error

Note 1 to entry: A systematic error is a component of measurement error that in repeated measurements remains constant or varies in a predictable manner.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.18, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.1.16

reference plane

theoretical plane without thickness or tolerances

Note 1 to entry: The reference plane is used to define spaces in mechanical structures.

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-25-30]

3.1.17

channel

end-to-end transmission path connecting any two pieces of application-specific equipment

[SOURCE: ISO/IEC 11801-1:2017, 3.1.26]

3.2 Graphical symbols

The graphic symbols showed in Figure 1 and Figure 2 for different connection options have been adapted from IEC TR 61930.

NOTE 1 In Figure 1b and elsewhere in this document, the plugs are shown with different sizes to indicate directionality where the cabling has adapters pre-attached and the test cord does not, or vice versa. In Figure 1b, the plug on the left has the adapter pre-attached.

NOTE 2 Where used in all figures in this document, including those in the annexes, reference-grade terminations and adapters are shaded with grey.

NOTE 3 A simplified two-block connection used in Annex G is shown in Figure 1e.

NOTE 4 A simplified connection for pinned to unpinned and socketed connections used in Annex H is shown in Figure 1f.

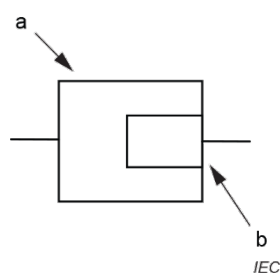


Figure 1a – Socket and plug assembly

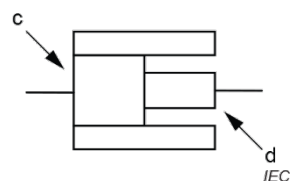


Figure 1b – Connector set (plug, adapter, plug)

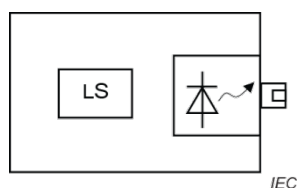


Figure 1c – Light source

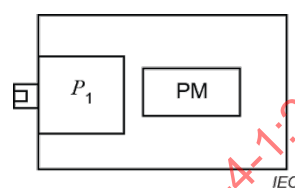


Figure 1d – Power meter

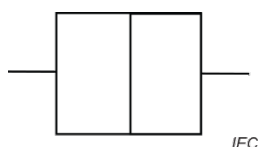


Figure 1e – Generic connection



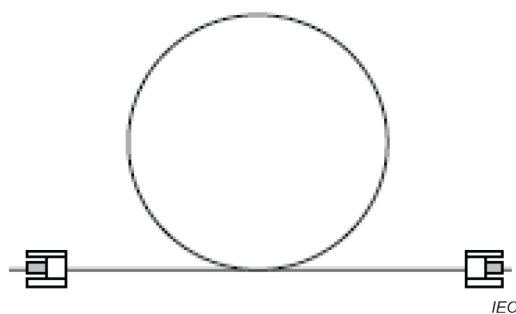
Figure 1f – Pinned/unpinned connection

Key

a	socket	d	plug inserted into plug-adapter assembly
b	plug	LS	light source
c	plug-adapter assembly	PM	power meter

Figure 1 – Connector symbols

In the figures that illustrate the measurement configurations in Annexes A through D and in Annex I, the cabling under test, illustrated by the loop, may contain splices, connectors or other passive components. Note that for purposes of measuring the attenuation of this cabling, the attenuation associated with the terminal connectors is considered separately from that of the cabling itself.



NOTE Cabling is shown with adapters pre-attached, and the plugs going into them are associated with reference-grade test cord plugs.

Figure 2 – Symbol for cabling under test

3.3 Abbreviated terms

ATM	alternative test method
BIMMF	bend-insensitive multimode optical fibre
EF	encircled flux
LSA	least squares approximation
LSPM	light source power meter
OTDR	optical time domain reflectometer
PM	power meter
RTM	reference test method

4 Test methods

4.1 General

Five test methods are designated. The five test methods use test cords to interface to the cabling plant and are designated as follows:

- one-cord method (Annex A);
- three-cord method (Annex B);
- two-cord method (Annex C);
- equipment cord method (Annex D);
- optical time domain reflectometer (OTDR) method (Annex E).

The first four methods use an optical light source and power meter (LSPM) to measure input and output power levels of the cabling under test to determine the attenuation. The main functional difference between these methods is the way the input power level, known as the reference power level, is measured and hence the inclusion or exclusion of the attenuation associated with the connections to the cabling under test, and the associated uncertainties of these connections. The process of measuring the input power level is commonly referred to as "taking the reference power level", or "normalization".

The one-cord method includes the attenuation associated with connections at both ends of the cabling under test. The three-cord method is designed to exclude the attenuation of the connections of both ends of the cabling under test. The two-cord method includes the attenuation associated with one of the connections of the cabling under test.

The equipment cord method includes the attenuation associated with the connections between the equipment cords and the fixed cabling, but excludes the attenuation associated with the connectors that will be connected into the equipment.

The maximum allowed cabling attenuation specified (e.g., optical power budget or channel attenuation) for a transmission system normally excludes the connections made to the transmission equipment. It is, therefore, appropriate to use the equipment cord method (if possible) where the cabling under test is intended to be connected directly to transmission equipment.

The OTDR method emits short light impulses into the cabling and measures the backscattered power as a function of propagation time delay or length along the optical fibre. This method allows the measurement of the attenuation of both installed cabling plant and the attenuation of individual cabling components such as connectors and lengths of optical fibre cable. It does not require a separate reference measurement to be completed. Requirements for the launch cord and tail cord are defined in Annex E. In addition to commissioning new cabling plant, the OTDR method is useful for optical fibre cabling testing during trouble-shooting and maintenance, since the cabling plant can be characterized by a detailed mapping (the OTDR trace) that can be analysed to highlight any changes.

General requirements for apparatus, procedures and calculations common to all methods are given in Clauses 6, 7, and 8. Requirements that are specific to each particular method are documented in Annexes A through E. Clause 6 also includes related procedures such as connector end face cleaning and inspection.

4.2 Cabling configurations and applicable test methods

This document assumes that the installed cabling takes one of four forms shown in Table 1 and Figures 3, 4, 5, and 6. If the cabling is terminated with an adapter, the test cord shall be terminated with a plug and vice versa.

Table 1 – Cabling configurations

Configuration	Description	End connections attenuation included
A	Adapters attached to plugs or sockets attached to both ends of the cabling	Two
B	Plugs on both ends	None
C	Mixed, where one end of the cabling is terminated with an adapter and the other end is terminated with a plug	One (terminated with an adapter)
D	Plugs on both ends utilizing equipment cords	None

The variations in test method used to measure the cabling are dependent on the cabling configuration. For example, a common cabling configuration is that of having adapters or sockets on both ends of the cabling (e.g., within patch panels) awaiting connection to electronic equipment with an equipment cord. This corresponds to configuration A. In this case, the one-cord method is used to include the attenuation associated with both end connectors of the cabling. Another example is a cabling configuration where ruggedized pigtailed have been spliced onto the ends of the main cable, and the connectors on the pigtailed are to be directly connected into the transmission equipment. This corresponds to configuration B. In this case, a three-cord method is used to exclude the attenuation of the end plug connections. A further example is a cabling configuration for which equipment cords are installed on both ends of the cabling and are awaiting connection to electronic equipment. This corresponds to configuration D. In this case, the equipment cord method (or, where this is not practical, the three-cord method) is used to exclude the attenuation of the end plug connections.

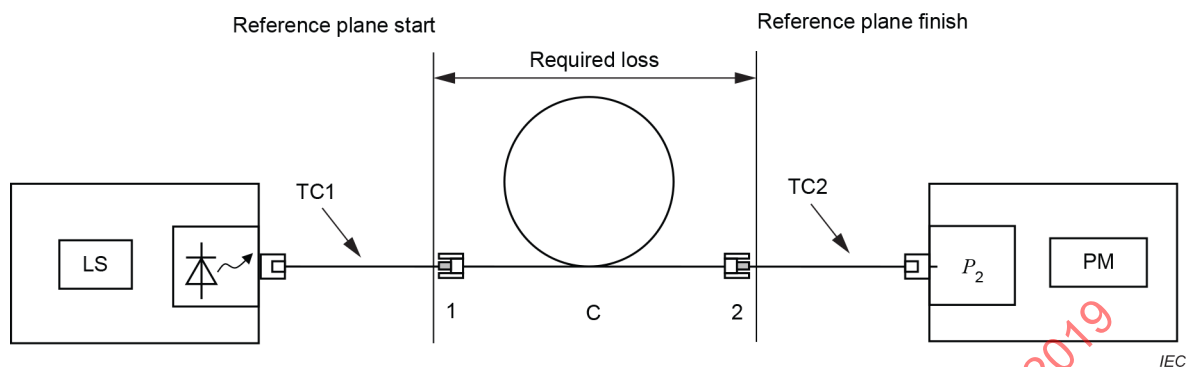
The cabling configuration defines the test methods that should be applied, as described in Table 2. The reference test method (RTM) offers the best measurement accuracy. The alternative test method (ATM) may be required in specific circumstances or by other International Standards but is subject to reduced measurement accuracy compared with the reference test method. Unless otherwise agreed, resolutions of dispute shall employ the appropriate RTM in conjunction with the applicable reference-grade terminations and adapters, as described in 6.3, 6.4, 6.5, and 6.9.

Table 2 – Test methods and configurations

Configuration	RTM	ATM
A	Annex A (1-cord)	Annex B (3-cord), Annex E (OTDR), Annex C (2-cord)
B	Annex B (3-cord)	Annex E (OTDR)
C	Annex C (2-cord)	Annex B (3-cord), Annex E (OTDR)
D	Annex D (equipment cord)	Annex B (3-cord), Annex E (OTDR)

Figures 3 through 6 show the reference planes for cabling under test using LSPM test equipment. The relevant results and discussions of uncertainty are described in Clause I.1 with examples provided in Clause I.4. The same reference planes apply to OTDR test equipment

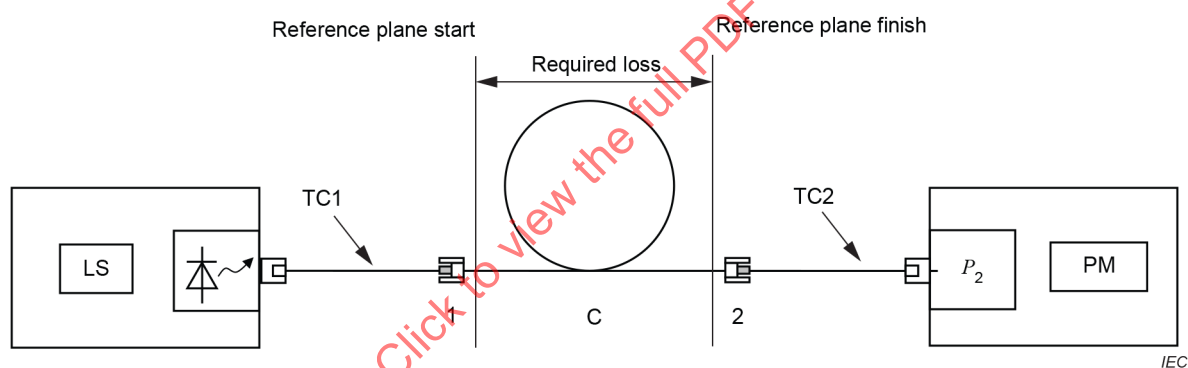
(the OTDR would replace the LS in Figures 2 through 5, and the PM would not be present). The relevant results and discussions of uncertainty are described in Annex I.



Key

LS	light source	TC2	receive cord
TC1	launch cord	PM	power meter
C	cabling under test	1, 2	connector sets

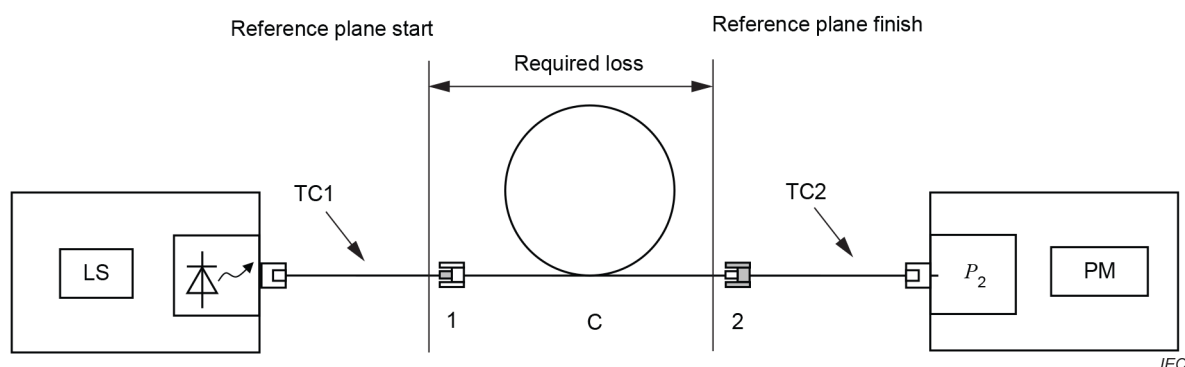
Figure 3 – Reference plane for configuration A tested with the 1-cord method



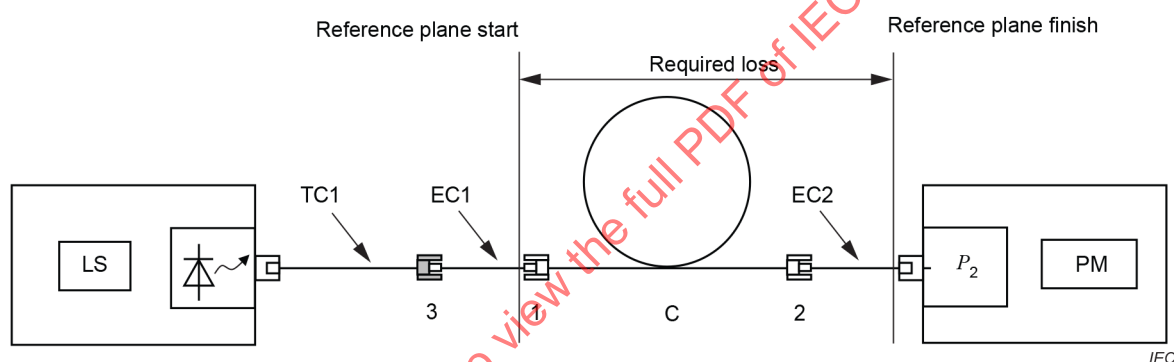
Key

LS	light source	TC2	receive cord
TC1	launch cord	PM	power meter
C	cabling under test	1, 2	connector sets

Figure 4 – Reference plane for configuration B tested with the 3-cord method

**Key**

LS	light source	TC2	receive cord
TC1	launch cord	PM	power meter
C	cabling under test	1, 2	connector sets

Figure 5 – Reference plane for configuration C tested with the 2-cord method**Key**

LS	light source	EC1	equipment launch cord
TC1	launch cord	PM	power meter
C	cabling under test	EC2	equipment receive cord
		1, 2, 3	connector sets

Figure 6 – Reference plane for configuration D tested with the EC method**5 Overview of uncertainties****5.1 General**

The measurement uncertainties should be determined using the calculation in IEC TR 61282-14.

Even if a calculation spreadsheet is provided, this full calculation is relatively complex due to the large quantity of considered parameters. Subclauses 5.2 to 5.5 are an alternative to this calculation.

5.2 Sources of significant uncertainties

For typical conditions, calculations using IEC TR 61282-14 show that significant sources of uncertainties are limited to those generated by launch conditions, source instability, optical source wavelength and, depending on the measurement method, connector mating reproducibility.

Other sources of uncertainties, such as measurement resolution, PM (power meter) linearity, etc., are less significant and do not impact measurements, because the accumulation of uncertainties is a quadratic summation.

5.3 Consideration of the PM

The power meter should have a detector large enough to capture the entire incident light. In this way, the attenuation and uncertainty associated with coupling the receive cord to the power meter is minimal.

5.4 Consideration of test cord connector grade

Test cords may be reference grade or standard grade in which case two measurement conditions need to be considered. Using reference-grade connectors on test cords introduces measurement bias that shall be taken into account but reduces measurement uncertainty. Standard-grade connectors introduce no bias but have higher measurement uncertainty sometimes exceeding the actual attenuation measurement (see Table 3).

Table 3 – Measurements bias related to test cord connector grade

Test cord termination grade	Cabling and equipment cord termination grade	Measurement bias	Total uncertainty
MM reference grade	MM standard grade	Most of the case measurement is optimistic except for configuration B (see Table I.1)	Can be estimated using IEC TR 61282-14 default values
MM standard grade	MM standard grade	None	Uncertainty values are higher than the values estimated using the IEC TR 61282-14 default values (see Table 4)

5.5 Typical uncertainty values

Typical uncertainty values were calculated using IEC TR 61282-14, assuming the following conditions:

- PM: use of one PM only;
- use of grade B standard grade connectors;
- source centred wavelength, reference IEC 61280-1-3: 850 nm $\pm$ 25 nm;
- source stability of $\pm 0,10$ dB ($k = 2$);
- source level: -20 dBm (0,01 mW);
- optical fibre: IEC 60793-2-10 sub-category A1-OMxa.

Results of calculation can be used to report measurement results and conformity assessment.

Table 4 reproduces the results of the calculation for a selection of cable lengths and attenuations when using different test methods in this document and different test cord connector grades.

Table 4 – Uncertainty for a given attenuation at 850 nm

Measured cabling attenuation dB	Uncertainty values at 95 % using test cords with reference-grade connectors dB			Uncertainty values at 95 % using test cords with standard-grade connectors dB		
	Annex A (1-cord)	Annex C (2-cord)	Annex B (3-cord)	Annex A (1-cord)	Annex C (2-cord)	Annex B (3-cord)
0,5	0,25	0,28	0,31	1,24	1,52	1,75
1,0	0,25	0,28	0,31	1,24	1,52	1,75
1,5	0,27	0,30	0,32	1,25	1,52	1,76
2,0	0,30	0,32	0,35	1,25	1,53	1,76
2,5	0,34	0,36	0,38	1,26	1,53	1,76
3,0	0,39	0,40	0,42	1,27	1,54	1,77
3,5	0,44	0,45	0,46	1,28	1,55	1,78
When the uncertainty is larger than the measured attenuation, the measured value is either meaningless or the value considered should be the uncertainty.						
See Annex I for the IEC standard that specifies reference and standard grade connectors.						
For the purpose of this table, the attenuation of the fibre represents 23,5% of the total attenuation.						

6 Apparatus

6.1 General

Apparatus requirements specific to particular methods are found in Annexes A through E. Some of the requirements common to the apparatus of LSPM methods are included in Clause 6.

6.2 Light source

6.2.1 Stability

The performance of the light source is defined at the output of the launch cord. This is achieved by transmitting the output of a suitable radiation source, such as a laser or light emitting diode into the launch cord. The source used shall be stable in position, wavelength and power over the duration of the entire measurement procedure. Power stability should be $\pm 0,05$ dB typically to minimize uncertainty.

6.2.2 Spectral characteristics (LSPM measurement)

The spectral width of the light source shall meet the requirements of Table 5 when measured in accordance with IEC 61280-1-3. These requirements are compatible with LED devices.

Table 5 – Spectral requirements

Centroidal wavelength nm	RMS spectral width range nm
850 ± 25	10^a to 38
1 280 to 1 330	10^a to 75
^a The spectral width range applies to LSPM methods only.	

6.3 Launch cord

Except for the OTDR method, the launch cord shall be 2 m to 5 m in length. See Annex E for the length of the OTDR launch cord.

The requirements on the near-field profile emitted from the launch cord in Annex F shall be met. The required launch conditions can be achieved by including appropriate equipment inside the light source, or by applying mode controlling or conditioning devices on or in series with the launch cord.

The connector and adapter terminating the launch cord shall be compatible with the cabling and should be of reference grade to minimize the uncertainty of measurement results.

The optical fibres supported by this document are defined in IEC 60793-2-10 as A1-OM x , where $x = 2, 3, 4$ and 5 (e.g., A1-OM3) with the following sub-categories:

- A1-OM1 (62,5/125 μm);
- A1-OM2 (legacy 50/125 μm);
- A1-OM3 (1st generation laser optimised 50/125 μm);
- A1-OM4 (2nd generation laser optimised 50/125 μm);
- A1-OM5 (wide band 50/125 μm).

A1-OM x fibres are further subdivided as:

- A1-OM x a, where x is a value between 2 and 5 (designating traditional macrobend attenuation performance levels);
- A1-OM x b, where x is a value between 2 and 5 (designating bend-insensitive characteristics – referred to as BIMMF).

The optical fibre within the launch cord at the connection to the cabling under test shall be of the same nominal fibre core size as the optical fibre within the cabling under test.

When undertaking LSPM testing of A1-OM x a optical fibres, the launch cord should not contain optical fibres of sub-division A1-OM x b (BIMMF).

Additional care is needed when selecting test cords. The test cords supplied or recommended by the test equipment supplier should be used.

6.4 Receive or tail cord

The connector and adapter terminating the launch cord shall be compatible with the cabling and should be of reference grade to minimize the uncertainty of measurement results.

The termination of the receive cord at the connection to the power meter shall be compatible with that of the power meter.

Where bi-directional testing is carried out, the tail cord becomes the launch cord (see Annex G) and shall comply with 6.3.

With reference to 6.3:

- the optical fibre within the receive or tail cord at the connection to the cabling under test shall be of the same nominal fibre core size as the optical fibre within the cabling under test;
- when undertaking LSPM testing of A1-OM x a optical fibres, the receive cord should not contain optical fibres of sub-division A1-OM x b (BIMMF).

6.5 Substitution cord

The connector and adapter terminating the launch cord shall be compatible with the cabling and should be of reference grade to minimize the uncertainty of measurement results.

With reference to 6.3:

- the optical fibre within the substitution cord shall be of the same nominal fibre core size as the optical fibre within the cabling under test;
- when undertaking LSPM testing of A1-OMxa optical fibres, the substitution cord should contain optical fibres of subdivision A1-OMxa optical fibres. When testing A1-OMxb optical fibres, the substitution cord should contain optical fibres of subdivision A1-OMxb (BIMMF).

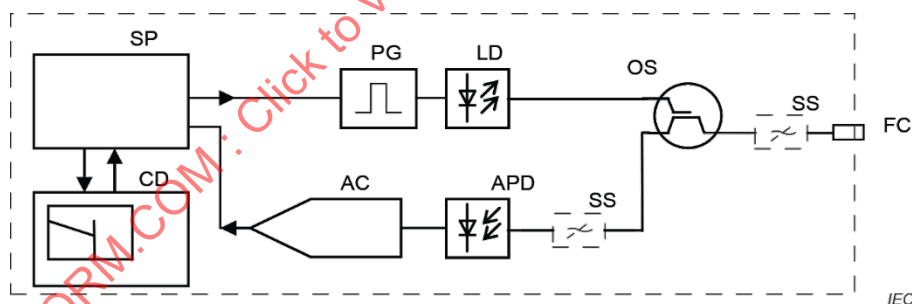
6.6 Power meter – LSPM methods only

The power meter shall be capable of measuring the range of power normally associated with the cabling, including considerations on the power launched into the cabling. The power meter shall meet the calibration requirements of IEC 61315. The meter shall have a detecting surface of sufficient size to capture all the power coming from the optical fibre that is put into it. If a pigtail is used, the pigtailed optical fibre shall be sufficiently large to capture all the power coming from the test cord.

6.7 OTDR apparatus

Figure 7 is a schematic of the OTDR apparatus shown with a simple attachment point. Annex E has some more detailed requirements for the length of the launch cord and other aspects related to the OTDR measurement. The other requirements of 6.1 apply.

For high precision and repeatable measurements, it is recommended to use, either before or after the splitter, a speckle scrambler functionally equivalent to the optical fibre shaker described in IEC 61280-1-4 in order to minimize the effects of coherence modal noise.



Key

PG	pulse generator
LD	laser diode
OS	optical splitter
SS	speckle scrambler (optional)
FC	front panel connector
APD	avalanche photo diode
AC	amplifier and converter
SP	signal processor
CD	control and display

Figure 7 – OTDR schematic

6.8 Connector end face cleaning and inspection equipment

Cleaning equipment (including apparatus, materials, and substances) and the methods to be used shall be suitable for the connectors to be cleaned. IEC TR 62627-01 recommends suitable cleaning tools and cleaning methods for connector end faces. Connector suppliers' instructions shall be consulted where doubt exists as to the suitability of particular equipment and cleaning methods.

A low-resolution microscope compatible with IEC 61300-3-35 shall be used to inspect the end faces of the test connectors in accordance with IEC 61300-3-35. Microscopes using adapters compatible with the connectors are required.

6.9 Adapters

Where appropriate, adapters shall be compatible with the connector style being used and shall allow the required performance of reference grade terminations to be achieved. Zirconia (ceramic) sleeves contained within the adapter should be used for cylindrical ferruled connectors.

7 Procedures

7.1 General

Procedure requirements that are specific to particular methods are found in Annexes A through E.

LSPM methods require a reference measurement to be taken prior to measuring the cabling. Equipment should be assessed before commencing testing to ascertain how frequently reference measurements should be taken. Generally, this should be before the equipment has drifted more than 0,1 dB. The test environment (particularly the temperature) may affect the frequency of re-referencing.

Allow sufficient time for light source stabilisation in accordance with the manufacturer's recommendations.

7.2 Common procedures

7.2.1 Care of the test cords

The ends of the test cords shall be free of dirt or dust in accordance with IEC 61300-3-35. If contamination is seen, clean using the equipment and methods of 6.8.

When the test cords are not in use, the ends should be capped and they should be stored in kink-free coils of a diameter greater than the minimum bending diameter.

Verify the optical performance of all test cords to be used following the procedures in Annex H, before any testing commences.

7.2.2 Make reference measurements (LSPM methods only)

Measure the output power from the reference test cord(s).

7.2.3 Inspect and clean the ends of the optical fibres in the cabling

The ends of the cabling should be inspected according to IEC 61300-3-35 prior to being connected each time they are mated.

The ends of the cabling shall be free of contamination. If contamination is seen, the connector end face shall be cleaned and inspected using the equipment and methods of 6.8.

7.2.4 Make the measurements

This is an iterative process for each optical fibre in the cabling including:

- attachment of individual optical fibres to the launch and receive or tail cords;
- completing the measurement at each wavelength;
- storing or recording the results.

NOTE For LSPM methods, the power meter and receive test cord is moved to the far end of the cabling or a second power meter and receive test cord is used when an optical loss test set (LSPM in one box) is not available.

7.2.5 Make the calculations

Make the calculations to determine the difference between the reference measurement and the test measurements and record the final result, together with other information, in accordance with Clause 8.

7.2.6 Duplex and bi-directional testing

Each method is written for the case when one single optical fibre is being measured at a time. If two fibres are measured simultaneously with duplex connectors, the requirements of each interface shall be met as though it were a single connector. If bi-directional measurements are required, the procedures are repeated by launching into the other end of the cabling under test.

7.3 Calibration

Power meters and OTDR equipment shall be calibrated in accordance with IEC 61315 and IEC 61746-2, respectively.

The equipment used shall have a valid calibration certificate in accordance with the applicable quality system for the period over which the testing is done.

7.4 Safety

All tests performed on optical fibre communication systems, or that use a laser or LED in a test set, shall be carried out with the safety precautions in accordance with IEC 60825-2.

NOTE Light sources used in LSPM for testing multimode optical fibre cabling will usually be considered safe. Light sources used in OTDRs will usually be Class 1 products. Class 1 laser products are safe under reasonably foreseeable circumstances.

8 Calculations

The calculations for each method are given in their respective annexes.

9 Documentation

9.1 Information for each test

- Test procedure and method.
- Measurement results including:
 - attenuation (dB);
 - OTDR trace(s), events, and section analysis tables (OTDR method only, from both directions when bidirectional measurements have been done);
 - wavelength (nm);

- optical fibre type;
- termination location;
- optical fibre identifier;
- cable identifier.
- Date of test.

9.2 Information to be available

- Details of the spectral characteristics of the light source.
- Reference power level (dBm) (LSPM methods only).
- Calibration records.
- Information indicating compliance with the required launch condition in accordance with 6.3.
- Details of the test cords used for the measurements.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-1:2019

Annex A (normative)

One-cord method

A.1 Applicability of test method

The one-cord method measurement includes the attenuation of both connections to the cabling under test. It is the RTM for measurement of installed cabling plant of configuration A (see 4.2).

A.2 Apparatus

The light source, power meter, launch and receive cord shall be in accordance with Clause 6.

This is called the one-cord method because only one (the launch) test cord is used for the reference measurement. A receive cord is also needed to undertake the measurement.

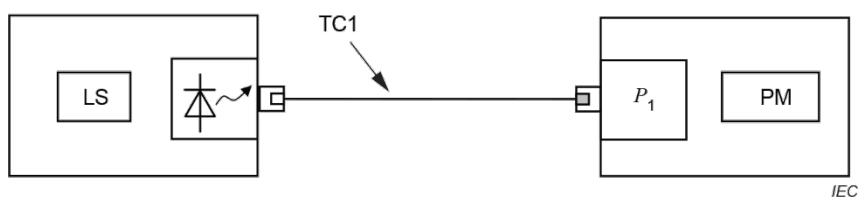
This method calls for the launch cord to be attached directly to the power meter for the reference measurement.

This method also assumes the following.

- The connector on the power meter is compatible with that of the cabling under test into which the launch cord is connected. Where appropriate, an adapter that introduces no additional measurement uncertainty may be attached to the power meter. The alternative method (Annex B) may be used, provided that the increased measurement uncertainty of that method is recognized.
- The launch cord is not disconnected from the light source between a reference measurement and a test measurement. If either the design of the test equipment or the design of the cabling under test makes such a disconnection unavoidable, then the alternative method (Annex B) may be used, provided that the increased measurement uncertainty of that method is taken into account.

A.3 Procedure

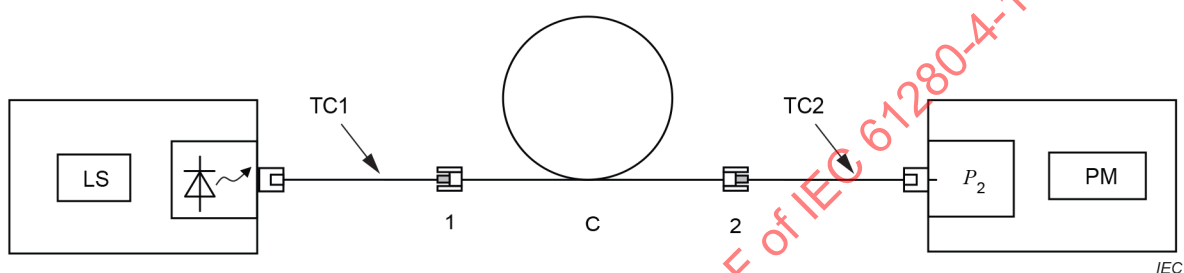
- Connect the light source and power meter using the launch cord (TC1) as shown in Figure A.1.
- Record the measured optical power, P_1 , which is the reference power measurement.
- Disconnect the power meter from TC1.
 - Do not disconnect TC1 from the light source without first having repeated a reference measurement.
- Connect the power meter to the receive cord (TC2).
- Connect TC1 and TC2 to the cabling under test as shown in Figure A.2.
- Record the measured optical power, P_2 , which is the test power measurement.



Key

LS light source
TC1 launch cord
PM power meter

Figure A.1 – Reference measurement



Key

LS light source
TC1 launch cord
C cabling under test
TC2 receive cord
PM power meter
1, 2 connector sets

Figure A.2 – Test measurement

A.4 Calculation

The attenuation, A , is given by:

$$A = 10 \log(P_1/P_2) \text{ (dB)} \quad (\text{A.1})$$

A.5 Components of reported attenuation

The attenuating elements are identified in Figures A.1 and A.2. These are the attenuation of the cabling, A_C , and various connection attenuation values, in dB. The reported attenuation, A , is:

$$A = A_1 + A_2 + A_C \quad (\text{A.2})$$

Differences between the result reported by this method and the other LSPM methods are illustrated in Clause I.1.

Annex B (normative)

Three-cord method

B.1 Applicability of test method

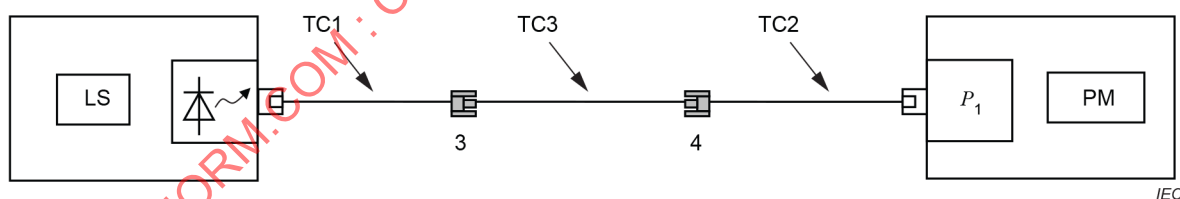
The three-cord reference method is designed to exclude the attenuation of both connections to the cabling under test. It is the RTM for measurement of installed cabling plant of configuration B (see 4.2) and in certain circumstances, or as directed by external standards, may be used in place of the test methods specified in Annex A and Annex C.

B.2 Apparatus

The light source, power meter, and all test cords shall be in accordance with Clause 6. Three test cords are used. The attenuation values of the connections between these cords are critical to the uncertainty of the measurement.

B.3 Procedure

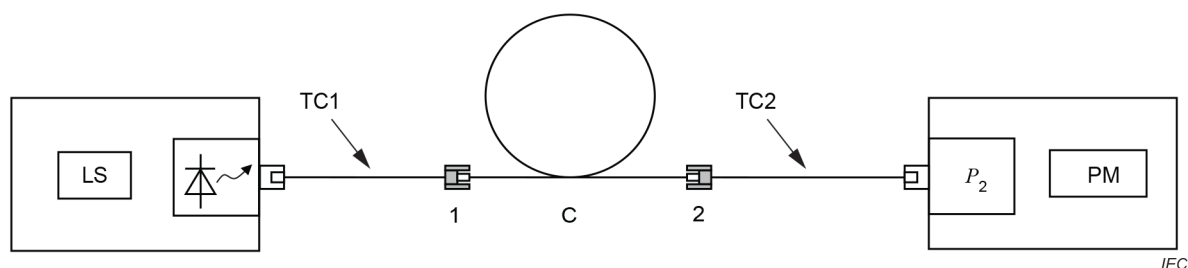
- Connect the launch cord (TC1) and receive cord (TC2) to the light source and power meter as shown in Figure B.1.
- Connect the substitution cord (TC3) between TC1 and TC2.
- Record the measured optical power, P_1 , which is the reference power measurement.
 - Do not disconnect TC1 from the light source and TC2 from the power meter without first repeating a reference measurement.
- Replace the substitution cord with the cabling under test (leaving the adapters attached to TC1 and TC2), as shown in Figure B.2.
- Record the measured optical power, P_2 , which is the test power measurement.



Key

LS	light source	TC2	receive cord
TC1	launch cord	PM	power meter
TC3	substitution cord	3, 4	connector sets

Figure B.1 – Reference measurement



Key

LS	light source	TC2	receive cord
TC1	launch cord	PM	power meter
C	cabling under test	1, 2	connector sets

Figure B.2 – Test measurement

B.4 Calculations

The attenuation, A , is given by:

$$A = 10 \log(P_1/P_2) \text{ (dB)} \quad (\text{B.1})$$

B.5 Components of reported attenuation

The attenuating elements are identified in Figures B.1 and B.2. These are attenuation values of the cabling, A_c , and various connection attenuation values, in dB. The reported attenuation, A , is:

$$A = A_1 + A_2 + A_c - A_3 - A_4 \quad (\text{B.2})$$

A_3 and A_4 are the attenuation values of the connections in the reference test set-up, and together include the attenuation over the length of TC3, which is negligible.

Differences between the result reported by this method and the other LSPM methods are illustrated in Clause I.1.

Annex C (normative)

Two-cord method

C.1 Applicability of test method

Two variants are given for the two-cord reference method. Figure C.2 shows the set-up for the case where one end is terminated with a plug-adaptor assembly and the other is terminated with a plug. It includes the attenuation of one of the connections to the cabling under test. It is the RTM for measurement of installed cabling plant of configuration C (see 4.2).

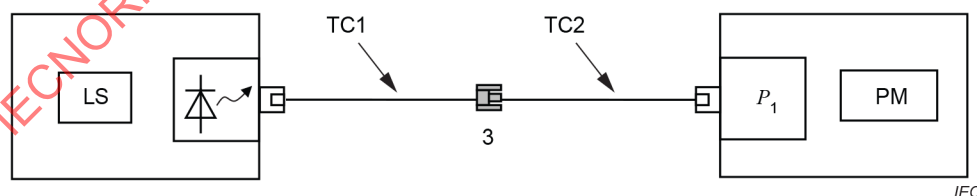
Figure C.3 shows the set-up for the case where both ends are socketed or pinned and the launch cord connector is incompatible with the power meter. It includes the attenuation of both connections to the cabling under test. It is an alternative method for measurement of installed cabling plant of configuration A (see 4.2).

C.2 Apparatus

The light source, power meter, and all test cords shall be in accordance with Clause 6.

C.3 Procedure

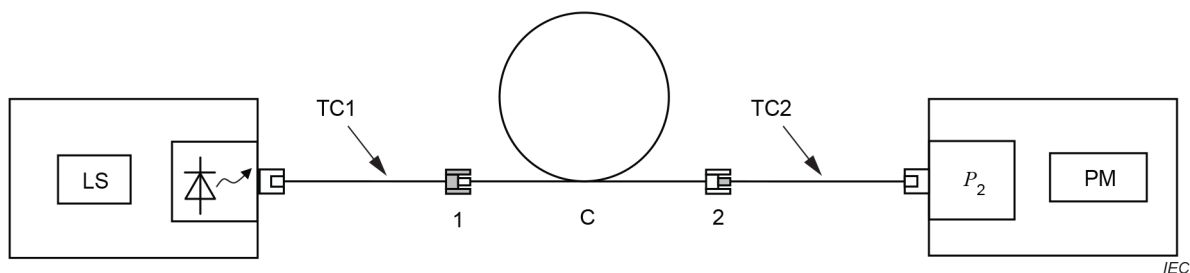
- Connect the launch cord (TC1) and receive cord (TC2) to the light source and power meter and to each other, as shown in Figure C.1.
- Record the measured optical power, P_1 , which is the reference power measurement.
- Disconnect TC1 and TC2.
 - Do not disconnect TC1 from the light source and TC2 from the power meter without first repeating a reference measurement.
- Insert either
 - the cabling under test, as shown in Figure C.2,
 - the adapter cord AC and the cabling under test, as shown in Figure C.3.
- Record the measured optical power, P_2 , which is the test power measurement.



Key

LS	light source	TC2	receive cord
TC1	launch cord	PM	power meter
		3	connector set

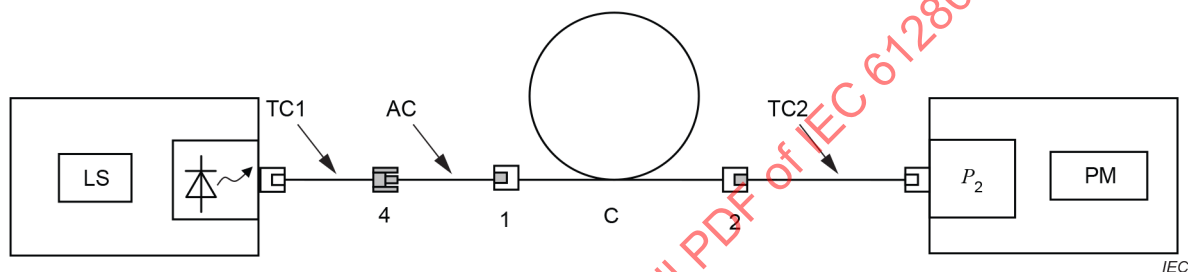
Figure C.1 – Reference measurement



Key

LS	light source	TC2	receive cord
TC1	launch cord	PM	power meter
C	cabling under test	1, 2	connector sets

Figure C.2 – Test measurement



Key

LS	light source	AC	adapter cord
TC1	launch cord	TC2	receive cord
C	cabling under test	PM	power meter
		1, 2, 4	connector sets

The adapter cord attenuation shall be negligible.

Figure C.3 – Test measurement for plug-socket style connectors

C.4 Calculations

The attenuation, A , is given by:

$$A = 10 \log(P_1/P_2) \text{ (dB)} \quad (\text{C.1})$$

C.5 Components of reported attenuation

The attenuating elements are identified in Figures C.1, C.2, and C.3. These are of the cabling, A_C , and various connection attenuations, in dB.

For the case of Figure C.2, the reported attenuation, A , is:

$$A = A_1 + A_2 + A_C - A_3 \quad (\text{C.2})$$

For the case of Figure C.3, the reported attenuation, A , is:

$$A = A_1 + A_2 + A_c + A_4 - A_3 \quad (\text{C.3})$$

Differences between the result reported by this method and the other LSPM methods are illustrated in Clause I.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-1:2019

Annex D (normative)

Equipment cord method

D.1 Applicability of the test method

The equipment cord method directly measures the attenuation of the cabling under test, the attenuation of equipment cord connections to the cabling under test, and the attenuation of the optical fibre in one of the equipment cords (EC2 in Figure D.2). The attenuation of the equipment cord connections to the equipment is not included. It is the RTM for the measurement of installed cabling plant of configuration D. The equipment cord test method is only suitable if both equipment cords are present during testing and are not replaced before operation. The attenuation of the optical fibre in the equipment cords is negligible if the equipment cords are short.

D.2 Apparatus

The light source, power meter and all test cords shall be in accordance with Clause 6. This is called the equipment cord method because the customer's equipment cord is used in taking the reference measurement. The second customer (receive) cord is also needed as part of the measurement. The performance of the test cords and customer cords should be verified before testing commences. This is done by connecting the test, receive, or customer cord to the launch cord and measuring the attenuation of the connection. See Annex H for more information.

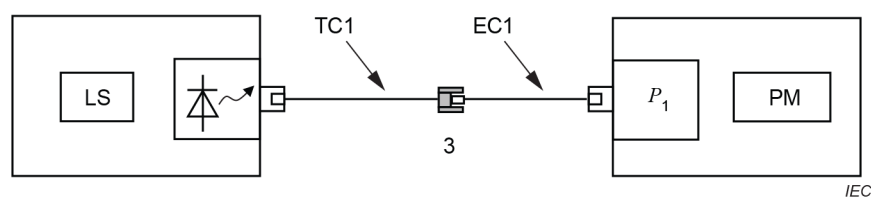
This method requires that the launch cord and the customer equipment cord be connected in series between the light source and the power meter for the reference measurement.

This method also assumes the following

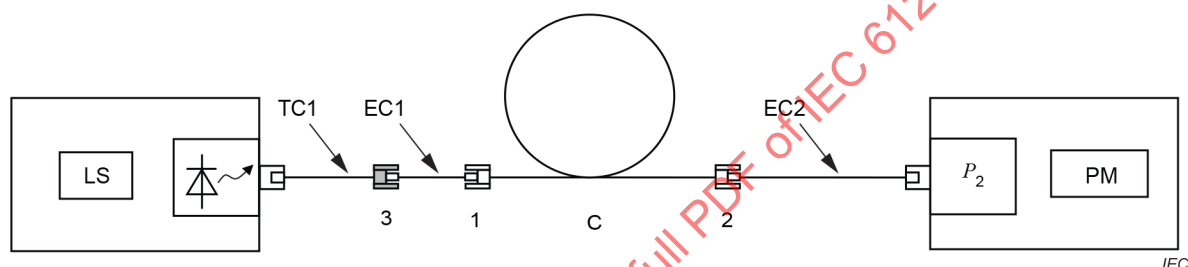
- The connector on the power meter is compatible with that of the cabling under test into which the equipment cord EC1 in Figure D.1 is connected. Where appropriate, an adapter that introduces no additional measurement uncertainty may be attached to the power meter.
- The launch cord is not disconnected from the light source between a reference measurement and a test measurement.

D.3 Procedure

- Connect the light source and power meter using the launch cord (TC1) and equipment cord (EC1) as shown in Figure D.1.
- Record the measured optical power, P_1 . This is the reference power measurement.
- Disconnect the power meter from EC1.
 - Do not disconnect TC1 from the light source without first repeating a reference measurement.
- Connect the power meter to the equipment receive cord (EC2).
- Connect TC1/EC1 and EC2 to the cabling under test as shown in Figure D.2.
- Record the measured optical power, P_2 . This is the test power measurement.

**Key**

LS	light source
TC1	launch cord
EC1	equipment launch cord
PM	power meter
3	connector set

Figure D.1 – Reference measurement**Key**

LS	light source	EC1	equipment launch cord
TC1	launch cord	PM	power meter
C	cabling under test	EC2	equipment receive cord
1, 2, 3	connector sets		

Figure D.2 – Test measurement**D.4 Calculation**

The attenuation, A , is given by:

$$A = 10 \log(P_1/P_2) \text{ (dB)} \quad (\text{D.1})$$

D.5 Components of reported attenuation

The attenuating elements are identified in Figures D.1 and D.2. These are the attenuation of the cabling, A_C , and various connection attenuation values, in dB. The reported attenuation, A , is:

$$A = A_1 + A_2 + A_C \quad (\text{D.2})$$

NOTE Only the fibre of equipment cord 2 and of the cabling is included in the attenuation measurement, whereas the fibre of equipment cord 1 is already included in the reference measurement.

Differences between the result reported by this method and the other LSPM methods are illustrated in Annex I.

D.6 Typical uncertainty values

Typical uncertainty values were calculated using IEC TR 61282-14, assuming the following conditions:

- PM: use of one PM only;
- source centroidal wavelength, reference IEC 61280-1-3: 850 nm $\pm$ 25 nm;
- source level: –20 dBm (0,01 mW);
- optical fibre: IEC 60793-2-10 sub-category A1-OMxa.

Results of calculation can be used to report measurement results and conformity assessment.

Table D.1 reproduces the results of the calculation for a selection of cable lengths and attenuations when using different test methods in this document and different test cord connector grades.

Table D.1 – Uncertainty for a given attenuation at 850 nm

	Uncertainty values at 95 % using test cords with reference-grade connectors dB	Uncertainty values at 95 % using test cords with standard-grade connectors dB
Measured cabling attenuation dB	Annex D (equipment cord)	Annex D (equipment cord)
0,5	0,17	0,17
1,0	0,17	0,17
1,5	0,21	0,21
2,0	0,26	0,26
2,5	0,31	0,31
3,0	0,37	0,37
3,5	0,43	0,43

Annex E (normative)

Optical time domain reflectometer

E.1 Applicability of the test method

The OTDR method measurement includes the attenuation of both connections to the cabling under test. It is the ATM for measurement of installed cabling plant of configurations A, B, C, and D (see 4.2) and in certain circumstances, or as directed by external standards, it may be used in place of the test methods specified in Annexes A, B, C and D.

When bi-directional measurements (see Clause G.6) are specified, the procedures within Annex E are repeated, but from the opposite end of the cabling under test, without disconnecting the launch and tail cords from the cabling under test.

E.2 Apparatus

E.2.1 General

The OTDR, test cords, and adapters are required for making attenuation and length measurements on the installed cabling. See 6.7 for a schematic of the OTDR equipment.

The test set-up requires a launch cord and tail cord. Reflectance associated with the connectors of the test cords (launch and tail), as well as the cabling, should be minimized.

Index matching fluids or gels between the polished end faces of connectors shall not be used.

The use of the tail cord allows the attenuation of the remote end connection to be measured and, therefore, the attenuation of the entire cabling section can be measured. If no tail cord is used, no information regarding the remote end connector can be obtained. In fact, not even continuity of the optical fibre is assured, since there may be a break close to the far end, or the optical fibres may be incorrectly connected somewhere along their length.

E.2.2 OTDR

The OTDR shall be capable of supporting a range of pulse widths and averaging times to achieve a measurement typically in lengths of up to 2 000 m, with a sufficient signal-to-noise ratio.

The OTDR should have an attenuation dead zone (see G.2.4) of less than 8 m, using a short pulse width (< 10 ns) following standard connectors (i.e. return loss of 35 dB).

The near-field profile of the light emitted from the end of the launch cord of the OTDR shall meet the requirements of Annex F.

E.2.3 Test cords

The optical fibre type of the launch and tail cords shall be coated so the cladding light is removed. The length of both launch and tail cords shall be longer than the dead zone created by the pulse width selected for a particular length of optical fibre to be measured. Suppliers of OTDR equipment should recommend lengths. In addition, these lengths shall be long enough for a reliable straight-line fit of the backscatter trace that follows the attenuation dead zone with standard connector reflectance.

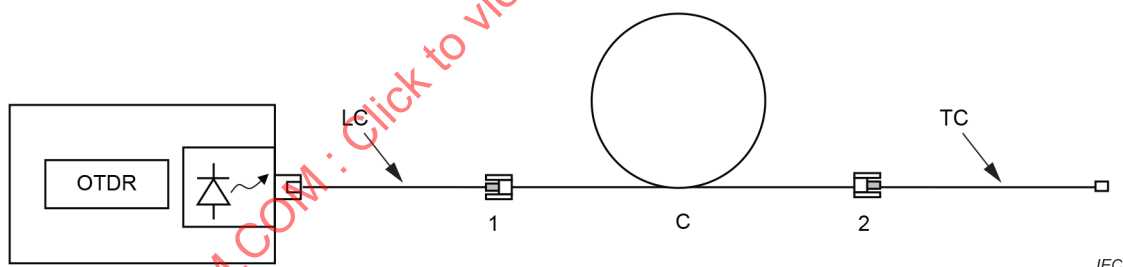
In the absence of other information, the minimum length of launch and tail cords may be determined such that their return delay is equal to the OTDR pulse width multiplied by a suitable factor. For example, a factor of 50 multiplied by a typical pulse width of 20 ns would give a return delay of 1 000 ns, equivalent to lengths of 100 m for launch and tail cords.

The following recommendations apply to the preparation of the test cords.

- The attenuation due to induced winding attenuation should be minimized. To do this, use a minimum radius of 45 mm, if using non-BIMMF.
- The cords are terminated at one end with a connector suitable for attachment to the OTDR.
- They are terminated at the other end according to 6.3.
- The optical fibre used in the cord should be protected. This may be done by enclosing most of the length of the cord in a container or by using test cords that are entirely ruggedized. An appropriate length of protected (i.e. 3 mm outer jacket with strain relief) optical fibre length of the cord should extend outside the container to connect the OTDR and the cabling under test.

E.3 Procedure (test method)

- Connect the test cords and the OTDR source as shown in Figure E.1.
- Configure the OTDR using the following rule:
 - the shortest pulse width possible should be selected that is consistent with acquiring a trace in a reasonable timescale that is sufficiently smooth (i.e. with a sufficient signal-to-noise ratio) to allow effective analysis.
- Refer to Annex G for a better understanding of the OTDR settings.
- Select the appropriate wavelength.
- Record the backscattered trace.



Key

OTDR	optical time domain reflectometer
LC	launch cord
C	cabling under test
TC	tail cord
1, 2	connector sets

NOTE Where used, reference-grade terminations and adapters are shaded with grey.

Figure E.1 – OTDR method

Figure E.1 shows the set-up for cabling terminated with plug-adaptor assemblies. Other arrangements are equivalent, provided the corresponding reference-grade connectors are used at the same points.

E.4 Calculation

E.4.1 General

The attenuation is given by:

$$A = F_1 - F_2 \text{ (dB)} \quad (\text{E.1})$$

where

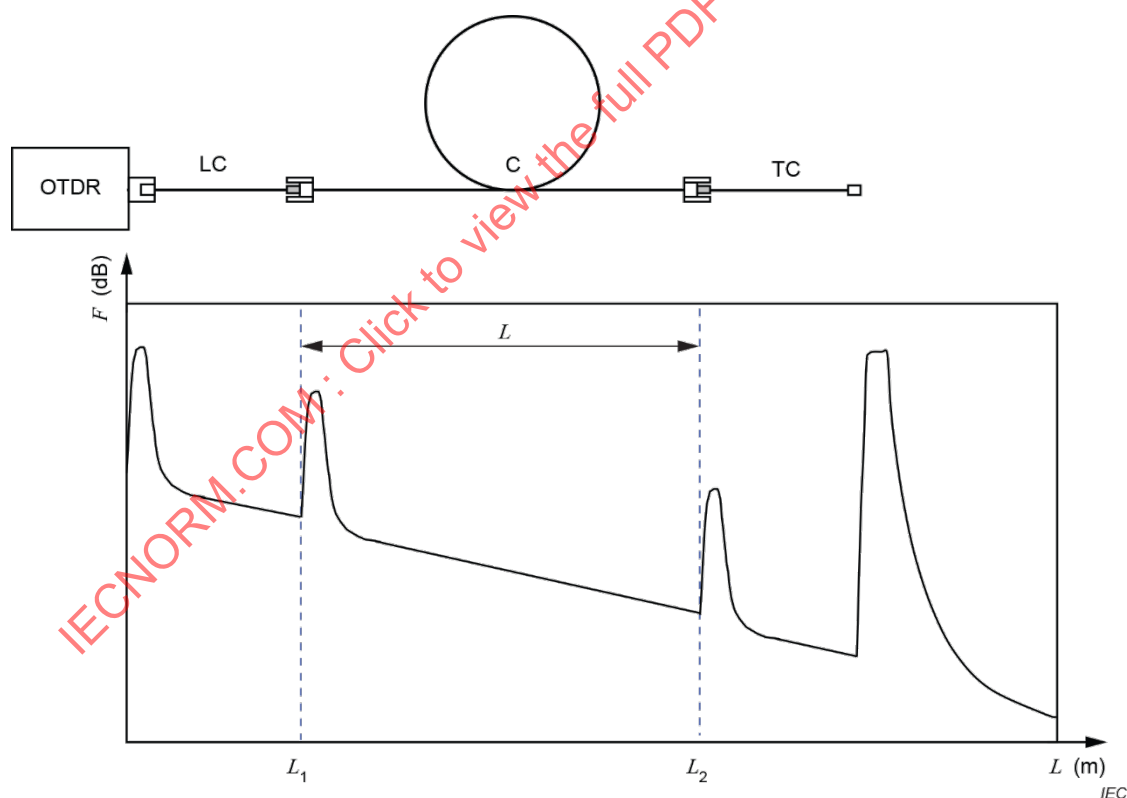
F_1 and F_2 are the displayed power levels of the input and output ports of the cabling under test (see Figure E.3).

NOTE The OTDR vertical scale displays five times the logarithm of the received power, plus a constant offset. The OTDR horizontal scale displays distance along the optical fibre. This is calculated by dividing the measured time delay for the round trip by two, and by the speed of light in the optical fibre defined by the effective group refractive index of the optical fibre core.

E.4.2 Connection location

The two connections of the cabling under test are located at the change of curvature before the two peaks that represent the two connectors.

Figure E.2 illustrates the location of the connectors on a typical trace.



Key

OTDR	optical time domain reflectometer	F	reflected power level
LC	launch cord	L_1, L_2	cabling port locations
C	cabling under test	L	distance from OTDR launch cord output port
TC	tail cord		

Figure E.2 – Location of the ports of the cabling under test

E.4.3 Definition of power levels F_1 and F_2

The displayed power level F_1 at location L_1 is defined at the intercept of the linear regression (LSA) obtained from the linear part of the backscattering power provided by the launch cord and the vertical axis at location L_1 .

The displayed power level F_2 at location L_2 is defined at the intercept of the linear regression (LSA) obtained from the linear part of the backscattering power provided by the tail cord and the vertical axis at location L_2 .

Figure E.3 illustrates the position of level F_1 and F_2 on a typical trace.

This measurement process is also called five points analysis with LSA. See Annex G for more details.

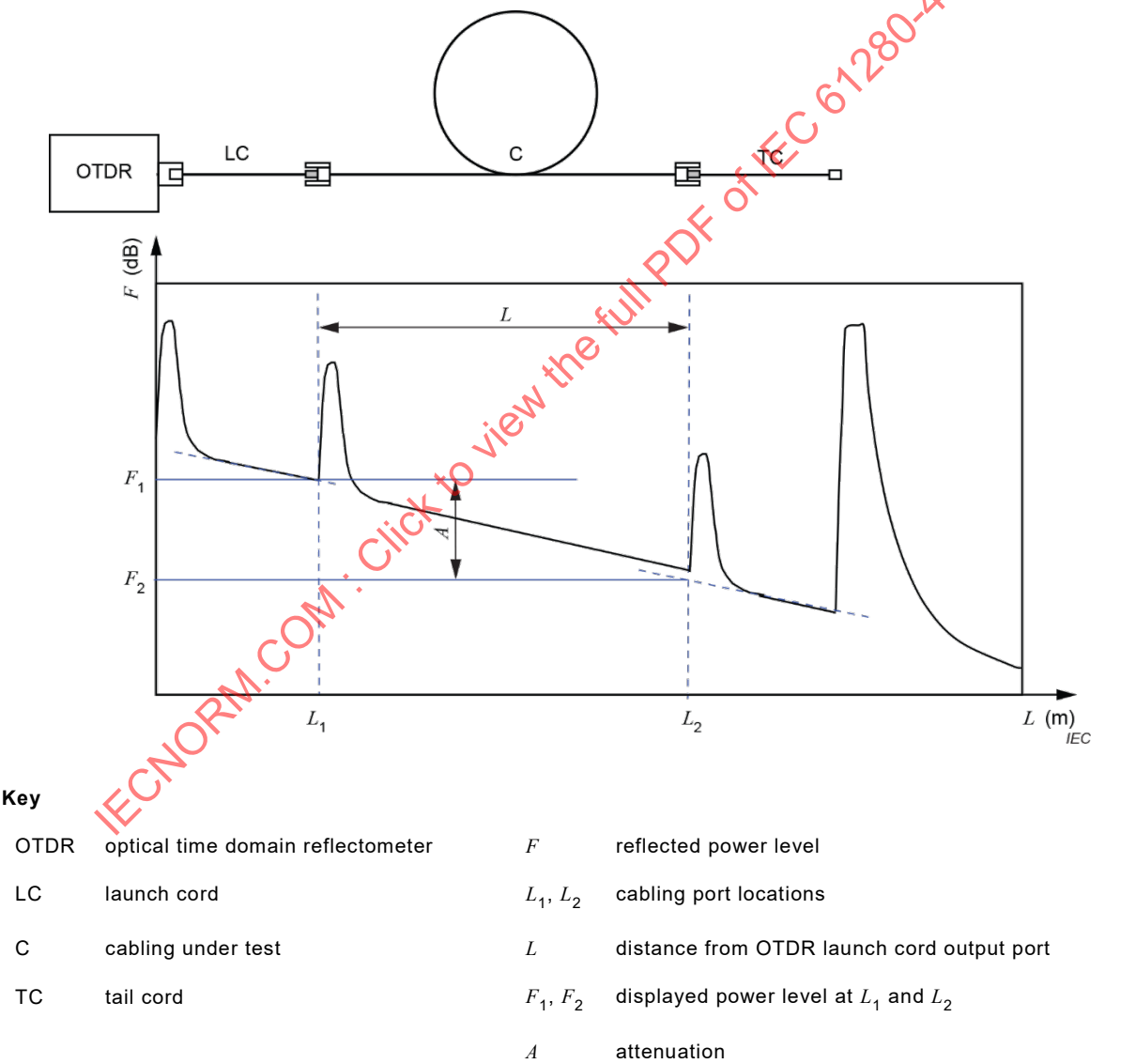


Figure E.3 – Graphic construction of F_1 and F_2

E.4.4 Alternative calculation

Alternatively, the OTDR may provide two other displayed levels, F_{11} and F_{12} , in order to provide a detailed analysis of the trace (see Figure E.4).

The displayed power level F_{11} at location L_1 is defined at the intercept of the linear regression (LSA) obtained from the linear part of the backscattering power provided by the cabling under test and the vertical axis at location L_1 .

The displayed power level F_{21} at location L_2 is defined at the intercept of the linear regression (LSA) obtained from the linear part of the backscattering power provided by the cabling under test and the vertical axis at location L_2 .

Three other attenuations are given by:

$$A_1 = F_1 - F_{11} \text{ (dB)} \quad (\text{E.2})$$

$$A_2 = F_{21} - F_2 \text{ (dB)} \quad (\text{E.3})$$

$$A_C = F_{11} - F_{12} \text{ (dB)} \quad (\text{E.4})$$

where

A_1 is the attenuation of the near-end connector;

A_2 is the attenuation of the far-end connector;

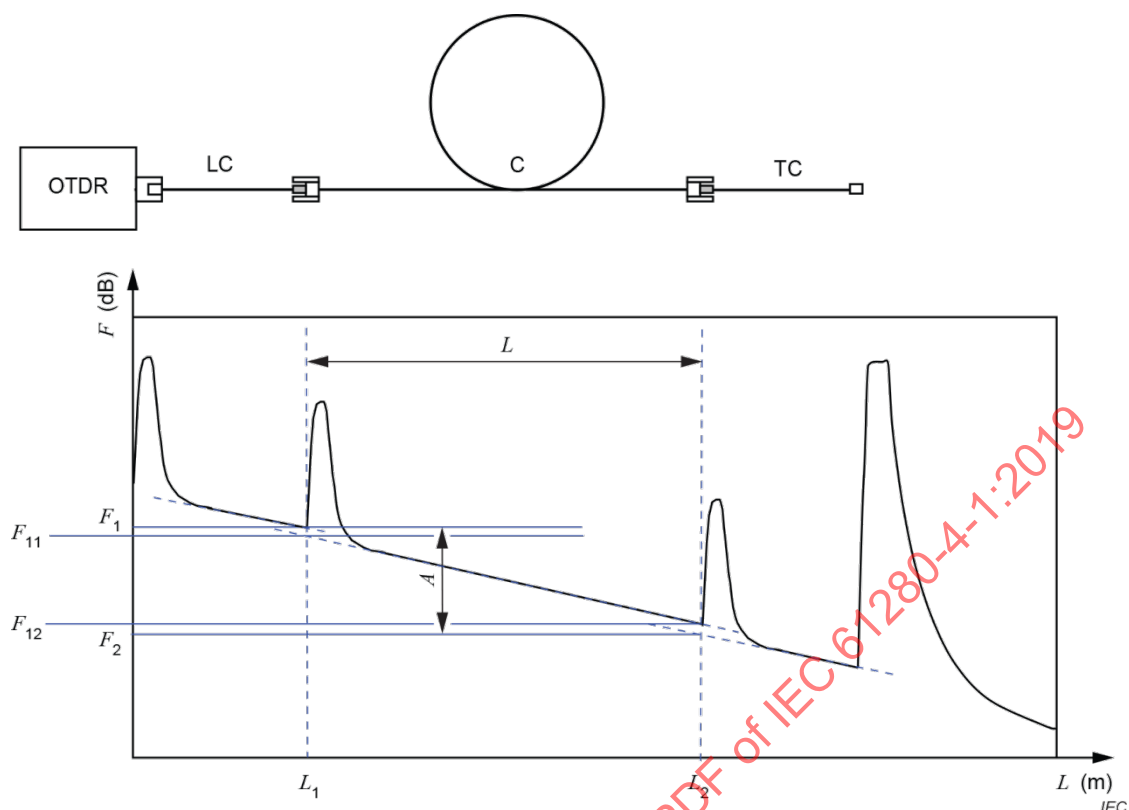
A_C is the attenuation of the cabling without connectors.

Leading to:

$$A = A_1 + A_C + A_2 \text{ (dB)} \quad (\text{E.5})$$

Assuming calculation errors are negligible, Equation (E.5) has the same validity as Equation (E.1).

In some cases, the attenuation A_1 , A_C and A_2 may be available in an event table.



Key

OTDR	optical time domain reflectometer	L_1, L_2	cabling port locations
LC	launch cord	L	distance from OTDR launch cord output port
C	cabling under test	F_1, F_2	displayed power level at L_1 and L_2
TC	tail cord	F_{11}, F_{12}	displayed power level at L_1 and L_2 internal side
F	reflected power level	A	attenuation

Figure E.4 – Graphic construction of F_1 , F_{11} , F_{12} and F_2

E.5 OTDR uncertainties

The following sources of uncertainties should be considered when reporting the measurement.

- Noise level contribution – errors due to a large amount of Gaussian noise or system noise; noise is always higher as the backscatter level approaches the noise floor on a logarithmic trace. A large amount of noise on the trace disturbs the linear regressions leading to a wrong evaluation of the different displayed power levels. The noise may be reduced by increasing the averaging time or by increasing the pulse width. When the slope of the linear regression is available (e.g., in dB/km), low slope or high slope are generally associated with an excessive level of noise.
- Backscatter coefficient – intrinsic property differences between test cords and cabling under test may cause variations in the apparent attenuation of individual connections. For example, when an optical fibre with a low backscatter coefficient is connected to one with a higher backscatter coefficient, the OTDR detector will receive more energy from the optical fibre with the higher backscatter coefficient. This can be interpreted as a reduction in the apparent attenuation and may even appear as a gain (negative attenuation). The effect is known as a gainer.

- Strong reflection – non-linear effects of strong reflections (e.g., return loss 20 dB) cause attenuation errors, attenuation coefficient errors, and dead zone widening, sometimes resulting in positive attenuation.
- Launch conditions – errors resulting from under or over filled launch or cladding light.
- Cursor location error – error in either software analyser placement of cursors or manual operation of cursors. This may lead to some error when the slopes of the different optical fibres are very different.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-1:2019

Annex F (normative)

Requirements for the source characteristics

F.1 Encircled flux

When launched into multimode optical fibre, LED and laser sources used in measuring attenuation may exhibit varying modal power distributions. These differing modal power distributions, combined with the differential mode attenuation (DMA) inherent in most multimode components, commonly cause variations when measuring attenuation.

The encircled flux is used to define quantitative requirements based on near-field measurements so that the variation in attenuation values associated with these limits is known.

Encircled flux (EF) is defined in 3.1.7. It is determined from the near-field measurement of the light coming from the end of the launch cord.

The near-field measurement is conducted in accordance with IEC 61280-1-4. The measured near-field result is a function, $I(r)$, of radius, r , away from the optical centre of the core, which is used to generate the EF function as:

$$EF(r) = \frac{\int_0^r xI(x)dx}{\int_0^R xI(x)dx} \quad (F.1)$$

where

$I(x)$ is the near-field intensity;

r is the optical fibre core radius;

R is an integration limit sufficiently large to capture all power. IEC 61280-1-4 has adopted a value of 1,15 times the nominal core radius.

F.2 Assumptions and limitations

The theory leading to the EF limits is based on assumptions that include optical fibre core refractive index dimension and shape, spectral width, and Hermite-Gauss model for mode fields. Deviation from the assumptions can lead to additional attenuation variance. One assumption is that the attenuation is measured with the LSPM method in which the light is coupled forward through the connections, and the backscattered light is not considered. The OTDR method is based on backscattered light, which is coupled differently. As a consequence, the understanding of the relationship of the attenuation variance obtained from an OTDR to the encircled flux limits is incomplete.

Refer to IEC TR 62614-2 for more details on the theory on EF limits.

F.3 Encircled flux templates

F.3.1 General

The encircled flux templates are a set of three encircled flux curves defined at critical values of radius, the lower and upper limits, and the target. It is required that the near-field of the source, measured in accordance with IEC 61280-1-4, remains between the lower and upper limits.

These requirements are suitable for cabling using category A1-OM1 to A1-OM5 and A1-OM1 multimode optical fibres that are defined in IEC 60793-2-10 as 50 µm and 62,5 µm core optical fibres, both with 125 µm cladding diameter.

F.3.2 Uncertainties expectations

The limits for encircled flux templates are derived from a target near field and a set of boundary conditions designed to constrain the variation in attenuation measurement to $\pm Y$ times the dB attenuation or $\pm X$ dB, whichever is largest. The reliability of the possible variation of attenuation measurement X or Y is another parameter called β .

The variable X is a tolerance threshold. The variable Y is the coefficient of attenuation variation. These variables X , Y , and β vary with optical fibre core size and wavelength according to the values in Table F.1. They need to be considered for measurement uncertainties calculation. Please refer to IEC TR 61282-14 for more details.

Table F.1 – Attenuation, threshold tolerance and confidence level

Optical fibre nominal core diameter µm	Wavelength nm	Threshold, X dB	Attenuation variation coefficient, Y dB	Reliability level, β
50	850	0,08	0,10	0,368
50	1 300	0,12	0,20	0,333
62,5	850	0,10	0,10	0,17
62,5	1 300	0,15	0,10	0,03
Only coupling attenuations are taken into account for these attenuation values. This table is referenced to nominal core diameter. Control of the core diameter of the optical fibre in the actual launch cord to tight tolerances (e.g., $\pm 0,7$ µm) is important to ensure uncertainties expectations. In IEC TR 61282-14, beta parameter, β, is considered as uncertainty of the uncertainties, $\frac{\Delta u_i}{u_i}$, to calculate the effective degree of freedom and then calculate expanded uncertainty of attenuation uncertainties.				

F.3.3 Templates

The EF requirements are defined as a table of limiting values for each of a set of particular radial values for each combination of optical fibre size and wavelength. These limiting values are given in Tables F.2 through F.5.

Table F.2 – EF requirements for 50 µm core optical fibre cabling at 850 nm

Radius µm	EF lower bound	Target	EF upper bound
10	0,278 5	0,335 0	0,391 5
15	0,598 0	0,655 0	0,711 9
20	0,910 5	0,919 3	0,929 5
22	0,969 0	0,975 1	0,981 2

Table F.3 – EF requirements for 50 µm core optical fibre cabling at 1 300 nm

Radius µm	EF lower bound	Target	EF upper bound
10	0,279 2	0,336 6	0,394 0
15	0,599 6	0,656 7	0,713 8
20	0,907 2	0,918 6	0,930 0
22	0,966 3	0,972 8	0,979 3

Table F.4 – EF requirements for 62,5 µm core optical fibre cabling at 850 nm

Radius µm	EF lower bound	Target	EF upper bound
10	0,168 3	0,210 9	0,253 5
15	0,369 5	0,439 0	0,508 5
20	0,633 7	0,692 3	0,750 9
26	0,924 5	0,935 0	0,945 5
28	0,971 0	0,978 3	0,985 6

Table F.5 – EF requirements for 62,5 µm core optical fibre cabling at 1 300 nm

Radius µm	EF lower bound	Target	EF upper bound
10	0,168 0	0,211 9	0,255 8
15	0,369 9	0,440 9	0,511 9
20	0,636 9	0,694 5	0,752 1
26	0,925 4	0,935 7	0,946 0
28	0,970 8	0,978 2	0,985 6

The source launch conditions are described at the output of the launch cord. It is understood that the source, as supplied, has been verified by the test equipment manufacturer to produce the specified launch using a test cord with certain specifications. In the event that the launch cord needs to be replaced, obtain one that is compatible with the recommendation of the test equipment supplier or verify it by one of the procedures in Annex J.

At 1 300 nm, due to higher EF measurement uncertainty (InGaAs CCD uniformity, linearity and spatial resolution as compared to silicon CCDs used at 850 nm), launch conditions are compliant to this document if EF measured by the manufacturer is within the template limits, without consideration of measurement uncertainties (50 % confidence level).

F.4 Graphical representation of templates

An example of a graphical representation of encircled flux is shown in Figure F.1.

EF template
 8 Attenuation deviation constraints, 850 nm, 50 μm
 75% Shape tol, link constraints (μm SHIFT x #CMPTS, dB Tol) =
 (2,0 x 2; 0,08 dB), (3,0 x 2; 0,08 dB), (4,0 x 2; 0,08 dB), (5,0 x 2; 10%), (2,0 x 5; 0,08 dB), (3,0 x 5; 10%), (4,0 x 5; 10%), (5,0 x 5; 10%)

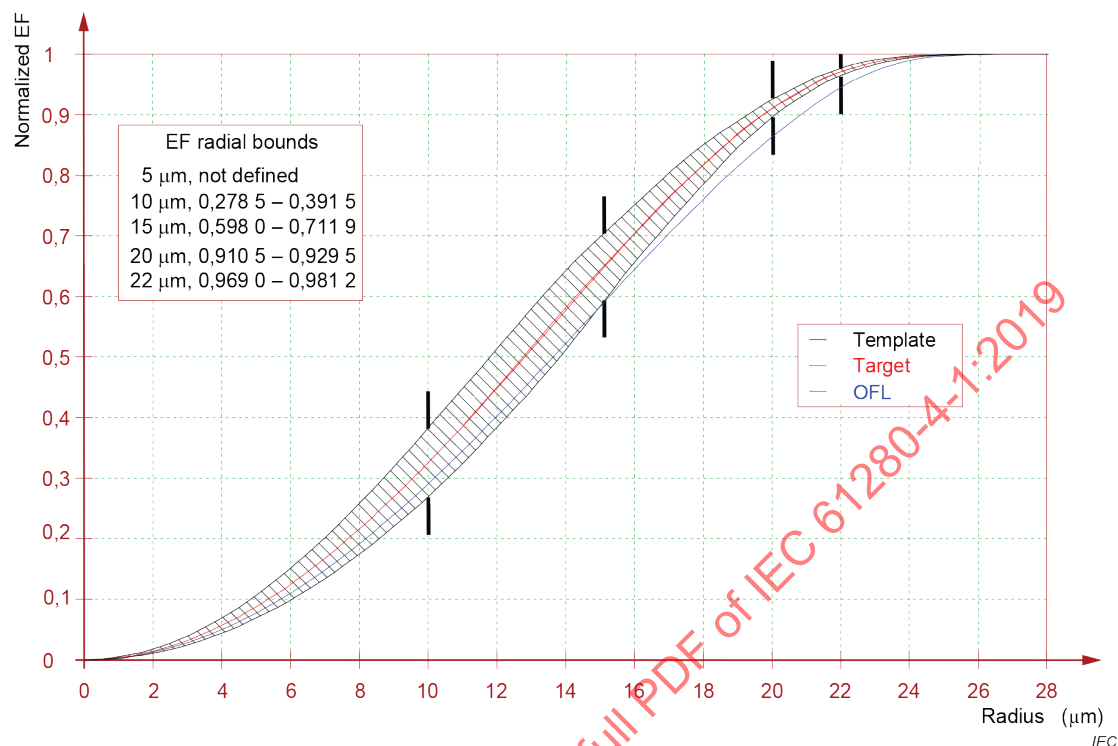


Figure F.1 – Encircled flux example

Annex G (informative)

OTDR configuration information

G.1 General

Annex G provides information regarding OTDRs and their configuration. It also provides additional diagrams to help in the application of Annex E. Refer to IEC 61746-2 for calibration information.

The OTDR operates by injecting a short pulse of light into one end of the fibre optic system under test and monitors, as a function of time delay, the returning signal coming back out of the same end of the optical fibre.

This returning signal comes from two sources.

- 1) Scattered light from within the optical fibre itself. This is due to Rayleigh scattering caused by minute variations in the molecular structure of the silica causing some of the light pulse's energy to be scattered in all directions – a very small proportion of this is scattered back in the direction it came from – this is known as backscatter.
- 2) Reflections from interfaces and changes in refractive index at discrete points along the length of the system. These are known as Fresnel reflections.

The graph of returning signal power as a function of time delay is the raw data with which the OTDR has to work. Usually, this raw data is processed by the OTDR such that the returning signal power is plotted on a logarithmic scale to give attenuation in decibels on the vertical scale. On the horizontal scale, the time delay for the round trip is converted into a one-way distance along the system by providing the OTDR with a figure for the group index (effective refractive index) of the optical fibre under test.

This resultant graph of attenuation on the vertical scale against distance on the horizontal scale is known as a backscatter trace. Analysis of this backscatter trace can yield much information about the cabling under test, including:

- total attenuation of the link or channel under test;
- total optical return loss of the link or channel under test;
- length (and propagation delay) of the link or channel under test;
- attenuation coefficient of the optical fibre in the cabling under test;
- attenuation of connections (splices and connector pairs);
- return loss of reflective features such as connector pairs and mechanical splices (see IEC 61300-3-6);
- distance information between features on the trace.

However, successful and comprehensive characterization of the cabling under test is dependent upon a number of factors, including:

- the optical performance of the OTDR being used;
- the correct set up of the OTDR's measurement parameters;
- the correct measurement configuration including appropriate length launch cords and tail cords;
- measurement good practices – cleanliness of connectors, etc.

G.2 Fundamental parameters that define the operational capability of an OTDR

G.2.1 Dynamic range

Dynamic range is the capability of an OTDR to measure a large amount of attenuation. The dynamic range is the difference between the maximum backscatter level near 0 m and at 98 % of the noise floor. Another method of measurement uses $SNR = 1$ (RMS noise). The dynamic range increases when the laser pulse width increases and when the noise level decreases by averaging.

See IEC 61746-2 for a formal definition of dynamic range.

G.2.2 Pulse width

The pulse width and laser peak power define the energy level launched into the optical fibre. This determines the amount of scattering signal returning. As pulse width increases, dynamic range increases; however, dead zones also increase.

G.2.3 Averaging time

The averaging time defines the duration to sum and average a large number of data samples. Best signal characterization is preferable but takes the longest averaging time. The greatest benefit to averaging time occurs during the first 30 s of averaging. Generally, a dynamic range increase of 0,75 dB occurs when doubling the number of averages.

G.2.4 Dead zone

There are several orders of magnitude difference between the very small signal level received from backscattered light within the optical fibre and the relatively large signal level received from Fresnel reflections at reflective interfaces of connectors. It takes a finite time for the detector in the OTDR to recover from the Fresnel reflection such that it can measure the backscattered light levels again. During this time, it is not possible for the OTDR to measure any variation in the backscattered signal level (such as splice attenuation, for example), so the section of optical fibre following a reflection is referred to as the dead zone.

The length of this dead zone will depend on the response time of the detector, the magnitude of the Fresnel reflection and its duration, which is determined by the pulse width.

For multimode applications, the most significant dead zone is the attenuation dead zone. This is the distance after a reflective event at which the backscatter level has become linear and attenuation measurements can be made. Refer to IEC 61746-2 for a full definition of the attenuation and event dead zones.

NOTE An OTDR typically supports a range of pulse widths and averaging time to balance dead zone, dynamic range and test time for the optical fibre under test. Shorter (narrower) pulse widths typically provide shorter dead zones (better), but reduce dynamic range (worse). Increased averaging time typically increases dynamic range. OTDR dead zones are typically specified for short pulse widths (< 10 ns) and standard connector return loss ≥ 35 dB. Attenuation dead zone using a narrow pulse width is typically less than 8 m. Dynamic range using a wider pulse width is typically more than 20 dB.

G.3 Other parameters

G.3.1 Index of refraction

The index of refraction is used to set up the scale factor of the horizontal scale. This allows fault location and attenuation coefficient calculation.

On a general basis, the index of refraction is not known, while the length of the optical fibre is known. In this case, the real index of refraction can be determined.

When the index of refraction is known, it shall be used; otherwise use the values in Table G.1.

Table G.1 – Default effective group index of refraction values

Centre wavelength	850 nm	1 300 nm
MMF (50/125 μm)	1,483 5	1,478 5
MMF (62,5/125 μm)	1,496 0	1,491 0

G.3.2 Measurement range

The measurement range or measurement span is the distance that is covered by the OTDR time base. The measurement range shall be set to be greater than the length of the optical fibre to be tested. Note that on some OTDRs, when testing systems with strongly reflective connectors, it may be desirable to set the measurement range to be greater than twice the length of the system under test in order to reduce ghosting effects.

G.3.3 Distance sampling

The distance sampling (or sampling resolution) is the distance between two points of the horizontal scale. This distance may be coupled to the measurement range (e.g., the number of data points is a constant).

When adjustable, the sampling resolution should be set to a small enough interval to ensure that all features of the link are well resolved; in any case, the sampling resolution should be ten times lower than the pulse width. Note that the size of the data file generated will be proportional to the measurement range divided by the sampling resolution.

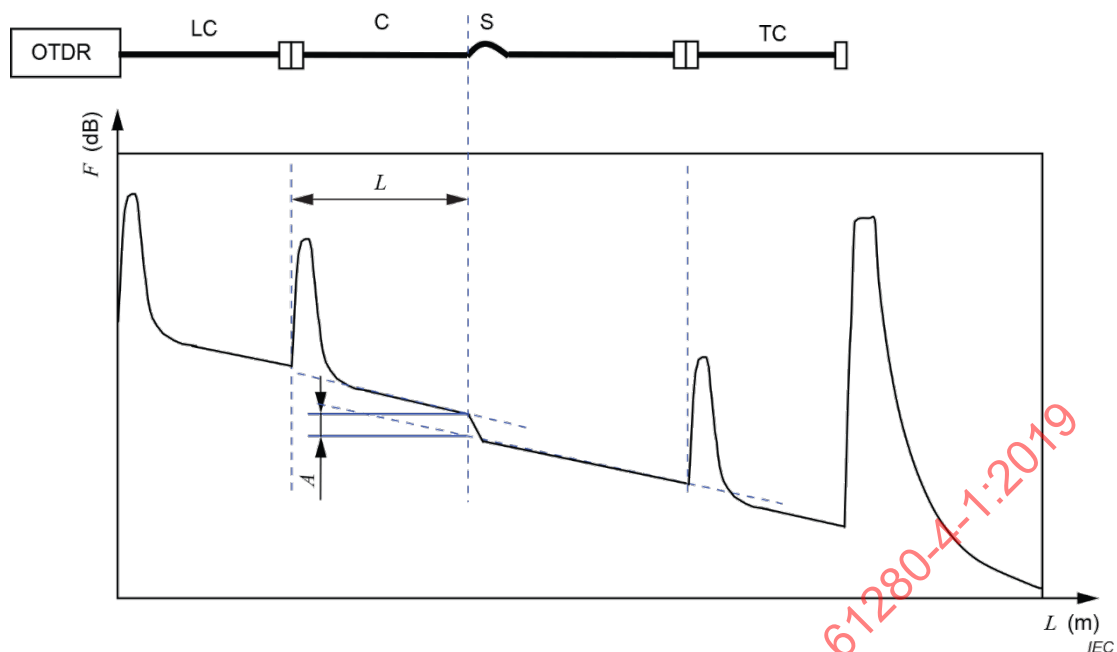
G.4 Other measurement configurations

G.4.1 General

Clause G.4 reports some particular measurement configurations that are not part of Annex D.

G.4.2 Macrobend or splice attenuation measurement

Figure G.1 illustrates the proper measurement trace of a macrobend or a fusion splice within a cabling. The attenuation of a macro bend is measured using linear regressions on both sides of the macrobend. The attenuation is given by the difference of displayed power level at the intercept of the two linear regressions with the vertical axis of the bending location. Note that the bending location is before the change of curvature of the trace.

**Key**

OTDR	optical time domain reflectometer	F	reflected power level
LC	launch cord	L	distance from OTDR launch cord output port
C	cabling under test	A	macrobend or splice attenuation
TC	tail cord	S	macrobend or splice

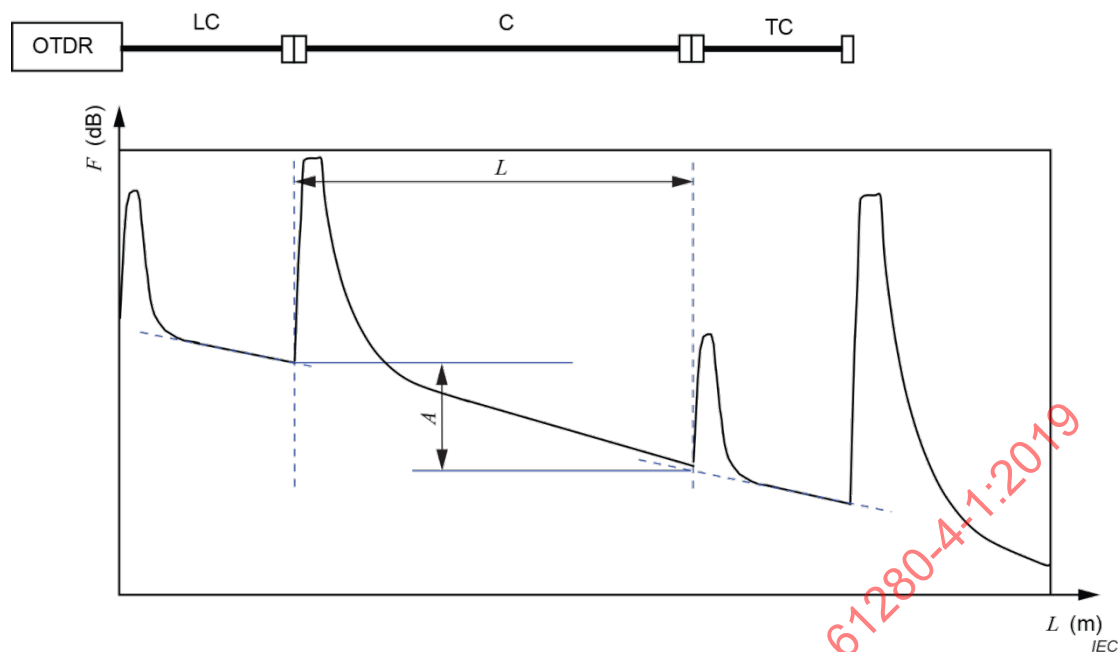
Figure G.1 – Splice and macrobend attenuation measurement**G.4.3 Splice attenuation measurement**

Use the same process as previously defined for a macrobend within a cabling.

G.4.4 Measurement with high reflection connectors or short length cabling

Figure G.2 illustrates a measurement of installed cabling with highly reflective connectors. The strong reflection at the launch cable causes pulse clipping and tailing. Tailing makes attenuation coefficients and closely spaced events difficult to measure.

This demonstrates how it is important to follow the measurement procedure that does not use any part of the tailing signal.



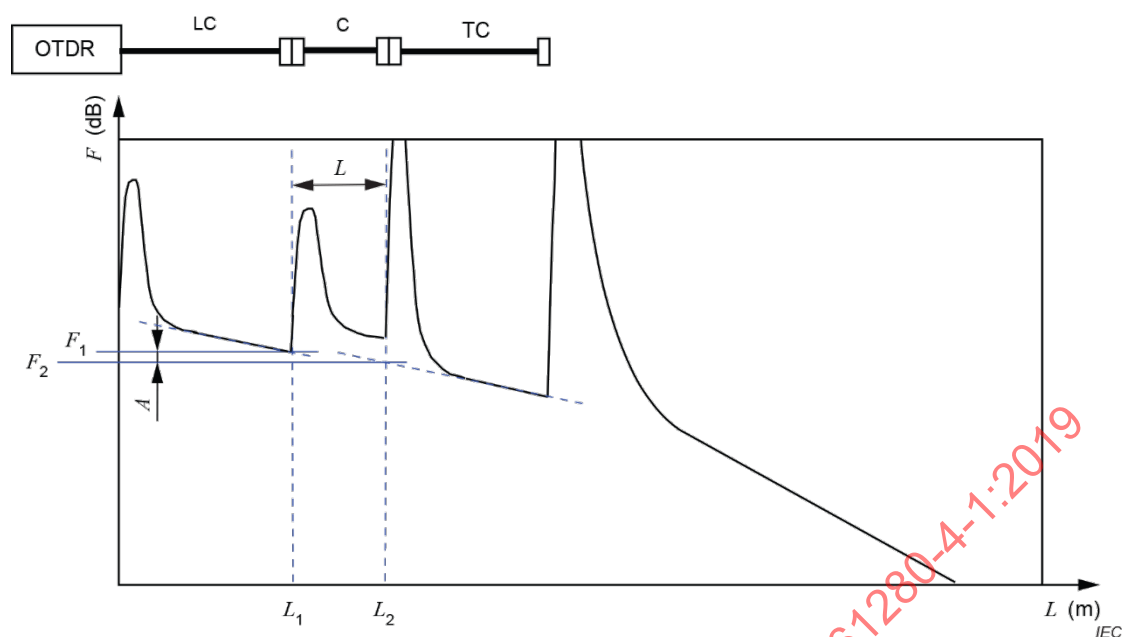
Key

OTDR	optical time domain reflectometer	F	reflected power level
LC	launch cord	L	length of cabling under test
C	cabling under test	A	attenuation
TC	tail cord		

Figure G.2 – Attenuation measurement with high reflection connectors

Figure G.3 illustrates a measurement of a short length cabling. The length of the link is shorter than the attenuation dead zone. Separate measurements of the cabling and connections are not available, while the overall measurement is still available.

This demonstrates again how it is important to follow the measurement procedure that does not use any part of the tailing signal.



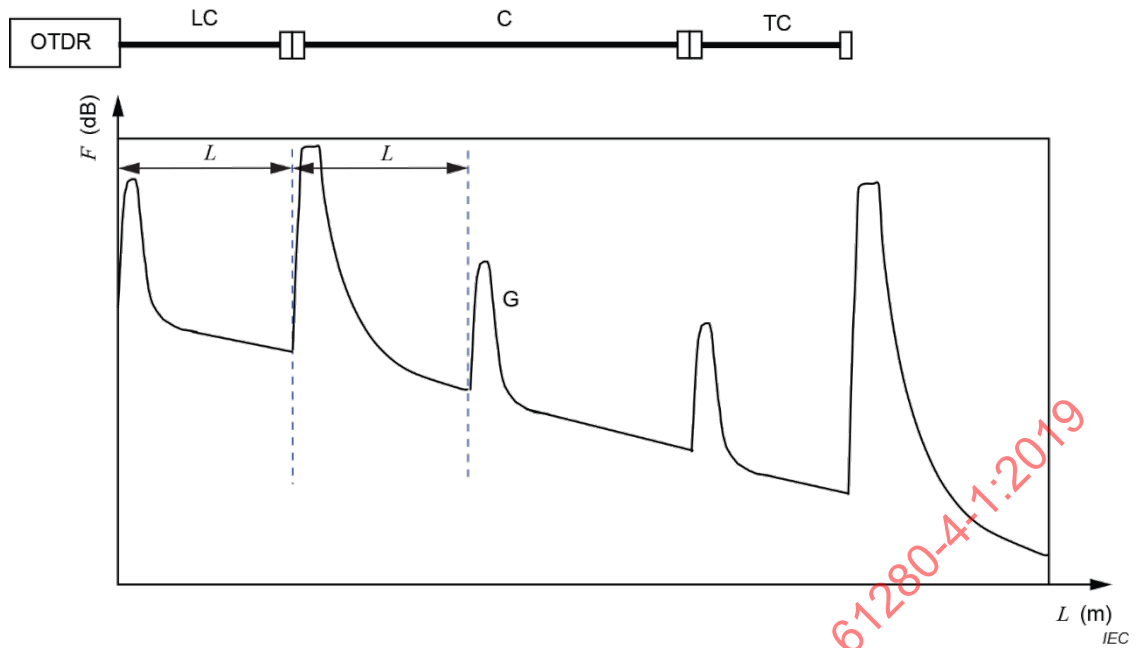
Key

OTDR	optical time domain reflectometer	F	reflected power level
LC	launch cord	L	length of cabling under test
C	cabling under test	A	attenuation
TC	tail cord	L_1, L_2	cabling port locations

Figure G.3 – Attenuation measurement of a short length cabling

G.4.5 Ghost

Figure G.4 illustrates a measurement of installed cabling with a highly reflective connector at the launch cord and cabling under test interface and resulting ghost. The OTDR software may identify ghosts properly; if not, ghosts can be identified when the distance between two events on the optical fibre is duplicated.



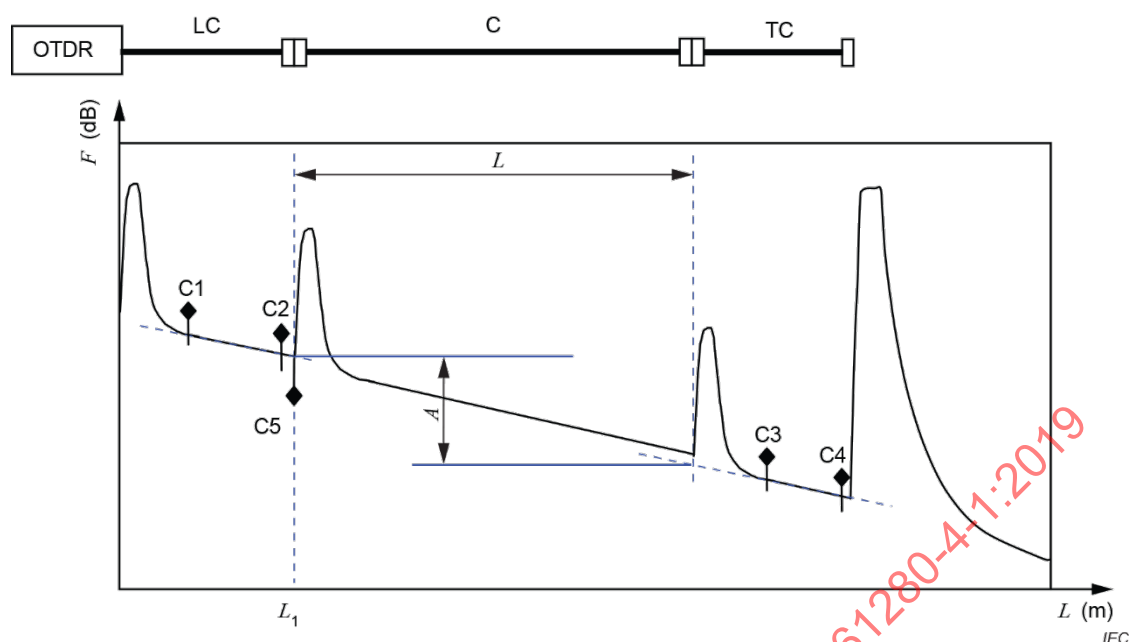
Key

OTDR	optical time domain reflectometer	F	reflected power level
LC	launch cord	L	length of the launch cord (duplicated)
C	cabling under test	G	ghost reflection
TC	tail cord		

Figure G.4 – OTDR trace with ghost

G.5 More on the measurement method

The measurement method defined in Annex E is also called the five cursors method. This is due to the fact that readings at five cursor positions are used to complete the measurement.

**Key**

OTDR	optical time domain reflectometer	C1, C2, C3, C4	cursors for linear regression definition
LC	launch cord	L	length of cabling under test
C	cabling under test	A	attenuation
TC	tail cord	L_1	distance to cabling under test

Figure G.5 – Cursor positioning

Figure G.5 shows cursor positioning on the backscattering trace. C1 and C2 define the area of linear regression of the launch test cord. C3 and C4 define the area of linear regression the tail cord. C5 needs to be placed at L_1 .

Make sure that the OTDR is configured for the application of a linear regression between the cursors. This configuration may also be called least square approximation (LSA).

NOTE The alternative to the linear regression setting (LSA) is generally called two points. This configuration generally leads to significant errors, as the calculation of the slope is made using only two points of the backscattering trace, while the LSA reduces the consequence of the noise and nonlinear response due to dead zone effects.

G.6 Bi-directional measurement

For cabling containing splices or additional connectors, OTDR testing can be carried out from both ends of the cabling under test. This allows any inaccuracy in the measurement of component attenuation due to variations in the optical fibre backscattering characteristics to be cancelled out by averaging the component attenuation measurements taken from both ends of the system.

If the launch cord and tail cord have identical scattering characteristics, and it is only the total attenuation of the link that is required to be measured, it is sufficient to carry out OTDR testing in one direction only. However, if the launch cord and tail cord have different characteristics from one another, bidirectional OTDR testing is required.

In order to properly measure the first and last connection for bidirectional averaging, the launch and tail cords shall be kept in their initial measurement positions. Thus, the launch cord of the first direction becomes the tail cord of the opposite direction. This will ensure that identical optical fibres are mated, so the effects of mode field mismatch between the test cords and cabling can be averaged out.

An individual averaged bidirectional attenuation is defined as the half sum of the attenuation recorded from each end.

$$A = \frac{A_{oe} + A_{eo}}{2} \text{ (dB)} \quad (\text{G.1})$$

where

A_{oe} is the attenuation measured in the direction from the origin to the extremity;

A_{eo} is the attenuation measured in the direction from the extremity to the origin (see IEC TR 62316 for more details).

NOTE Some OTDRs can include specific firmware to manage bidirectional measurements.

Averaging bidirectional testing for determining reflectance will produce incorrect results, since fundamentally, connector reflectance is direction dependent.

G.7 Non-recommended practices

G.7.1 Measurement without tail test cord

If the tail cord is missing, the attenuation of the connector at the end of the cabling is not taken into account. Also, the measurement is not possible when the length of the cabling is short regarding the attenuation dead zone (see G.4.4).

This type of measurement is only acceptable for the qualification of a repair of cabling that had been tested before the damage (assuming configurations of the OTDR and the cabling allow the visualization of the repair).

G.7.2 Cursor measurement

OTDRs generally provide easy access to two cursors showing location and power level position, as well as the attenuation between the two cursors.

The use of a cursor measurement is not recommended for qualification because the measurement location may not be correct. The LSA function is preferred. However, such functionality can be useful in an optimization process.

Annex H (informative)

Test cord attenuation verification

H.1 General

The validity of installed cabling attenuation measurements critically depends on the attenuation performance of the test cords used in all LSPM methods. Test cord attenuation verification should be performed before formal testing of installed cabling begins. Cords should be re-verified at the beginning of each testing session (e.g., on a daily basis) or after the number of plug insertions approaches the stated mating durability specification, typically defined in hundreds of cycles.

Test cord attenuation performance verification involves measuring the attenuation of the test cords, and possibly performing steps to obtain acceptably low attenuation performance, prior to measuring the installed cabling. The maximum acceptable attenuation may be established in a number of ways (e.g., by customer testing requirements, the specifications claimed by the manufacturer of the test cords or by cabling standards).

The launch cord affects the launch condition. The recommended verification sequence is to first choose a launch cord that is inspected to be in good condition and previously confirmed to produce the required launch condition, including any necessary mode conditioning devices, when used with the specific light source intended for installed cabling tests. Should poor launch cord attenuation performance necessitate its replacement, first establish the launch conditioning required, if any, for the replacement launch cord using the procedures of Annex F, then return to this annex to verify attenuation performance.

H.2 Apparatus

The light source, power meter and all test cords are defined in Clause 6. The launch cords should contain any mode conditioning elements required to bring the launch condition into compliance. A device that can produce the desired launch condition, attached to a light source, may also be used.

It is necessary to use a power meter that will mate to the plugs of the test cords, that is, offer a socket or adapter of the same type as that of the installed cabling to be tested. This may be accomplished in two ways:

- 1) by using a compatible socket on the power meter; or
- 2) by attaching to the power meter a short (< 2 m) bucket cord, free of bends of radius less than 30 mm, having a cable-plant-compatible adapter on one end and a plug compatible with the power meter socket on the other. The optical fibre within the bucket cord is of a larger core diameter and higher numerical aperture than that of the cords under test, so that substantially all light may be collected from the cords under test. When verifying test cords containing sub-category A1-OM2 to A1-OM5 50/125 µm optical fibre, a bucket cord containing sub-category A1-OM1 62,5/125 µm optical fibre or sub-category A1d 100/140 µm optical fibre can be used; when verifying test cords containing sub-category A1-OM1 62,5/125 µm optical fibre, a bucket cord containing sub-category A1d 100/140 µm optical fibre can be used.

H.3 Procedure

H.3.1 General

The verification procedure depends on the number and type of cords used in the test method. A power meter with a compatible socket is illustrated. The bucket cord adaptation is not shown.

The procedures are presented in the following organization and order:

- One-cord and two-cord methods:
 - use H.3.2 for test cord interfaces that are non-pinned/unpinned and non-plug/socket connector styles such as LC, SC or other plug/adaptor/plug types;
 - use H.3.3 for test cord interfaces that are of the pinned/unpinned style such as the MT-RJ, or are of the plug/socket style such as the SG.
- Three-cord method:
 - use H.3.4 for test cord interfaces that are non-pinned/unpinned and non-plug/socket connector styles such as LC, SC or other plug/adaptor/plug types;
 - use H.3.5 for test cord interfaces that are of the pinned/unpinned style such as the MT-RJ, or are of the plug/socket style such as the SG.

Most of the procedures contain optional sequences that are designed to test the cords bidirectionally. Regardless of whether these optional steps are performed, labelling of the cords is advised so that their orientation and order in the test cord sequence can be identified.

The attenuation formulas assume that power readings are made in absolute linear units, such as microwatts (μW) or milliwatts (mW), which shall be converted to decibels using logarithms. If the power readings are made in relative logarithmic units, such as decibels relative to one milliwatt (dBm), the attenuation is determined by subtraction of the reading from the reference. For example, if the reference is -12 dBm and the reading is $-12,5 \text{ dBm}$, the attenuation is $(-12 \text{ dBm}) - (-12,5 \text{ dBm}) = +0,5 \text{ dB}$.

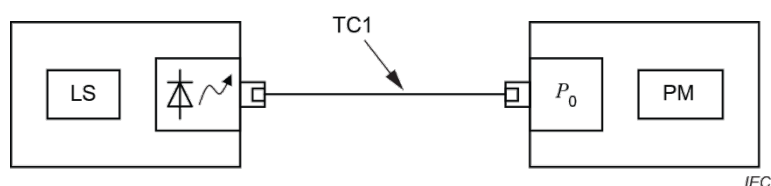
In any of the procedures, should the connection between the launch cord TC1 and the light source be disturbed (e.g., by disconnection or mechanical stress), a new reference power level shall be obtained because the amount of power coupled from the light source is typically sensitive to these disturbances.

H.3.2 Test cord verification for the one-cord and two-cord methods when using non-pinned/unpinned and non-plug/socket style connectors

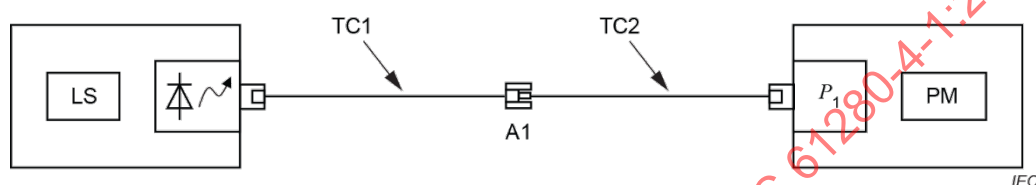
- 1) Obtain reference power measurement P_0 with launch cord TC1 as shown in Figure H.1.
- 2) Insert adapter A1 and receive cord TC2 between TC1 and power meter as shown in Figure H.2 and record P_1 .
- 3) Determine the attenuation as $10 \log(P_0/P_1)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapter A1, or replace TC1, TC2 and A1 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1).

Steps 4), 5), and 6) are recommended but optional. If steps 4), 5), and 6) are not performed, then the cords shall be used only in their tested orientation. More precisely, performing steps 4) and 5) allows TC2 to be used in either orientation; performing step 6) allows TC1 to be used in either orientation.

- 4) Disconnect TC2 from the power meter and adapter, interchange the ends, reinsert between adapter and power meter and record a second power level, P_2 .
- 5) Determine the attenuation as $10 \log(P_0/P_2)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapter A1, or replace TC1, TC2 and A1 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1).
- 6) If the plugs of TC1 are of the same type on both ends, disconnect TC1 from the light source and adapter, interchange the ends, and repeat steps 1) through 5), obtaining a new reference reading P_3 and power readings P_4 and P_5 as above.

**Key**

LS	light source
TC1	launch cord
PM	power meter

Figure H.1 – Obtaining reference power level P_0 **Key**

LS	light source	TC2	test cord
TC1	launch cord	PM	power meter
A1	connector set		

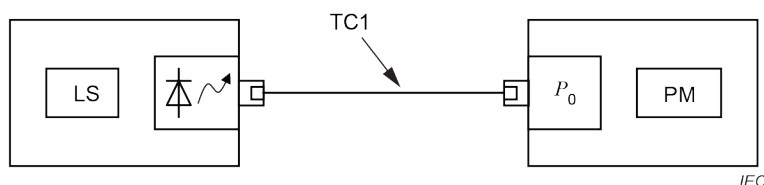
Figure H.2 – Obtaining power level P_1 **H.3.3 Test cord verification for the one-cord and two-cord methods when using pinned/unpinned or plug/socket style connectors****H.3.3.1 General**

This procedure is subdivided into two parts, one for compatible and another for incompatible interfaces. The procedure of H.3.3.2 applies to cases where TC1 and TC2 provide mutually compatible interfaces between them, where, for example, one plug is pinned and the other unpinned, or where one is a plug and the other a socket. The procedure of H.3.3.3 applies to cases where TC1 and TC2 do not provide mutually compatible interfaces between them, where, for example, both plugs are pinned or unpinned, or both are plugs or sockets.

H.3.3.2 Compatible interfaces

This procedure differs from that of H.3.1 because the cords are assumed to be directional due to their pinning or plug/socket arrangements. In cases where this assumption does not apply, the procedures of H.3.1 are recommended so that bidirectional test cord verification can be established. Cases where bidirectional verification may be possible include power meters that can accept both pinned and unpinned plugs.

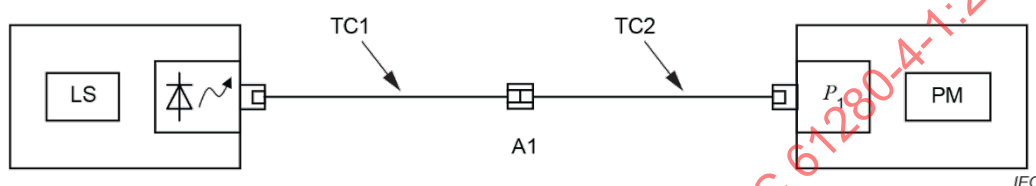
- 1) Obtain reference power measurement P_0 with launch cord TC1 as shown in Figure H.3.
- 2) Insert adapter A1 and receive cord TC2 between TC1 and power meter as shown in Figure H.4 and record P_1 . A socket for plug/socket style connections replaces adapter A1.
- 3) Determine the attenuation as $10 \log(P_0/P_1)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapter A1 (or socket), or replace TC1, TC2 and A1 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1).



Key

LS	light source
TC1	launch cord
PM	power meter

Figure H.3 – Obtaining reference power level P_0



Key

LS	light source	TC2	test cord
TC1	launch cord	PM	power meter
A1	connector set		

Figure H.4 – Obtaining power level P_1

H.3.3.3 Incompatible interfaces

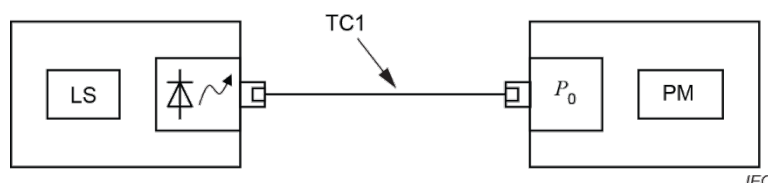
Particular configurations of pinned/unpinned and plug/socket style connections necessitate the introduction of a third cord that provides a compatible interface between the cords under test. The attenuation of this three-cord combination shall be sufficiently low so that the combined attenuation still passes the acceptance criteria for the attenuation of a single interface. Configurations that necessitate a third cord include those where TC1 and TC2 are both pinned or unpinned, or are either plugs or sockets in a plug/socket style arrangement.

- 1) Obtain reference power measurement P_0 with launch cord TC1 as shown in Figure H.5.
- 2) Insert adapters A1, A2, cord TC3, and receive cord TC2 between TC1 and power meter as shown in Figure H.6 and record P_1 . For plug/socket styles, the adapters are replaced by sockets on the ends of TC3.
- 3) Determine the attenuation as $10 \log(P_0/P_1)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC1, TC2, TC3 and adapters A1 and A2 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1).

Steps 4), 5), and 6) are recommended but optional. If steps 4), 5), and 6) are not performed, then the cords shall be used only in their tested orientation. More precisely, performing steps 4) and 5) allows TC2 to be used in either orientation; performing step 6) allows TC1 to be used in either orientation.

- 4) In configurations that permit, disconnect TC2 from the power meter and adapter, interchange the ends, reinsert between adapter and power meter, and record a second power level, P_2 .
- 5) Determine the attenuation as $10 \log(P_0/P_2)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC2, TC3 and adapter A2 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1).

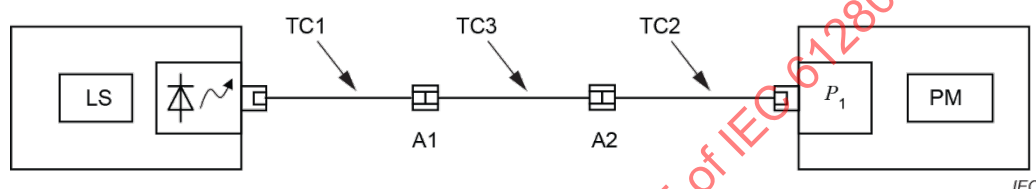
- 6) If the plugs of TC1 are of the same type on both ends, disconnect TC1 from the light source and adapter, interchange the ends, and repeat steps 1) through 3).



Key

LS	light source
TC1	launch cord
PM	power meter

Figure H.5 – Obtaining reference power level P_0



Key

LS	light source	TC3	test cord
TC1	launch cord	TC2	receive cord
A1	connector set	PM	power meter
A2	connector set		

Figure H.6 – Obtaining power level

H.3.4 Test cord verification for the three-cord method when using non-pinned/unpinned and non-plug/socket style connectors

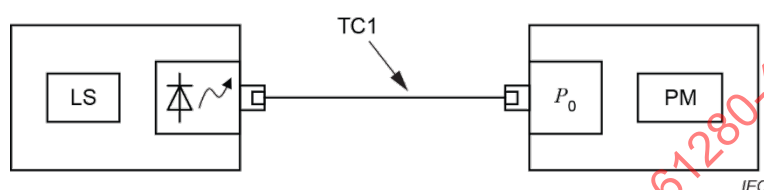
- 1) Obtain reference power measurement P_0 with launch cord TC1 as shown in Figure H.7.
- 2) Insert adapter A1 and receive cord TC2 between TC1 and power meter as shown in Figure H.8 and record P_1 .
- 3) Determine the attenuation as $10 \log(P_0/P_1)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapter A1, or replace TC1, TC2 and A1 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1).

Steps 4), 5), and 6) are recommended but optional. If steps 4), 5), and 6) are not performed, then the cords shall be used only in their tested orientation. More precisely, performing steps 4) and 5) allows TC2 to be used in either orientation; performing step 6) allows TC1 to be used in either orientation. If steps 4), 5), and 6) are skipped, P_1 becomes the reference power level P_{ref} in step 8).

- 4) Disconnect TC2 from the power meter and adapter, interchange the ends, reinsert between adapter and power meter, and record a second power level, P_2 .
- 5) Determine the attenuation as $10 \log(P_0/P_2)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapter A1, or replace TC1, TC2 and A1 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1). If step 6) is not performed, P_2 becomes the new reference power level P_{ref} in step 8).
- 6) If the plugs of TC1 are of the same type on both ends, disconnect TC1 from the light source and adapter, interchange the ends, and repeat steps 1) through 5), obtaining a new

reference reading P_3 and power readings P_4 and P_5 as above, then proceed to step 7). P_5 becomes the new reference power level P_{ref} in step 8).

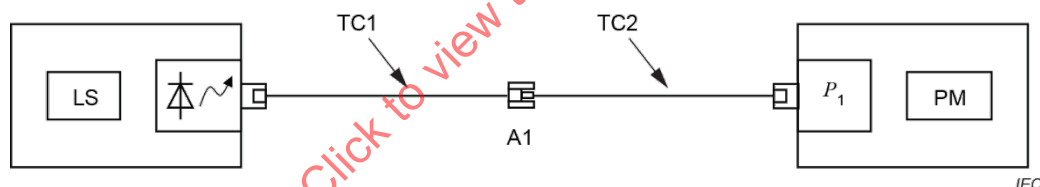
- 7) Insert substitution cord TC3 and adapter A2 between A1 and TC2 as shown in Figure H.9 and record power level P_6 .
- 8) Determine the attenuation as $10 \log(P_{\text{ref}}/P_6)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC3 and A2 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1).
- 9) Disconnect TC3 from the adapters, interchange the ends, reinsert and record power level P_7 .
- 10) Determine the attenuation as $10 \log(P_{\text{ref}}/P_7)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC3 and adapters as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1).



Key

LS	light source
TC1	launch cord
PM	power meter

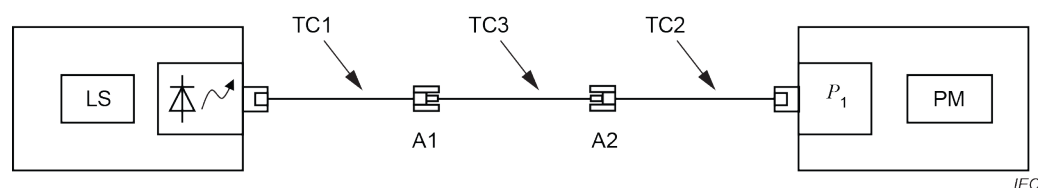
Figure H.7 – Obtaining reference power level P_0



Key

LS	light source	TC2	test cord
TC1	launch cord	PM	power meter
A1	connector set		

Figure H.8 – Obtaining power level P_1

**Key**

LS	light source	A2	connector set
TC1	launch cord	TC2	receive cord
A1	connector set	PM	power meter
TC3	test cord		

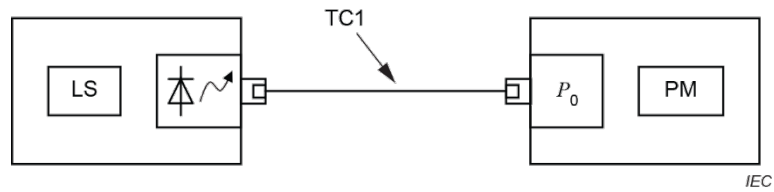
Figure H.9 – Obtaining power level P_5 **H.3.5 Test cord verification for the three-cord method when using pinned/unpinned or plug/socket style connectors**

- 1) Obtain reference power measurement P_0 with launch cord TC1 as shown in Figure H.10.
- 2) Insert adapters A1, A2, substitution cord TC3, and receive cord TC2 between TC1 and power meter as shown in Figure H.11 and record P_1 . For plug/socket styles, the adapters are replaced by sockets.
- 3) Determine the attenuation as $10 \log(P_0/P_1)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC1, TC2, TC3 and adapters as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1).
- 4) If the plugs of TC3 are of the same type on both ends, disconnect TC3, interchange the ends, reinsert and record power level P_2 . If the plugs are not the same type, skip step 5).
- 5) Determine the attenuation as $10 \log(P_0/P_2)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC1, TC2, TC3 and adapters as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1).

NOTE The limits in steps 3) and 5) for this case are normally set to two times the acceptable limit of a single interface.

Steps 6), 7), and 8) are recommended but optional. If steps 6), 7), and 8) are not performed, then TC1 and TC2 shall be used only in their tested orientation. More precisely, performing steps 6) and 7) allows TC2 to be used in either orientation; performing step 8) allows TC1 to be used in either orientation.

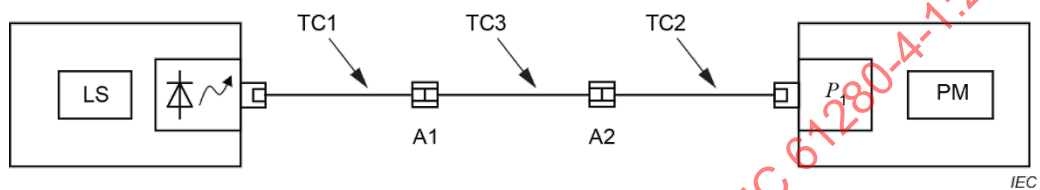
- 6) In configurations that permit, disconnect TC2 from the power meter and adapter, interchange the ends, reinsert between adapter and power meter, and record a power level, P_3 .
- 7) Determine the attenuation as $10 \log(P_0/P_3)$ [dB]. Verify that attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC2, TC3 and adapter A2 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step 1).
- 8) If the plugs of TC1 are of the same type on both ends, disconnect TC1 from the light source and adapter, interchange the ends, and repeat steps 1) through 5).



Key

- LS light source
- TC1 launch cord
- PM power meter

Figure H.10 – Obtaining reference power level P_0



Key

- LS light source
- TC1 launch cord
- A1 connector set
- TC3 test cord
- A2 connector set
- TC2 receive cord
- PM power meter

Figure H.11 – Obtaining power level P_1

Annex I (normative)

On the use of reference-grade test cords

I.1 General

Test cords with reference-grade terminations are used, where possible, to reduce measurement uncertainty. If a connector with an off-centre optical fibre were to be used, the results would vary depending on the particular orientation of the launch cord connector to the orientation of the offset of the connector in the cabling. However, the use of reference-grade terminations on the test cords means that the measured attenuation of the cabling will typically be less than if standard-grade terminations were used, thus leading to a bias in the measurement.

The interpretation of the measured attenuation of the cabling is likely to be based on comparison with a specified acceptance figure to provide a pass/fail result but this is not within the scope of this document.

I.2 Practical configurations and assumptions

I.2.1 Component specifications

Cabling under test comprises cable(s), splice(s) and connections.

For cables and splices, the value to be used in the establishment of the attenuation contribution is the maximum value specified in the relevant cabling or cable standard. The cable attenuation is calculated by multiplying the maximum attenuation coefficient specified by the length of the cable. For example, a cabled optical fibre of Category OM3 (in accordance with ISO/IEC 11801-1 or IEC 60794-2-21) has a maximum attenuation coefficient of 3,5 dB/km at 850 nm and so a 100 m length of cabling under test is allowed to include up to 0,35 dB of cable attenuation, in addition to the other component attenuations.

For connections, the values to be used are

- a) a maximum value specified in the relevant cabling standard, or
- b) a 100 % (max.) performance value specified in a connecting hardware standard.

For the purposes of Annex I, three types of connection are considered:

- 1) "standard" where the connector performance specified in IEC 62664-1-1 is applied. In Annex I, the grade B_m ($100 \% \leq 0,75$ dB) is applied as a maximum value. This is termed a "standard-grade" connection.

NOTE 1 Other grades are available.

- 2) "reference" where the connector performance specified in IEC 61755-6-2 is applied (grade 1 requires $100 \% \leq 0,1$ dB). This is termed a "reference-grade" connection.

NOTE 2 Reference-grade connectors are not available for all connector styles, and IEC 61755-6-2 addresses cylindrical ferrule connectors only. Therefore, the use of reference-grade connectors is not mandated by this document, but the principles described in this Annex I can still be applied. However, different values can apply to the connector specifications.

- 3) "mixed" where standard-grade components are connected to reference-grade components. There are no standard-based values for this performance.

NOTE 3 It is assumed that the mixed connection performance will be between the standard and reference grades. For the purposes of the worked examples given in Clause I.4, it is assumed to be 0,5 dB.

I.2.2 Conventions

In Annex I, the various connections in the reference and test configurations of I.2.3 are denoted by a letter. For example, the connection between the launch cord and the cabling under test is usually designated A_1 .

A convention has been adopted in Annex I to denote the grade of connectors that are used in that connection as follows:

- when the connection is "standard grade", the letter is used by itself, e.g., A ;
- when the connection is "mixed", the letter is used with a single prime suffix e.g., A' ;
- when the connection is "reference grade", the letter is used with a double prime suffix e.g., A'' .

The maximum values used are designated as follows (using A as an example):

- $A_{\max} = 0,75 \text{ dB}$;
- $A'_{\max} = 0,5 \text{ dB}$;
- $A''_{\max} = 0,1 \text{ dB}$.

I.2.3 Reference planes

Reference planes define the start and finish of the required measurements. The reference planes for the four cabling configurations using the recommended test methods are shown in Figures 3 to 6. The term "required result" is defined as the attenuation in the cabling configuration between the reference plane start and the reference plane finish.

Figures 3 to 6 show the reference planes for cabling under test using LSPM test equipment. The relevant results and discussions of uncertainty are described in Clause I.3 with examples provided in Clause I.4.

The same reference planes apply to OTDR test equipment (and the OTDR would replace the LS in Figures 4 to 6 and the PM would not be present). This is discussed in Clause I.5.

I.3 Impact of using reference grade test cords for recommended LSPM methods

In the test methods described in Annexes A to D, the measured result, A , is defined as the difference between the reference power level and the measured power level. In each case the annex defines the contributions to that result in terms such as the formula " $A = A_1 + A_2 + A_C$ " from Annex A.

In Annexes A to C:

- A_1 is the attenuation of the connection between the launch cord and the cabling under test;
- A_2 is the attenuation of the connection between the cabling under test and the receive cord;
- A_C is the attenuation of the cabling excluding its terminating connectors;
- A_3 and A_4 , where used, are the attenuations of extra connections that are necessary to implement the required reference configuration of test cords.

In Annex D, A_1 and A_2 are the attenuations of the connections between the equipment cords and each end of the fixed cabling.

Table I.1 shows the results and the measurement bias for the different cabling configurations and their recommended test methods using reference-grade test cords. Table I.1 also shows that no additional uncertainty (above that in Clause 5) is produced when using reference-grade test cords. Note that the acceptance figure adjustment for configurations B and C is still under discussion.

Table I.1 – Measurement bias when using reference-grade test cords

Configuration	Method: Annex	Measured result	Required result	Measurement bias
A	A (1-C)	$A = A_1' + A_2' + A_C$	$A_1 + A_2 + A_C$	$(A_1'_{\max} - A_{1\max}) + (A_2'_{\max} - A_{2\max}) \approx -0,5 \text{ dB}$
B	B (3-C)	$A = A_1' + A_2' + A_C - A_3' - A_4''$	A_C	For further study
C	C (2-C)	$A = A_1' + A_2' + A_C - A_3''$	$A_1 + A_C$	For further study
D	D (EC)	$A = A_1 + A_2 + A_C$	$A_1 + A_2 + A_C$	None

I.4 Examples for LSPM measurements

I.4.1 Example 1 (configuration A, 1-C method – Annex A)

A multimode cable 100 m long constructed of cable with a worst-case attenuation coefficient of 3,5 dB/km at 850 nm is terminated using standard-grade components in a panel at each end. The maximum attenuation, assuming standard-grade terminations for the finally configured system, would be a total of:

$$A_{1\max} + A_{2\max} + A_{C\max} = 0,75 \text{ dB} + 0,75 \text{ dB} + 0,35 \text{ dB} = 1,85 \text{ dB} \quad (\text{I.1})$$

When this is tested using the one-cord reference method with test cords terminated with reference-grade components, then we measure the attenuation of the 100 m of optical fibre (A_C) plus the connections at each end (A_1' and A_2'). In this case, the acceptance figure shall be:

$$A_1'_{\max} + A_2'_{\max} + A_{C\max} = 0,5 \text{ dB} + 0,5 \text{ dB} + 0,35 \text{ dB} = 1,35 \text{ dB} \quad (\text{I.2})$$

We then see that, when measured using reference-grade test cords, the acceptance figure has to be adjusted by $(A_1'_{\max} - A_{1\max}) + (A_2'_{\max} - A_{2\max}) = -0,5 \text{ dB}$ as shown in Table I.1 (but the uncertainty stated in Clause 5 of about 0,25 dB is not increased). When measured with standard-grade test cords, there is no change to the acceptance figure but there is a large additional uncertainty as seen in Table 5 (due to the reproducibility of standard-grade test cords). The use of reference-grade test cords is therefore recommended, provided that the acceptance figure is adjusted.

I.4.2 Example 2 (configuration D, EC method – Annex D)

A multimode cable 98 m long with a worst-case attenuation coefficient of 3,5 dB/km at 850 nm is terminated using standard-grade components in a panel at each end. Equipment cords, 2 m long fitted with standard-grade components, will be used to connect transceiver equipment to the panels at each end. The maximum attenuation would be a total of:

$$A_{1\max} + A_{2\max} + A_{C\max} = 0,75 \text{ dB} + 0,75 \text{ dB} + 0,35 \text{ dB} = 1,85 \text{ dB} \quad (\text{I.3})$$

When this is tested using the recommended equipment-cord (EC) reference method, then we want to measure the attenuation of the 100 m of optical fibre (A_C) plus the two standard-grade

connections A_1 and A_2 at the panels. We want to exclude the attenuation of the connections at the end of the equipment cords that will be connected to the transceiver equipment. The benefit of the EC test method is that it gives a direct measurement of $A_1 + A_2 + A_C$. In this case, the acceptance figure is not adjusted and shall be:

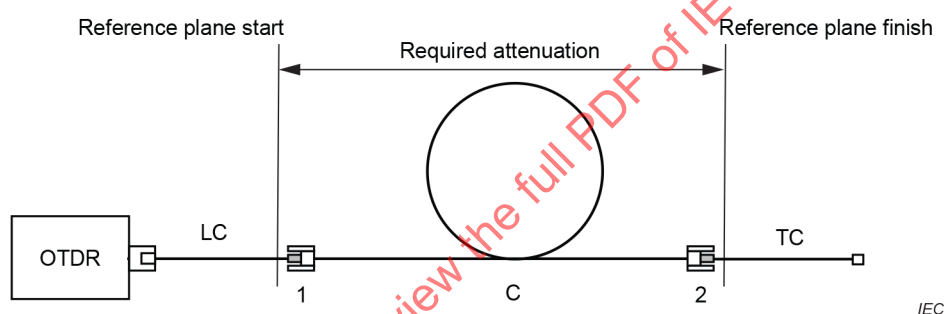
$$A_{1\max} + A_{2\max} + A_{C\max} + (A_3' - A_3' = 0) = 0,75 \text{ dB} + 0,75 \text{ dB} + 0,35 \text{ dB} = 1,85 \text{ dB} \quad (\text{I.4})$$

In this configuration, the acceptance figure is independent of whether the launch cord uses reference-grade or standard-grade components.

I.5 Impact of using reference-grade test cords for different configurations using the OTDR test method

I.5.1 Cabling configurations A, B and C

When using the OTDR test method with a suitably high resolution OTDR and sufficiently long launch and tail cords, it is possible to separately identify and measure the attenuation of each of the contributory factors ($A_1 + A_2 + A_C$, etc.) as shown in Figure I.1.



Key

OTDR	optical time domain reflectometer
LC	launch cord
C	cabling under test
TC	tail cord
1, 2	connector sets

Figure I.1 – Cabling configurations A, B and C tested with the OTDR method

The OTDR will usually produce an event table or schematic diagram containing details of the distance to each event and its attenuation as well as the length and attenuation of the sections of cabling between the events.

There is no substitution of connections from a reference measurement and so the setting of test limits is simplified as shown in Table I.2.

Table I.2 – Measurement bias when using reference grade test cords – OTDR test method

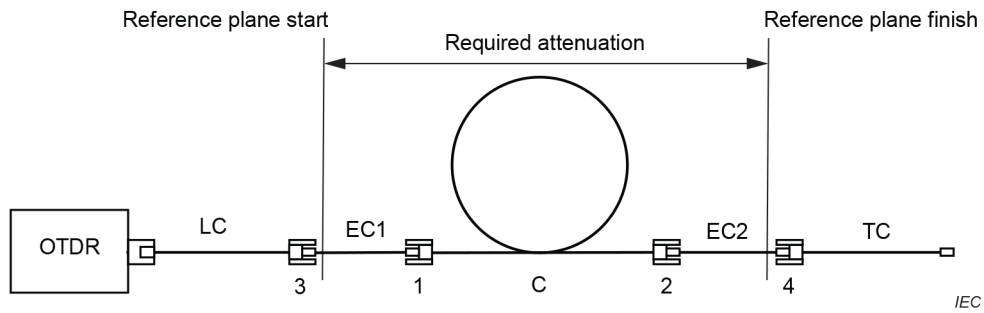
Configuration	Method: Annex	Measured result	Required result	Measurement bias
A	E (OTDR)	$A = A_1' + A_2' + A_C$	$A_1 + A_2 + A_C$	$(A_1'_{\max} - A_{1\max}) + (A_2'_{\max} - A_{2\max}) \approx -0,5 \text{ dB}$
B	E (OTDR)	$A = A_1' + A_2' + A_C - A_3'' - A_4''$	A_C	For further study
C	E (OTDR)	$A = A_1' + A_2' + A_C - A_3''$	$A_1 + A_C$	For further study
D	E (OTDR)	$A = A_1 + A_2 + A_C + A_3' - A_3'$	$A_1 + A_2 + A_C$	None
D (see Note)	E (OTDR)	$A = A_1 + A_3' + A_2 + A_4' + A_C$	$A_1 + A_2 + A_C$	For further study
When the equipment cords are short, it might be impossible to separately identify and measure A_1 and A_3' and B and E'. The acceptance figure could be adjusted to include the combined attenuations, but it would be dangerous to get a false pass by doing so; this subject is still under discussion.				

I.5.2 Cabling configuration D

When using the OTDR test method with a suitably high resolution OTDR and a sufficiently long launch cord, tail cord and equipment cords, it is possible to separately identify and measure the attenuation of each of the contributory factors ($A_1 + A_2 + A_C$, etc.) as shown in Figure I.2.

The OTDR will usually produce an event table containing details of the distance to each event and its attenuation as well as the length and attenuation of the sections of cabling between the events.

However, the ability of the OTDR method to separately identify and measure connections A_1 and A_3 , and A_2 and A_4 depends upon the capability of the OTDR and the lengths of the equipment cords. Where it is not possible to separately resolve and measure the attenuations of the connections at both ends of the equipment cords accurately, then the acceptance figure could be adjusted to include the attenuation of the connections between the launch cord and the cabling under test and the receive cord and the cabling under test, shown in Figure I.2 as A_3 and A_4 , but it would be dangerous to get a false pass by doing so; this subject is still under discussion.



Key

OTDR	optical time domain reflectometer	EC1	equipment launch cord
LC	launch cord	EC2	equipment receive cord
C	cabling under test	1, 2, 3, 4	connector sets
TC	tail cord		

Figure I.2 – Cabling configuration D tested with the OTDR method

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-1:2019

Annex J (informative)

Launch cord output near-field verification

J.1 Direct verification

In this approach, the output of the launch cord is measured directly. A main uncertainty with respect to attenuation measurements associated with a conforming launch cord is defined by the core diameter of the optical fibre in the launch cord.

When an optical fibre with core diameter that is larger than the nominal is used, and the target launch is achieved, the attenuation results will be less than if an optical fibre on nominal were used.

When an optical fibre with core diameter that is smaller than the nominal is used, and the target launch is achieved, the attenuation results will be larger than if an optical fibre on nominal were used.

J.2 Test equipment manufacturer verification

For the LSPM methods, the test equipment will generally include a light source with a socket into which the plug of a launch cord is inserted. The launch cord could be used directly, with no auxiliary mode conditioners or it could include a fixed mode conditioner such as a mandrel or other device. The encircled flux emitted by the launch cord depends on the characteristics of the light source emerging from the face of the socket, the connection of the launch cord to the socket, the optical fibre within the launch cord, and any applied mode conditioning.

The test equipment manufacturer should provide specifications for the test cord that are compatible with the particular source implementation used. When the specification on the cord is met, and the cord is used with the test equipment, the EF requirements should be assured.

J.3 Field check with physical artefact

J.3.1 General

The technicians making field measurements may not have access to the near-field measurement equipment needed to confirm the requirements of Annex F. Even if the test equipment has been qualified by the manufacturer, there could be variations in the launch cord used or some other changed variables. Clause J.3 outlines a procedure that can provide a reasonable field check measurement. In the field, the procedure is based on attenuation measurements of physical artefacts. An artefact supplier has characterized the attenuation of these artefacts using launch conditions qualified by encircled flux measurements.

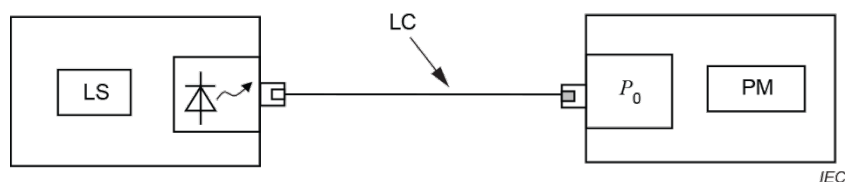
The intent of field attenuation measurements of the artefacts is to provide a check, which could provide a reasonable confirmation that the measurements of the cabling should be satisfactory. The suitability of this approach, taking all variables into account, remains a point of study.

The rest of Clause J.3 provides guidance on the construction of an artefact that has been verified experimentally. Other solutions could exist.

The encircled flux limits are based on simulations of either two or five concatenations of different magnitude fixed offset connections. These provide boundaries that emphasize a need to control the outer radius encircled flux variations more tightly. This is due to the fact that the offset connections found in the cabling produce differential modal attenuation, with the largest attenuation in the higher mode groups, which contributes most significantly to the higher radius part of the encircled flux. Variations in the launch power of these higher mode groups yield the

largest variations in the measured attenuation of the cabling. Therefore, a physical artefact shall probe the higher mode groups that are emitted from the launch cord.

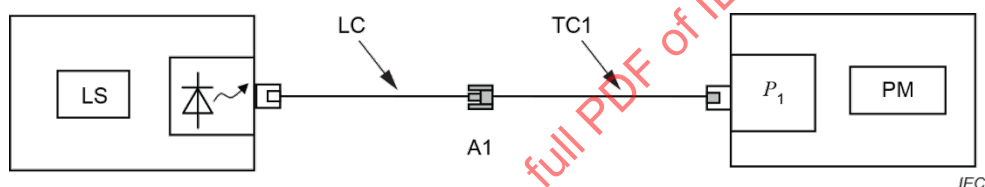
One way to do this is to construct some test cords with reference-grade terminations at the ends and with a series of offset splices between the ends. This is illustrated in Figures J.1 through J.4.



Key

LS light source
LC launch cord
PM power meter

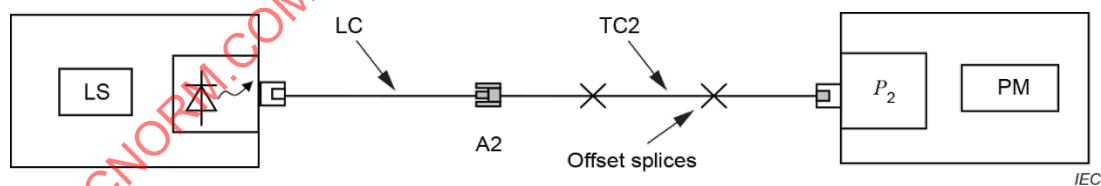
Figure J.1 – Initial power measurement



Key

LS light source
LC launch cord
A1 connector set
TC1 test cord
PM power meter

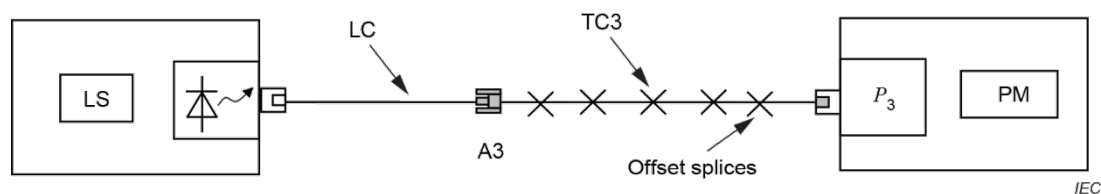
Figure J.2 – Verification of reference-grade connection



Key

LS light source
LC launch cord
A2 connector set
TC2 test cord
X offset splices
PM power meter

Figure J.3 – Two offset splices

**Key**

LS	light source	TC3	test cord
LC	launch cord	X	offset splices
A3	connector set	PM	power meter

Figure J.4 – Five offset splices**J.3.2 Procedure for attenuation characterization of artefacts**

The following procedure applies.

- Using a mode conditioner on the LC and EF measurements, bring the EF onto the target.
- Attach the LC to the PM as in Figure J.1 and measure P_0 (all power measurements are in dBm).
- Attach TC1 to the LC and PM as in Figure J.2 and measure P_1 .
- Calculate $L_1 = P_0 - P_1$.
- Verify that $L_1 \leq 0,1$ dB.
- Remove TC1 and attach TC2 as in Figure J.3 and measure P_2 .
- Calculate $L_2 = P_0 - P_2$.
- Remove TC2 and attach TC3 as in Figure J.4 and measure P_3 .
- Calculate $L_3 = P_0 - P_3$.

L_2 and L_3 are the target attenuations for TC2 and TC3.

Repeat the procedure after adjusting the EF to the maximum and minimum template values, to produce the attenuation extremes for the two test cords.

J.3.3 Construction details

The EF is specified at a number of control radius values with a target, upper limit, and lower limit, which can be viewed as target and tolerances. The measured value can be converted into a normalized metric which gives the percentage of total tolerance used (PTU). The sign of this metric is normally made to be positive for overfilling compared to target and negative for underfilling. Overfilling compared to the target occurs when the measured EF is less than the target.

In the procedure, there is a prescription to adjust the mode conditioner so that the output EF is on target. For best results, this can be satisfied when the PTU for the maximum control radius is within ± 5 % and the others are within ± 35 %. When the EF is adjusted to the maximum or minimum of the EF template, the maximum control radius EF value should be the primary concern. Hardly any launch can be made to touch the EF template boundaries at all control radii.

The optical fibre in the test cords should be on nominal for core diameter or just a little higher ($< 1 \mu\text{m}$) than nominal. The length of optical fibre between splices or connectors should be between 2 m and 4 m. In the experimental results, 3 m was used. The splices should have offsets between $3 \mu\text{m}$ and $4 \mu\text{m}$, corresponding to individual connection attenuation between

approximately 0,2 dB and 0,3 dB. In the experimental results, a splicer with a dial-in offset feature was used. The target offset was 3,5 μm .

All terminations should be reference grade.

J.3.4 Example results

The following experimental results were obtained from 50 μm optical fibre at 850 nm.

Two LED-based sources with spectral width approximately 35 nm full width at half maximum were used. Two different mode conditioning approaches were used to adjust the EF:

- mandrel – typically 25 mm and partial turns;
- mandrel plus mode conditioning device.

With the mandrel plus mode conditioning device, the maximum degree of allowed fill could not be achieved.

Figures J.5 through J.7 show the EF results in terms of percentage tolerance used for the different control radii and the two devices at the EF middle, lower, and upper limits.

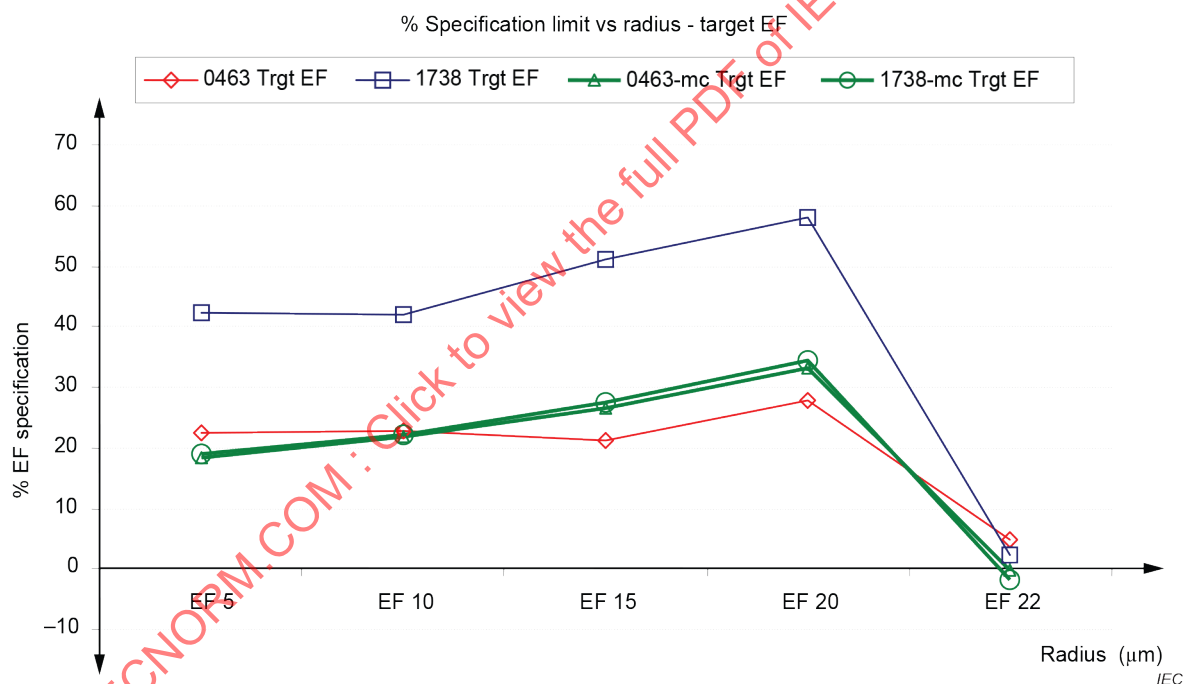


Figure J.5 – EF centred

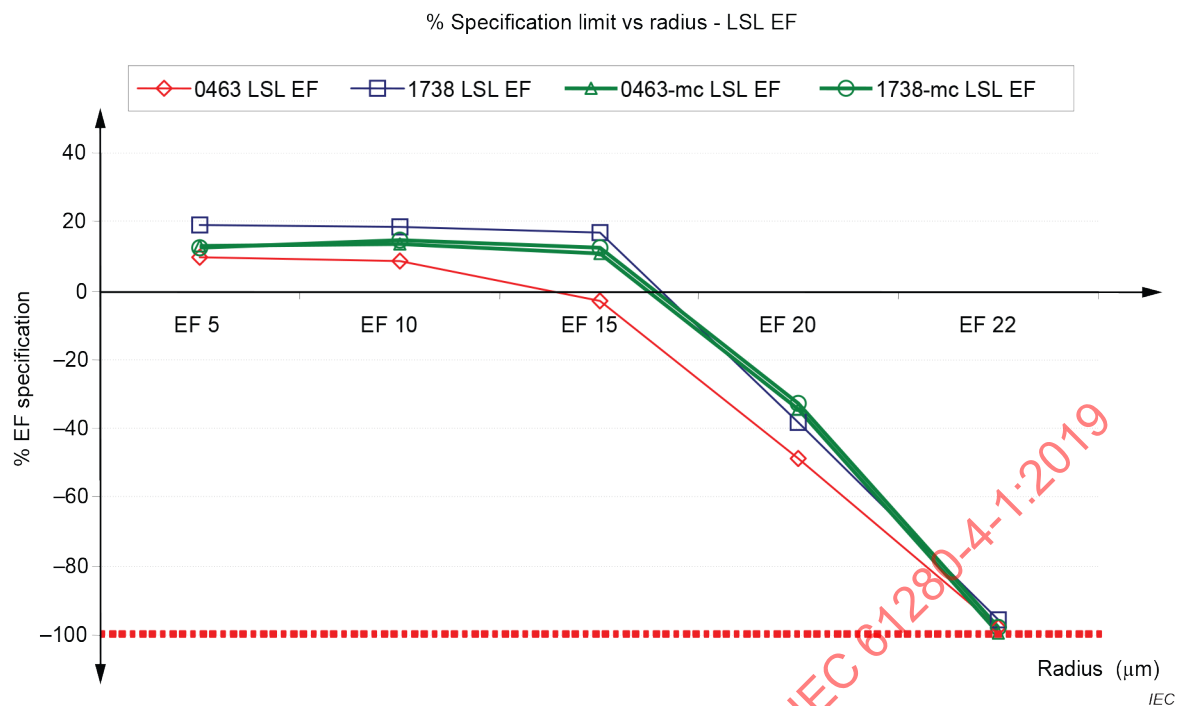


Figure J.6 – EF underfilling

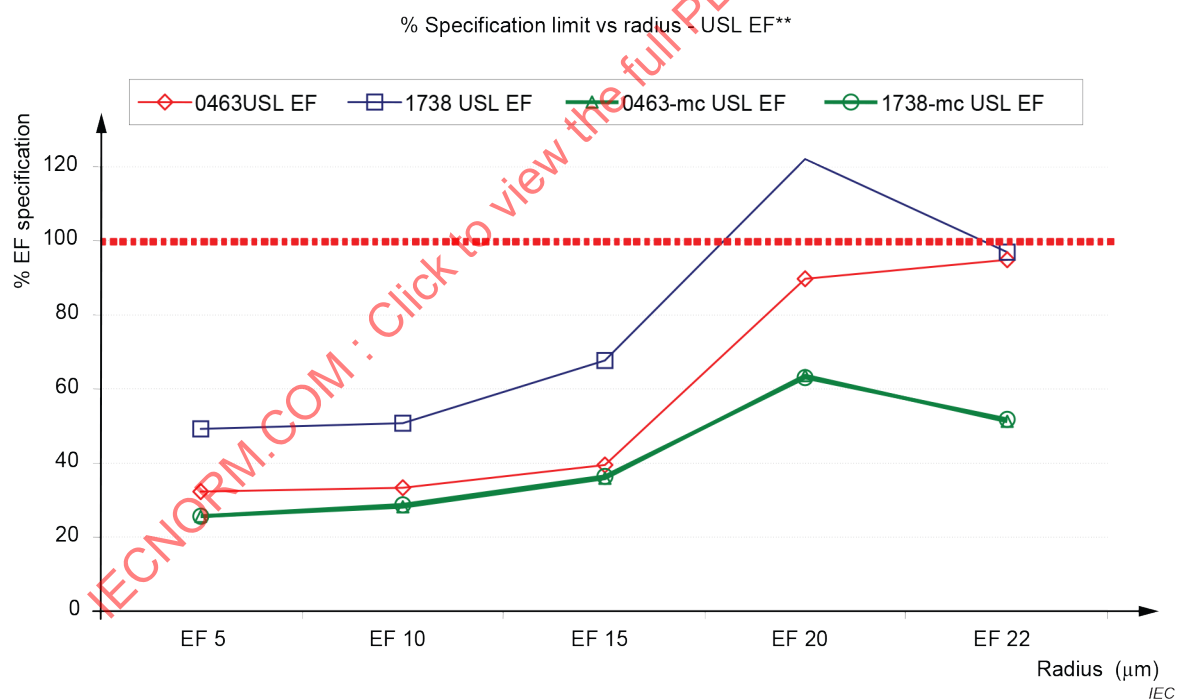


Figure J.7 – EF overfilling

Figures J.8 through J.13 show the attenuation measurement results with two replicates for each source for these conditions.

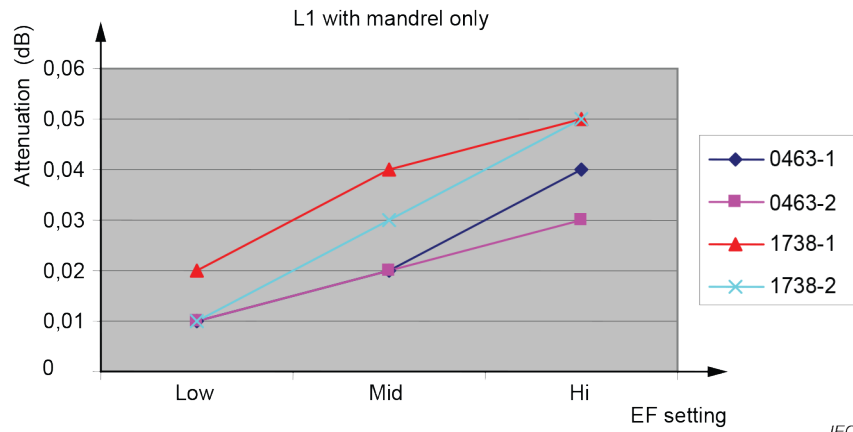


Figure J.8 – L1 attenuation with mandrel

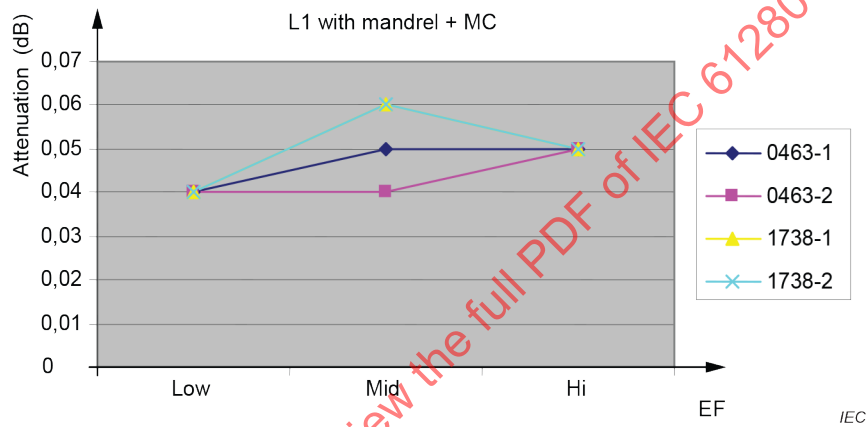


Figure J.9 – L1 attenuation with mandrel and mode conditioner



Figure J.10 – L2 attenuation with mandrel

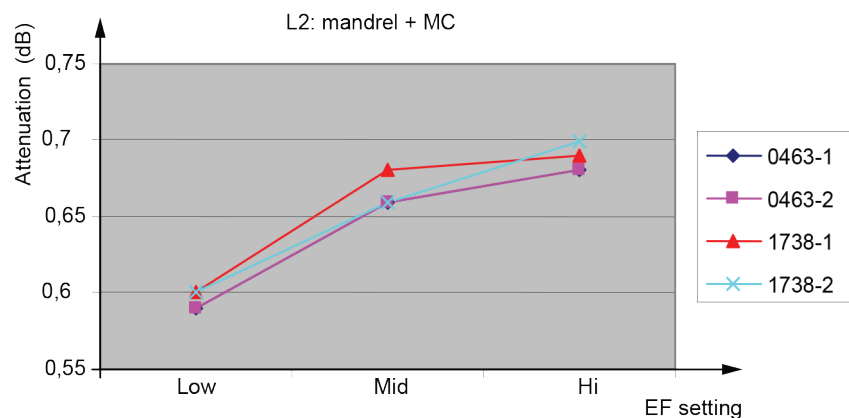


Figure J.11 – L2 attenuation with mandrel and mode conditioning

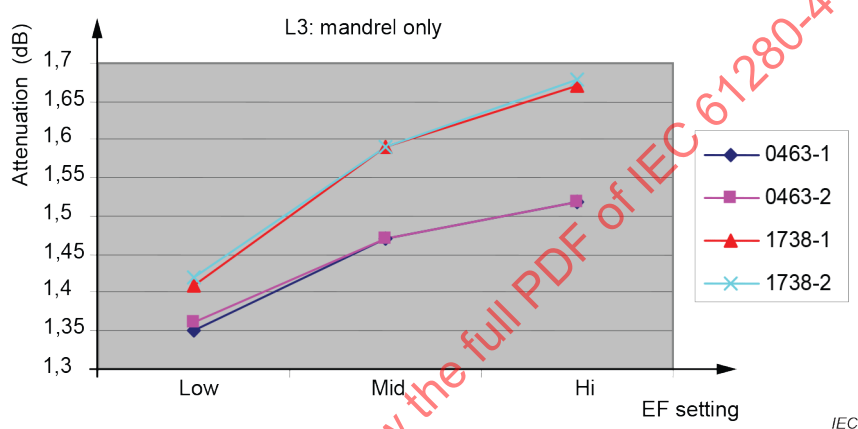


Figure J.12 – L3 attenuation with mandrel

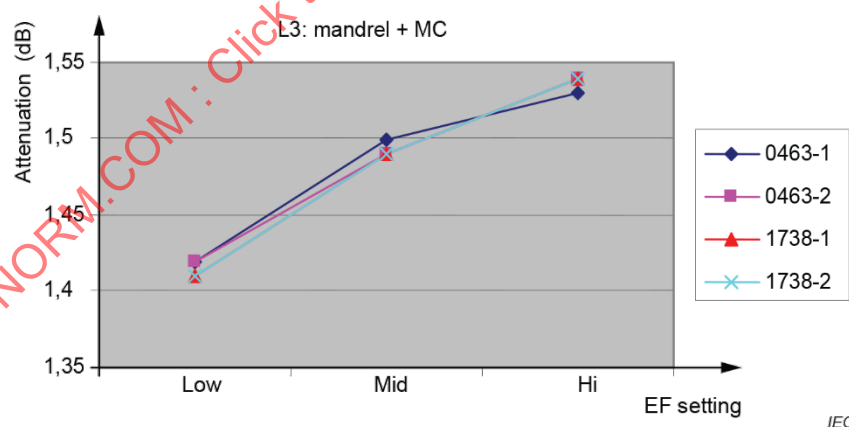


Figure J.13 – L3 attenuation with mandrel and mode conditioning

Device 1738, which was slightly overfilling without the mode conditioning device at the 20 μm control radius values and lower, had relatively higher attenuation measurement results. This illustrates the need to minimize the deviation from the EF target across all the control radii when artefact targets and limits are produced.

The variance in attenuation values remains within approximately $\pm 10\%$ as the degree of fill is varied across the template.

Bibliography

IEC 60050-581, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 581: Electromechanical components for electronic equipment* (available at www.electropedia.org)

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

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

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

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

IEC 60794-2-21, *Optical fibre cabling – Part 2-21: Indoor optical fibre cables – Detailed specification for multi-fibre optical distribution cables for use in premises cabling*

IEC 60874-19-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Connectors for optical fibres and cables – Part 19-1: Fibre optic patch cord connector type SC-PC (floating duplex) standard terminated on multimode fibre type A1a, A1b – Detail specification*

IEC 61300-3-6, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-6: Examinations and measurements – Return loss*

IEC 61300-3-45, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-45: Examinations and measurements – Attenuation of random mated multi-fibre connectors*

IEC 61745, *End-face image analysis procedure for the calibration of optical fibre geometry test sets*

IEC 61755-6-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic connector optical interfaces – Part 6-1: Connection of 50 μm multimode, non-angled physically contacting fibres¹*

IEC 61755-6-2, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Connector optical interfaces – Part 6-2: Connection of 50 μm core diameter multimode physically contacting fibres – Non-angled for reference connector application, at wavelength of 850 nm using selected A1a fibre only*

IEC 62664-1-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic connector product specifications – Part 1-1: LC-PC duplex multimode connectors terminated on IEC 60793-2-10 category A1a fibre*

IEC TR 61930, *Fibre optic graphical symbology*

IEC TR 61931:1998, *Fibre optic – Terminology*

IEC 62614:2010, *Fibre optics – Launch condition requirements for measuring multimode attenuation*

¹ Under consideration

IEC TR 62614-2, *Fibre optics – Multimode launch conditions – Part 2: Determination of launch condition requirements for measuring multimode attenuation*

IEC TR 62316, *Guidance for the interpretation of OTDR backscattering traces for single-mode fibres*

IEC TR 61282-14, *Fibre optic communication system design guides – Part 14: Determination of the uncertainties of attenuation measurements in fibre plants*

IEC TR 62627-01, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Part 01: Fibre optic connector cleaning methods*

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

ISO/IEC 11801-1:2017, *Information technology – Generic cabling for customer premises – Part 1: General requirements*

ISO/IEC 14763-3, *Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Part 3: Testing of optical fibre cabling*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-1:2019

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	83
1 Domaine d'application	85
2 Références normatives	85
3 Termes, définitions, symboles graphiques et termes abrégés	85
3.1 Termes et définitions	86
3.2 Symboles graphiques	88
3.3 Termes abrégés	90
4 Méthodes d'essai	90
4.1 Généralités	90
4.2 Configurations de câblage et méthodes d'essai applicables	91
5 Vue d'ensemble des incertitudes	93
5.1 Généralités	93
5.2 Sources d'incertitudes significatives	94
5.3 Facteurs à prendre en compte pour le mesureur de puissance	94
5.4 Facteurs à prendre en compte pour la classe de connecteur des cordons d'essai	94
5.5 Valeurs d'incertitude types	94
6 Appareillage	95
6.1 Généralités	95
6.2 Source lumineuse	95
6.2.1 Stabilité	95
6.2.2 Caractéristiques spectrales (mesurage MPSL)	95
6.3 Cordon d'amorce	96
6.4 Cordon de réception ou de fin de fibre	96
6.5 Cordon de substitution	97
6.6 Mesureur de puissance – Méthodes MPSL uniquement	97
6.7 Appareillage de l'OTDR	97
6.8 Equipement de nettoyage et d'examen de la face d'extrémité des connecteurs	98
6.9 Adaptateurs	98
7 Procédures	98
7.1 Généralités	98
7.2 Procédures communes	99
7.2.1 Précautions relatives aux cordons d'essai	99
7.2.2 Réalisation des mesures de référence (méthodes MPSL uniquement)	99
7.2.3 Examen et nettoyage des extrémités des fibres optiques du câblage	99
7.2.4 Réalisation des mesures	99
7.2.5 Réalisation des calculs	99
7.2.6 Essais duplex et bidirectionnels	99
7.3 Etalonnage	100
7.4 Sécurité	100
8 Calculs	100
9 Documentation	100
9.1 Informations pour chaque essai	100
9.2 Informations à fournir	100
Annexe A (normative) Méthode à cordon unique	101

A.1	Applicabilité de la méthode d'essai	101
A.2	Appareillage.....	101
A.3	Procédure	101
A.4	Calcul	102
A.5	Composantes de l'affaiblissement rapporté	102
Annexe B (normative)	Méthode à trois cordons	103
B.1	Applicabilité de la méthode d'essai	103
B.2	Appareillage.....	103
B.3	Procédure	103
B.4	Calculs	104
B.5	Composantes de l'affaiblissement rapporté	104
Annexe C (normative)	Méthode à deux cordons	105
C.1	Applicabilité de la méthode d'essai	105
C.2	Appareillage.....	105
C.3	Procédure	105
C.4	Calculs	106
C.5	Composantes de l'affaiblissement rapporté	106
Annexe D (normative)	Méthode des cordons d'équipement	108
D.1	Applicabilité de la méthode d'essai	108
D.2	Appareillage.....	108
D.3	Procédure	108
D.4	Calcul	109
D.5	Composantes de l'affaiblissement rapporté	109
D.6	Valeurs d'incertitude types	110
Annexe E (normative)	Réflectomètre optique dans le domaine temporel	111
E.1	Applicabilité de la méthode d'essai	111
E.2	Appareillage.....	111
E.2.1	Généralités	111
E.2.2	OTDR	111
E.2.3	Cordons d'essai	111
E.3	Procédure (méthode d'essai)	112
E.4	Calcul	113
E.4.1	Généralités	113
E.4.2	Emplacement des connexions.....	113
E.4.3	Définition des niveaux de puissance F_1 et F_2	114
E.4.4	Calcul alternatif	115
E.5	Incertitudes de l'OTDR.....	117
Annexe F (normative)	Exigences relatives aux caractéristiques de la source	118
F.1	Flux inscrit	118
F.2	Hypothèses et limitations	118
F.3	Modèles de flux inscrit	119
F.3.1	Généralités	119
F.3.2	Incertitudes attendues	119
F.3.3	Modèles.....	119
F.4	Représentation graphique des modèles	121
Annexe G (informative)	Informations de configuration de l'OTDR	122
G.1	Généralités	122
G.2	Paramètres fondamentaux définissant la capacité opérationnelle d'un OTDR.....	123

G.2.1	Dynamique	123
G.2.2	Largeur d'impulsion	123
G.2.3	Temps de moyennage	123
G.2.4	Zone morte	123
G.3	Autres paramètres	124
G.3.1	Indice de réfraction	124
G.3.2	Plage de mesure	124
G.3.3	Echantillonnage en distance	124
G.4	Autres configurations de mesure	124
G.4.1	Généralités	124
G.4.2	Mesure de l'affaiblissement des macro-courbures ou des épissures	124
G.4.3	Mesure de l'affaiblissement des épissures	125
G.4.4	Mesure avec des connecteurs à forte réflexion ou un câblage court	125
G.4.5	Réflexions fantômes	127
G.5	Informations complémentaires sur la méthode de mesure	128
G.6	Mesure bidirectionnelle	129
G.7	Pratiques non recommandées	130
G.7.1	Mesure sans cordon d'essai de fin de fibre	130
G.7.2	Mesure par curseur	130
Annexe H (informative)	Vérification de l'affaiblissement des cordons	131
H.1	Généralités	131
H.2	Appareillage	131
H.3	Procédure	132
H.3.1	Généralités	132
H.3.2	Vérification des cordons d'essai pour les méthodes à cordon unique et à deux cordons en utilisant des connecteurs de type non broché/non broché et sans fiche/embase	132
H.3.3	Vérification des cordons d'essai pour les méthodes à cordon unique et à deux cordons en utilisant des connecteurs de type broché/non broché ou avec fiche/embase	133
H.3.4	Vérification des cordons d'essai pour la méthode à trois cordons en utilisant des connecteurs de type non brochés/non brochés et sans fiche/embase	136
H.3.5	Vérification des cordons d'essai pour la méthode à trois cordons en utilisant des connecteurs de type broché/non broché ou fiche/embase	137
Annexe I (normative)	Utilisation des cordons d'essai de classe de référence	139
I.1	Généralités	139
I.2	Configurations pratiques et hypothèses	139
I.2.1	Spécifications des composants	139
I.2.2	Conventions	140
I.2.3	Plans de référence	140
I.3	Conséquences de l'utilisation des cordons d'essai de classe de référence pour les méthodes MPSL recommandées	140
I.4	Exemples de mesures MPSL	141
I.4.1	Exemple 1 (configuration A, méthode 1-C – Annexe A)	141
I.4.2	Exemple 2 (configuration D, méthode EC – Annexe D)	142
I.5	Impact de l'utilisation des cordons d'essai de classe de référence pour différentes configurations utilisant la méthode d'essai par OTDR	142
I.5.1	Configurations de câblage A, B et C	142
I.5.2	Configuration de câblage D	143
Annexe J (informative)	Vérification du champ proche en sortie du cordon d'amorce	145

J.1	Vérification directe	145
J.2	Vérification auprès du fabricant de l'équipement d'essai	145
J.3	Contrôle sur site avec artefact physique	145
J.3.1	Généralités	145
J.3.2	Procédure de caractérisation de l'affaiblissement des artefacts	147
J.3.3	Détails de construction	147
J.3.4	Exemples de résultats	148
	Bibliographie.....	152
	Figure 1 – Symboles des connecteurs.....	89
	Figure 2 – Symbole d'un câblage en essai	89
	Figure 3 – Plan de référence pour la configuration d'essai A avec la méthode à cordon unique	92
	Figure 4 – Plan de référence pour la configuration d'essai B avec la méthode à 3 cordons.....	93
	Figure 5 – Plan de référence pour la configuration d'essai C avec la méthode à 2 cordons.....	93
	Figure 6 – Plan de référence pour la configuration d'essai D avec la méthode des cordons d'équipement.....	93
	Figure 7 – Schéma de l'OTDR.....	98
	Figure A.1 – Mesure de référence	102
	Figure A.2 – Mesure d'essai.....	102
	Figure B.1 – Mesure de référence	103
	Figure B.2 – Mesure d'essai.....	104
	Figure C.1 – Mesure de référence.....	105
	Figure C.2 – Mesure d'essai	106
	Figure C.3 – Mesure d'essai pour les connecteurs de type fiche-embase	106
	Figure D.1 – Mesure de référence.....	109
	Figure D.2 – Mesure d'essai	109
	Figure E.1 – Méthode par OTDR.....	113
	Figure E.2 – Emplacement des ports du câblage en essai.....	114
	Figure E.3 – Construction graphique de F_1 et F_2	115
	Figure E.4 – Construction graphique de F_1 , F_{11} , F_{12} et F_2	116
	Figure F.1 – Exemple de flux inscrit	121
	Figure G.1 – Mesure de l'affaiblissement des épissures et des macro-courbures	125
	Figure G.2 – Mesure d'affaiblissement avec des connecteurs à forte réflexion	126
	Figure G.3 – Mesure d'affaiblissement d'un câblage court.....	127
	Figure G.4 – Trace de l'OTDR avec pic fantôme	128
	Figure G.5 – Positionnement des curseurs.....	129
	Figure H.1 – Obtention du niveau de puissance de référence P_0	133
	Figure H.2 – Obtention du niveau de puissance P_1	133
	Figure H.3 – Obtention du niveau de puissance de référence P_0	134
	Figure H.4 – Obtention du niveau de puissance P_1	134
	Figure H.5 – Obtention du niveau de puissance de référence P_0	135

Figure H.6 – Obtention du niveau de puissance	135
Figure H.7 – Obtention du niveau de puissance de référence P_0	137
Figure H.8 – Obtention du niveau de puissance P_1	137
Figure H.9 – Obtention du niveau de puissance P_5	137
Figure H.10 – Obtention du niveau de puissance de référence P_0	138
Figure H.11 – Obtention du niveau de puissance P_1	138
Figure I.1 – Configurations de câblage A, B et C soumises à essai en utilisant la méthode par OTDR	142
Figure I.2 – Configuration de câblage D soumise à essai en utilisant la méthode par OTDR	144
Figure J.1 – Mesure de puissance initiale	146
Figure J.2 – Vérification de la connexion de classe de référence	146
Figure J.3 – Deux épissures décalées	146
Figure J.4 – Cinq épissures décalées	147
Figure J.5 – Flux inscrit centré	148
Figure J.6 – Sous-remplissage du flux inscrit	149
Figure J.7 – Flux inscrit saturé	149
Figure J.8 – Affaiblissement L1 avec mandrin	150
Figure J.9 – Affaiblissement L1 avec mandrin et conditionneur de mode	150
Figure J.10 – Affaiblissement L2 avec mandrin	150
Figure J.11 – Affaiblissement L2 avec mandrin et conditionneur de mode	151
Figure J.12 – Affaiblissement L3 avec mandrin	151
Figure J.13 – Affaiblissement L3 avec mandrin et conditionneur de mode	151
Tableau 1 – Configurations de câblage	91
Tableau 2 – Méthodes et configurations d'essai	92
Tableau 3 – Biais de mesure lié à la classe de connecteur des cordons d'essai	94
Tableau 4 – Incertitude pour un affaiblissement donné à 850 nm	95
Tableau 5 – Exigences spectrales	96
Tableau D.1 – Incertitude pour un affaiblissement donné à 850 nm	110
Tableau F.1 – Affaiblissement, seuil de tolérance et niveau de confiance	119
Tableau F.2 – Exigences de flux inscrit pour un câblage à fibres optiques à cœur de 50 μm à 850 nm	120
Tableau F.3 – Exigences de flux inscrit pour un câblage à fibres optiques à cœur de 50 μm à 1 300 nm	120
Tableau F.4 – Exigences de flux inscrit pour un câblage à fibres optiques à cœur de 62,5 μm à 850 nm	120
Tableau F.5 – Exigences de flux inscrit pour un câblage à fibres optiques à cœur de 62,5 μm à 1 300 nm	120
Tableau G.1 – Indice de groupe efficace par défaut des valeurs de réfraction	124
Tableau I.1 – Biais de mesure lors de l'utilisation de cordons d'essai de classe de référence	141
Tableau I.2 – Biais de mesure lors de l'utilisation de cordons d'essai de classe de référence – Méthode d'essai par OTDR	143

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES
DE TÉLÉCOMMUNICATION FIBRONIQUES –****Partie 4-1: Installation câblée – Mesure de l'affaiblissement en multimodal****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 61280-4-1 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86: Fibres optiques.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2009. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) modification de l'Annexe F relative au flux inscrit afin de l'harmoniser par rapport à l'IEC TR 62614-2, mais les limites du flux inscrit définies dans les Tableaux F.2 à F.5 ont été conservées en l'état;

- b) ajout de la méthode des cordons d'équipement à l'Annexe D;
- c) ajout d'essais des fibres optiques multimodales insensibles aux courbures;
- d) mise à jour de l'incertitude de mesure;
- e) définition de configurations de câblage supplémentaires;
- f) modifications des exigences spectrales dans le Tableau 5.

Le texte de la présente Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86C/1575/FDIS	86C/1592/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61280, publiées sous le titre général *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication fibroniques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

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

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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.

Le contenu du corrigendum d'avril 2020 a été pris en considération dans cet exemplaire.

PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION FIBRONIQUES –

Partie 4-1: Installation câblée – Mesure de l'affaiblissement en multimodal

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61280 s'applique au mesurage de l'affaiblissement d'une installation câblée en fibre optique utilisant des fibres optiques multimodales. Cette installation câblée peut inclure des fibres multimodales, des connecteurs, des adaptateurs, des épissures et d'autres dispositifs passifs. Le câblage peut être installé dans une diversité d'environnements, notamment dans des locaux résidentiels, commerciaux ou industriels et des centres de traitement de données, ainsi que dans des environnements d'installations extérieures. L'équipement d'essai utilisé dans le présent document possède une ou deux interfaces de connecteur monofibre.

Les fibres optiques qui relèvent du présent document comprennent les fibres optiques multimodales des sous-catégories A1-OMx, où $x = 2, 3, 4$ et 5 ($50/125 \mu\text{m}$) et A1-OM1 ($62,5/125 \mu\text{m}$), spécifiées dans l'IEC 60793-2-10. Les mesurages d'affaiblissement des autres catégories multimodales peuvent être réalisés en adoptant les approches du présent document, mais les conditions de la source n'ont pas été définies.

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 60825-2, *Sécurité des appareils à laser – Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO)*

IEC 61280-1-3, *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques – Partie 1-3: Sous-systèmes généraux de télécommunication – Mesure de la longueur d'onde centrale et de la largeur spectrale*

IEC 61280-1-4, *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques – Partie 1-4: Sous-systèmes généraux de télécommunication – Méthode de mesure du flux inscrit de la source lumineuse*

IEC 61300-3-35, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Procédures fondamentales d'essais et de mesure – Partie 3-35: Examens et mesures – Examen visuel des connecteurs à fibres optiques et des émetteurs-récepteurs à embase fibrée*

IEC 61315, *Etalonnage de wattmètres pour dispositifs à fibres optiques*

IEC 61746-2, *Etalonnage des réflectomètres optiques dans le domaine temporel (OTDR) – Partie 2: OTDR pour fibres multimodales*

3 Termes, définitions, symboles graphiques et termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions, symboles graphiques et termes abrégés suivants s'appliquent.

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

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

3.1 Termes et définitions

3.1.1

affaiblissement

A

diminution de la puissance optique provoquée par la transmission à travers un support tel qu'un câblage

$$A = 10 \log(P_{\text{in}}/P_{\text{out}})$$

où

P_{in} et P_{out} sont les puissances d'entrée et de sortie du câblage, mesurées généralement en mW

Note 1 à l'article: L'affaiblissement est exprimé en dB.

3.1.2

mesureur de puissance de la source lumineuse

MPSL

système d'essai consistant en une source lumineuse (SL) et un mesureur de puissance (MP) utilisés pour mesurer l'affaiblissement d'une installation câblée

3.1.3

réflectomètre optique dans le domaine temporel

OTDR

système d'essai consistant en un réflectomètre optique dans le domaine temporel utilisé pour caractériser et mesurer l'affaiblissement d'une installation câblée et des éléments spécifiques de cette installation câblée

Note 1 à l'article: Le terme abrégé "OTDR" est dérivé du terme anglais développé correspondant "optical time domain reflectometer".

3.1.4

cordon d'essai

cordon à fibres optiques équipé utilisé pour connecter la source ou le détecteur optique au câblage, ou pour réaliser des interfaces appropriées au câblage en essai

Note 1 à l'article: Il existe cinq types de cordons d'essai:

- cordon d'amorce: utilisé pour connecter la source lumineuse au câblage;
- cordon de réception: utilisé pour connecter le câblage au mesureur de puissance (MPSL seulement);
- cordon de fin de fibre: fixé à l'extrémité éloignée du câblage lorsqu'un OTDR est utilisé à l'extrémité proche. Celui-ci constitue un moyen pour évaluer l'affaiblissement de la totalité du câblage, y compris la connexion à l'extrémité éloignée;
- cordon adaptateur: utilisé pour réaliser une transition entre des embases ou d'autres connecteurs incompatibles dans une configuration d'essai exigée;
- cordon de substitution: cordon d'essai utilisé dans une mesure de référence qui est remplacé durant la mesure de l'affaiblissement du câblage en essai.

3.1.5

mesure bidirectionnelle

deux mesures de la même fibre optique, effectuées en injectant de la lumière par les extrémités opposées de cette fibre

3.1.6 configuration

forme ou disposition de pièces ou d'éléments tels que des terminaisons, des connexions et des épissures

3.1.7 flux inscrit FI

fraction de la puissance cumulée en champ proche sur la puissance totale de sortie en fonction de la distance radiale par rapport au centre optique du cœur

[SOURCE: IEC 62614:2010, 3.2]

3.1.8 terminaison de classe de référence

connecteur et fiche avec des tolérances serrées se terminant sur une fibre optique avec des tolérances serrées, tels que l'affaiblissement attendu d'une connexion formée par accouplement de deux de ces ensembles est inférieur et plus reproductible que celui d'une terminaison de classe normale

Note 1 à l'article: Un adaptateur devant présenter l'affaiblissement réduit peut être considéré comme appartenant à la terminaison de classe de référence lorsque la configuration d'essai l'exige.

Note 2 à l'article: L'IEC 61755-6-2 définit des terminaisons de classe de référence pour des fibres 50/125 µm.

3.1.9 connecteur

dispositif normalement fixé à un câble optique ou à un appareil afin de permettre une connexion et une déconnexion fréquentes des fibres ou des câbles optiques

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.1, modifié – Le terme entre parenthèses "optique" a été supprimé du terme défini.]

3.1.10 fiche

partie d'un connecteur portant les contacts mâles

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.2]

3.1.11 adaptateur

partie d'un connecteur portant les contacts femelles dans lequel deux fiches ou plus sont introduites et alignées

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.4]

3.1.12 connecteur de type embase

connecteur auquel est intégré l'adaptateur, y compris tout dispositif d'alignement, qui est fixé de manière permanente à la fiche d'un côté de la connexion

Note 1 à l'article: Un grand nombre de connecteurs pour environnement hostile sont des exemples d'un tel connecteur.

3.1.13 méthode de mesure de référence RTM

méthode d'essai selon laquelle une caractéristique donnée est mesurée en se conformant rigoureusement à la définition de cette caractéristique et qui donne des résultats exacts, reproductibles et se rapportant à la pratique

Note 1 à l'article: Le terme abrégé "RTM" est dérivé du terme anglais développé correspondant "reference test method".

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.8.1, modifié – L'article a été reformulé en français.]

3.1.14

méthode de mesure de remplacement

ATM

méthode d'essai selon laquelle une caractéristique donnée est mesurée d'une façon compatible avec la définition de cette caractéristique et qui donne des résultats reproductibles pouvant être comparés à ceux de la méthode de mesure de référence et se rapportant à la pratique

Note 1 à l'article: Le terme abrégé "ATM" est dérivé du terme anglais développé correspondant "alternative test method".

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.8.2, modifié – L'article a été reformulé en français.]

3.1.15

biais de mesure

estimation d'une erreur de mesure systématique

Note 1 à l'article: Une erreur systématique est une composante de l'erreur de mesure qui, dans des mesurages répétés, demeure constante ou varie de façon prévisible.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.18, modifié – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.1.16

plan de référence

plan théorique sans épaisseur ou tolérances

Note 1 à l'article: Le plan de référence est utilisé pour définir les espaces dans les structures mécaniques.

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-25-30]

3.1.17

canal

trajet de transmission de bout en bout reliant deux équipements quelconques spécifiques à une application

[SOURCE: En anglais, ISO/IEC 11801-1:2017, 3.1.26]

3.2 Symboles graphiques

Les symboles graphiques illustrés dans les Figures 1 et 2 pour différentes options de connexion ont été adaptés d'après l'IEC TR 61930.

NOTE 1 Sur la Figure 1b et à d'autres endroits du présent document, les fiches sont représentées avec des tailles différentes pour indiquer le caractère directionnel lorsque le câblage comporte des adaptateurs préconnectés et que le cordon d'essai n'en comporte pas, ou inversement. Sur la Figure 1b, un adaptateur est préconnecté sur la fiche située à gauche.

NOTE 2 Lorsqu'elles sont utilisées sur toutes les figures du présent document, y compris celles des annexes, les terminaisons de classe de référence et les adaptateurs sont grisés.

NOTE 3 Une connexion simplifiée de deux blocs utilisée à l'Annexe G est représentée sur la Figure 1e.

NOTE 4 Une connexion simplifiée pour les connexions de type broché sur non broché et branché utilisées à l'Annexe H est représentée sur la Figure 1f.

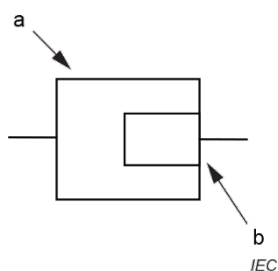


Figure 1a – Ensemble à embase et fiche

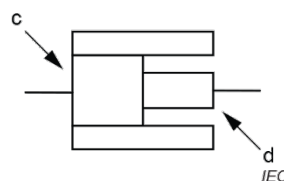


Figure 1b – Jeu de connecteurs (fiche, adaptateur, fiche)

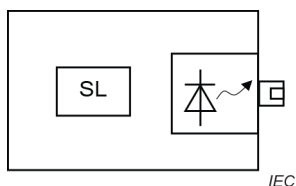


Figure 1c – Source lumineuse

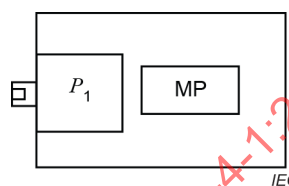


Figure 1d – Mesureur de puissance

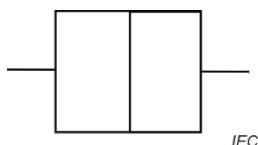


Figure 1e – Connexion générique

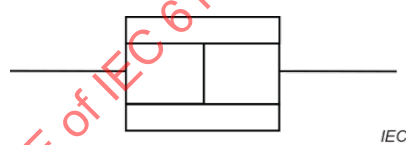


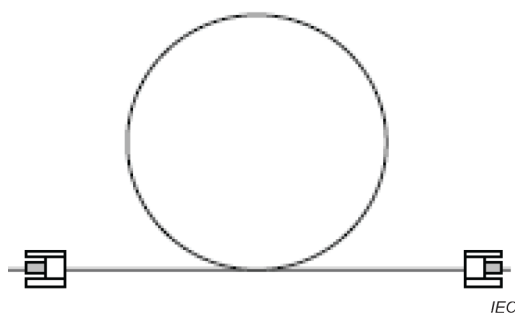
Figure 1f – Connexion brochée/non brochée

Légende

a	embase	d	fiche insérée dans un ensemble fiche-adaptateur
b	fiche	SL	source lumineuse
c	ensemble fiche-adaptateur	MP	mesureur de puissance

Figure 1 – Symboles des connecteurs

Sur les figures qui représentent les configurations de mesure aux Annexes A à D et à l'Annexe I, le câblage en essai, symbolisé par la boucle, peut contenir des épissures, des connecteurs ou d'autres composants passifs. A noter que pour mesurer l'affaiblissement de ce câblage, l'affaiblissement associé aux connecteurs terminaux est considéré séparément de celui du câblage en lui-même.



NOTE Le câblage représenté comporte des adaptateurs préconnectés et les fiches qui y sont branchées sont associées aux fiches du cordon d'essai de la classe de référence.

Figure 2 – Symbole d'un câblage en essai

3.3 Termes abrégés

ATM	alternative test method (méthode de mesure de remplacement)
BIMMF	bend insensitive multimode optical fibre (fibre optique multimodale insensible aux courbures)
FI	flux inscrit
LSA	least squares approximation (approximation par la méthode des moindres carrés)
MPSL	mesureur de puissance de la source lumineuse
OTDR	optical time domain reflectometer (réflectomètre optique dans le domaine temporel)
MP	mesureur de puissance
RTM	reference test method (méthode de mesure de référence)

4 Méthodes d'essai

4.1 Généralités

Cinq méthodes d'essai sont désignées. Ces cinq méthodes d'essai utilisent des cordons d'essai comme interface avec l'installation câblée et sont désignées par:

- méthode à cordon unique (Annexe A);
- méthode à trois cordons (Annexe B);
- méthode à deux cordons (Annexe C);
- méthode des cordons d'équipement (Annexe D);
- méthode par réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR) (Annexe E).

Les quatre premières méthodes utilisent une source lumineuse optique et un mesureur de puissance (MPSL) pour mesurer les niveaux de puissance d'entrée et de sortie du câblage en essai afin de déterminer l'affaiblissement. La principale différence fonctionnelle entre ces méthodes est la façon dont le niveau de puissance d'entrée, appelé niveau de puissance de référence, est mesuré et donc l'inclusion ou l'exclusion de l'affaiblissement associé aux connexions avec le câblage en essai, et les incertitudes associées à ces connexions. Le processus de mesure du niveau de puissance d'entrée est généralement appelé "prise du niveau de puissance de référence" ou "normalisation".

La méthode à cordon unique inclut l'affaiblissement associé aux connexions aux deux extrémités du câblage en essai. La méthode à trois cordons est conçue pour exclure l'affaiblissement des connexions aux deux extrémités du câblage en essai. La méthode à deux cordons comprend l'affaiblissement associé à l'une des connexions du câblage en essai.

La méthode des cordons d'équipement inclut l'affaiblissement associé aux connexions entre les cordons d'équipement et le câblage fixe, mais exclut l'affaiblissement associé aux connecteurs qui sont connectés à l'équipement.

L'affaiblissement maximal admissible du câblage spécifié pour un système de transmission (par exemple, affaiblissement de budget de puissance optique ou affaiblissement dans le canal) exclut normalement les connexions effectuées avec l'équipement de transmission. Il convient donc d'utiliser (si possible) la méthode des cordons d'équipement lorsque le câblage en essai est destiné à être directement connecté à l'équipement de transmission.

La méthode par OTDR consiste à émettre de courtes impulsions lumineuses dans le câblage et à mesurer la puissance rétrodiffusée en fonction du temps de propagation ou de la longueur de la fibre optique. Cette méthode permet de mesurer l'affaiblissement à la fois du câblage et de ses composants individuels tels que les connecteurs, ainsi que la longueur des câbles à fibres optiques. Elle n'exige pas d'effectuer une mesure de référence séparée. Les exigences relatives aux cordons d'amorce et aux cordons de fin de fibre sont définies à l'Annexe E. En plus de la mise en service des nouvelles installations câblées, la méthode par OTDR s'avère

utile pour soumettre le câblage à fibres optiques à essai pendant le dépannage et la maintenance, car l'installation câblée peut être caractérisée par une carte détaillée (la trace OTDR) qui peut être analysée afin de mettre en exergue tout changement.

Les exigences générales concernant l'appareillage, les procédures et les calculs, qui sont communs à toutes les méthodes, sont spécifiées aux Articles 6, 7 et 8. Les exigences spécifiques à chaque méthode particulière sont décrites dans les Annexes A à E. L'Article 6 comporte également des procédures associées telles que le nettoyage et l'examen des faces d'extrémité des connecteurs.

4.2 Configurations de câblage et méthodes d'essai applicables

Le présent document suppose que l'installation câblée se présente sous l'une des quatre formes indiquées dans le Tableau 1 et aux Figures 3, 4, 5 et 6. Si le câblage se termine par un adaptateur, le cordon d'essai doit être terminé par une fiche, et inversement.

Tableau 1 – Configurations de câblage

Configuration	Description	Connexions d'extrémité (affaiblissement inclus)
A	Adaptateurs fixés à des fiches ou des embases fixées aux deux extrémités du câblage	Deux
B	Fiches aux deux extrémités	Aucune
C	Configuration mixte dans laquelle une extrémité du câblage est équipée d'un adaptateur et l'autre extrémité d'une fiche	Une (terminée avec un adaptateur)
D	Fiches aux deux extrémités utilisant des cordons d'équipement	Aucune

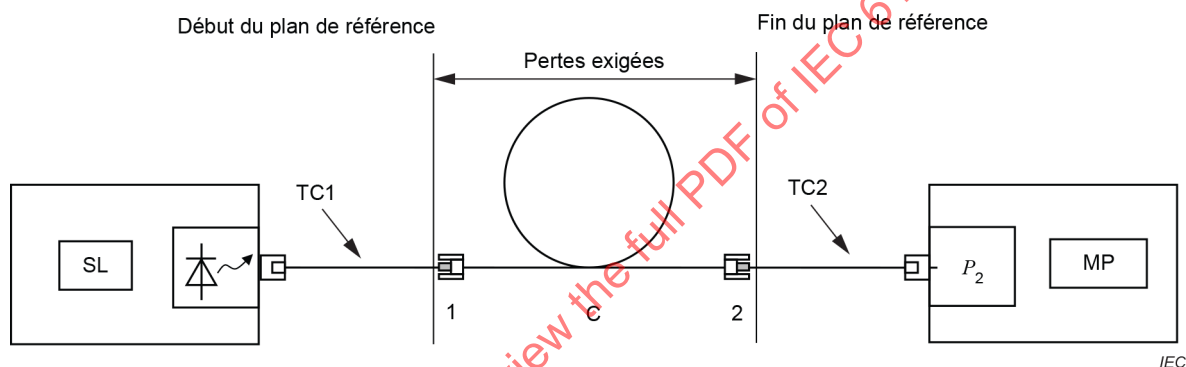
Les variantes de la méthode d'essai utilisée pour mesurer le câblage dépendent de la configuration de câblage. Une configuration de câblage courante comporte par exemple des adaptateurs ou des embases aux deux extrémités du câblage (dans des panneaux de brassage, par exemple), en attente de connexion à un équipement électronique avec un cordon d'équipement. Cette configuration correspond à la configuration A. Dans ce cas, la méthode à cordon unique est utilisée pour tenir compte de l'affaiblissement associé aux deux connecteurs d'extrémité du câblage. Un autre exemple est une configuration de câblage où des fibres amorce renforcées ont été épissurées aux extrémités du câble principal, et les connecteurs des fibres amorce doivent être directement connectés à l'équipement de transmission. Cette configuration correspond à la configuration B. Dans ce cas, une méthode à trois cordons est utilisée pour exclure l'affaiblissement des connexions mâles d'extrémité. Un exemple supplémentaire est une configuration de câblage pour laquelle les cordons d'équipement sont installés aux deux extrémités du câblage et sont en attente de connexion à un équipement électronique. Cette configuration correspond à la configuration D. Dans ce cas, la méthode des cordons d'équipement (ou, si elle ne peut pas être appliquée, la méthode à trois cordons) est utilisée pour exclure l'affaiblissement des connexions mâles d'extrémité.

La configuration de câblage définit les méthodes d'essai qu'il convient d'appliquer, comme cela est décrit dans le Tableau 2. La méthode de mesure de référence (RTM) offre la meilleure exactitude de mesure. La méthode de mesure de remplacement (ATM) peut être exigée dans certaines circonstances spécifiques ou par d'autres Normes internationales, mais elle induira une moins bonne exactitude de mesure que la méthode de mesure de référence. Sauf accord contraire, pour la résolution des litiges, la RTM appropriée doit être utilisée conjointement avec les terminaisons de classe de référence et les adaptateurs applicables, comme décrit aux 6.3, 6.4, 6.5 et 6.9.

Tableau 2 – Méthodes et configurations d'essai

Configuration	RTM	ATM
A	Annexe A (1 cordon)	Annexe B (3 cordons), Annexe E (OTDR), Annexe C (2 cordons)
B	Annexe B (3 cordons)	Annexe E (OTDR)
C	Annexe C (2 cordons)	Annexe B (3 cordons), Annexe E (OTDR)
D	Annexe D (cordon d'équipement)	Annexe B (3 cordons), Annexe E (OTDR)

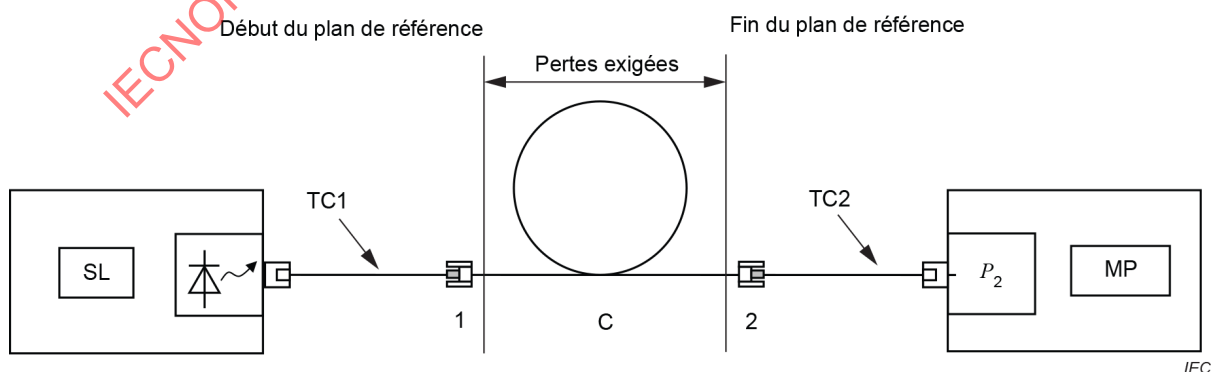
Les Figures 3 à 6 indiquent les plans de référence pour le câblage en essai utilisant l'équipement d'essai MPSL. Les résultats associés et l'examen de l'incertitude sont donnés à l'Article I.1 et des exemples à l'Article I.4. Les mêmes plans de référence s'appliquent aux équipements d'essai avec OTDR (l'OTDR remplacerait la SL sur les Figures 2 à 5, et le MP serait absent). Les résultats associés et les discussions sur l'incertitude sont fournis à l'Annexe I.



Légende

SL	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	MP	mesureur de puissance
C	câblage en essai	1, 2	jeux de connecteurs

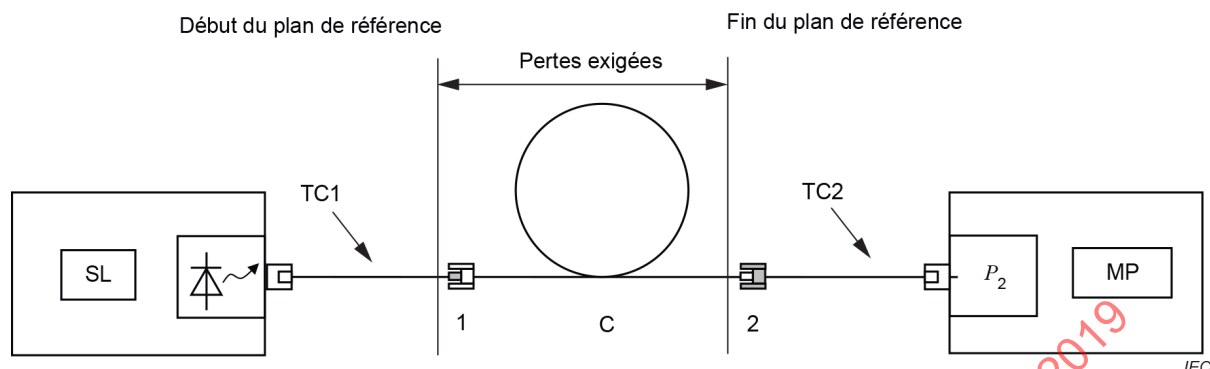
Figure 3 – Plan de référence pour la configuration d'essai A avec la méthode à cordon unique



Légende

SL	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	MP	mesureur de puissance
C	câblage en essai	1, 2	jeux de connecteurs

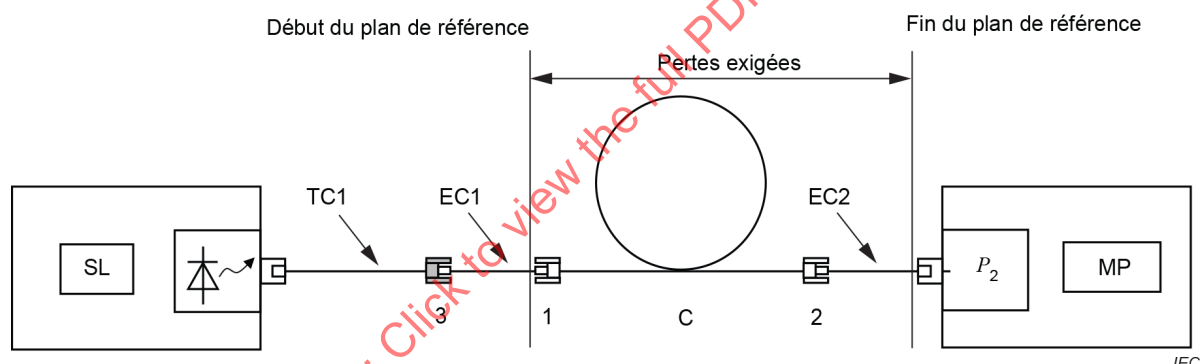
Figure 4 – Plan de référence pour la configuration d'essai B avec la méthode à 3 cordons



Légende

SL	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	MP	mesureur de puissance
C	câblage en essai	1, 2	jeux de connecteurs

Figure 5 – Plan de référence pour la configuration d'essai C avec la méthode à 2 cordons



Légende

SL	source lumineuse	EC1	cordon d'amorce de l'équipement
TC1	cordon d'amorce	MP	mesureur de puissance
C	câblage soumis à l'essai	EC2	cordon de réception de l'équipement
		1, 2, 3	jeux de connecteurs

Figure 6 – Plan de référence pour la configuration d'essai D avec la méthode des cordons d'équipement

5 Vue d'ensemble des incertitudes

5.1 Généralités

Il convient de déterminer les incertitudes de mesure en utilisant le calcul de l'IEC TR 61282-14.

Même si une feuille de calcul est fournie, ce calcul complet est relativement complexe étant donné la grande quantité de paramètres à prendre en compte. Les paragraphes 5.2 à 5.5 sont une alternative à ce calcul.

5.2 Sources d'incertitudes significatives

Pour les conditions types, les calculs effectués sur la base de l'IEC TR 61282-14 indiquent que les sources d'incertitudes significatives sont limitées à celles induites par les conditions d'injection, l'instabilité de la source, la longueur d'onde de la source optique et, selon la méthode de mesure employée, la reproductibilité de l'accouplement des connecteurs.

Les autres sources d'incertitudes, telles que la résolution de mesure, la linéarité du mesureur de puissance, etc., sont moins significatives et n'ont pas d'impact sur les mesurages car le cumul des incertitudes est une somme quadratique.

5.3 Facteurs à prendre en compte pour le mesureur de puissance

Il convient que le détecteur du mesureur de puissance soit suffisamment grand pour capter la totalité de la lumière incidente. De cette façon, l'affaiblissement et l'incertitude associée à l'accouplement du cordon de réception au mesureur de puissance sont minimaux.

5.4 Facteurs à prendre en compte pour la classe de connecteur des cordons d'essai

Les cordons d'essai peuvent être de classe de référence ou normale, auquel cas il est nécessaire d'étudier deux conditions de mesure. L'utilisation de connecteurs de classe de référence sur les cordons d'essai introduit un biais de mesure dont il faut tenir compte, mais qui réduit l'incertitude de mesure. Les connecteurs de classe normale n'introduisent aucun biais mais engendrent une incertitude de mesure plus élevée qui dépasse parfois le mesurage de l'affaiblissement réel (voir Tableau 3).

Tableau 3 – Biais de mesure lié à la classe de connecteur des cordons d'essai

Classe de terminaison des cordons d'essai	Classe de terminaison du câblage et des cordons d'équipement	Biais de mesure	Incertitude totale
Classe de référence MM	Classe normale MM	Le mesurage est souvent optimiste, sauf pour la configuration B (voir Tableau I.1)	Peut être estimée en utilisant les valeurs par défaut de l'IEC TR 61282-14
Classe normale MM	Classe normale MM	Aucun	Les valeurs d'incertitude sont supérieures aux valeurs estimées en utilisant les valeurs par défaut de l'IEC TR 61282-14 (voir Tableau 4)

5.5 Valeurs d'incertitude types

Les valeurs d'incertitude types ont été calculées en utilisant l'IEC TR 61282-14, en supposant les conditions suivantes:

- MP: utiliser un seul MP;
- utiliser des connecteurs de classe B normale;
- longueur d'onde centroïdale de la source, référence IEC 61280-1-3: 850 nm $\pm$ 25 nm;
- stabilité de la source: $\pm 0,10$ dB ($k = 2$);
- niveau de la source: -20 dBm (0,01 mW);
- fibre optique: IEC 60793-2-10 sous-catégorie A1-OMxa.

Les résultats du calcul peuvent être utilisés pour communiquer sur les résultats de mesure et l'évaluation de la conformité.

Le Tableau 4 reproduit les résultats du calcul effectué pour une sélection de longueurs de câble et d'affaiblissements, en utilisant différentes méthodes d'essai du présent document et différentes classes de connecteurs de cordon d'essai.

Tableau 4 – Incertitude pour un affaiblissement donné à 850 nm

	Valeurs d'incertitude à 95 % en utilisant des cordons d'essai munis de connecteurs de classe de référence			Valeurs d'incertitude à 95 % en utilisant des cordons d'essai munis de connecteurs de classe normale		
	dB			dB		
Affaiblissement mesuré du câblage dB	Annexe A (1 cordon)	Annexe C (2 cordons)	Annexe B (3 cordons)	Annexe A (1 cordon)	Annexe C (2 cordons)	Annexe B (3 cordons)
0,5	0,25	0,28	0,31	1,24	1,52	1,75
1,0	0,25	0,28	0,31	1,24	1,52	1,75
1,5	0,27	0,30	0,32	1,25	1,52	1,76
2,0	0,30	0,32	0,35	1,25	1,53	1,76
2,5	0,34	0,36	0,38	1,26	1,53	1,76
3,0	0,39	0,40	0,42	1,27	1,54	1,77
3,5	0,44	0,45	0,46	1,28	1,55	1,78
Lorsque l'incertitude est supérieure à l'affaiblissement mesuré, soit la valeur mesurée est sans signification, soit il convient que la valeur considérée constitue l'incertitude.						
Voir l'Annexe I pour la norme IEC qui spécifie les connecteurs de classe de référence et normale.						
Pour les besoins du présent tableau, l'affaiblissement de la fibre représente 23,5 % de l'affaiblissement total.						

6 Appareillage

6.1 Généralités

Les Annexes A à E spécifient les exigences relatives à l'appareillage et spécifiques à des méthodes particulières. Certaines des exigences communes à l'appareillage des méthodes MPST sont incluses à l'Article 6.

6.2 Source lumineuse

6.2.1 Stabilité

Les performances de la source lumineuse sont définies à la sortie du cordon d'amorce, en transmettant dans le cordon d'amorce la sortie d'une source de rayonnement adaptée, telle qu'une diode laser ou électroluminescente. La source utilisée doit être stable en ce qui concerne la position, la longueur d'onde et la puissance pendant toute la durée de la procédure de mesure. Il convient que la stabilité de puissance soit généralement de $\pm 0,05$ dB afin de réduire le plus possible l'incertitude.

6.2.2 Caractéristiques spectrales (mesurage MPST)

La largeur spectrale de la source lumineuse doit satisfaire aux exigences du Tableau 5, lorsqu'elle est mesurée conformément à l'IEC 61280-1-3. Ces exigences sont compatibles avec les dispositifs à LED.

Tableau 5 – Exigences spectrales

Longueur d'onde centroïdale nm	Plage de largeur spectrale (valeur efficace) nm
850 ± 25	10 ^a à 38
1 280 à 1 330	10 ^a à 75
^a La plage de largeur spectrale s'applique uniquement aux méthodes MPSL.	

6.3 Cordon d'amorce

A l'exception de la méthode par OTDR, le cordon d'amorce doit avoir une longueur de 2 m à 5 m. Pour la longueur du cordon d'amorce de l'OTDR, voir l'Annexe E.

Les exigences de l'Annexe F relatives au profil en champ proche émis par le cordon d'amorce doivent être satisfaites. Les conditions d'injection exigées peuvent être obtenues en incluant un équipement approprié à l'intérieur de la source lumineuse, ou en appliquant des dispositifs de contrôle ou de conditionnement de mode sur le cordon d'amorce, ou en série avec celui-ci.

Le connecteur et l'adaptateur terminant le cordon d'amorce doivent être compatibles avec le câblage et il convient qu'il soit de classe de référence pour réduire le plus possible l'incertitude des résultats de mesure.

Les fibres optiques concernées par le présent document sont définies dans l'IEC 60793-2-10 par A1-OMx, où x = 2, 3, 4 et 5 (par exemple, A1-OM3) avec les sous-catégories suivantes:

- A1-OM1 (62,5/125 µm);
- A1-OM2 (50/125 µm existante);
- A1-OM3 (50/125 µm optimisée pour les lasers de 1^{re} génération);
- A1-OM4 (50/125 µm optimisée pour les lasers de 2^{de} génération);
- A1-OM5 (50/125 µm à large bande).

Les fibres A1-OMx sont également subdivisées en:

- A1-OMxa, où x est une valeur comprise entre 2 et 5 (désignant des niveaux de performance traditionnels d'affaiblissement dû aux microcourbures);
- A1-OMxb, où x est une valeur comprise entre 2 et 5 (désignant des caractéristiques insensibles aux courbures – appelées BIMMF).

La fibre optique qui compose le cordon d'amorce au niveau de la connexion avec le câblage en essai doit présenter la même taille de cœur de fibre nominale que la fibre optique qui constitue le câblage en essai.

Lors de la réalisation des essais de MPSL sur des fibres optiques A1-OMxa, il convient que le cordon d'amorce ne contienne pas de fibres optiques de subdivision A1-OMxb (BIMMF).

Il est nécessaire d'apporter un grand soin à la sélection des cordons d'essai. Il convient d'utiliser les cordons d'essai fournis ou recommandés par le fournisseur de l'équipement d'essai.

6.4 Cordon de réception ou de fin de fibre

Le connecteur et l'adaptateur terminant le cordon d'amorce doivent être compatibles avec le câblage et il convient qu'il soit de classe de référence pour réduire le plus possible l'incertitude des résultats de mesure.

La terminaison du cordon de réception au niveau de la connexion avec le mesureur de puissance doit être compatible avec celle du mesureur de puissance.

Lorsqu'un essai bidirectionnel est effectué, le cordon de fin de fibre devient le cordon d'amorce (voir l'Annexe G) et doit être conforme au 6.3.

En référence au 6.3:

- la fibre optique qui compose le cordon de réception ou de fin de fibre au niveau de la connexion avec le câblage en essai doit présenter la même taille de cœur de fibre nominale que la fibre optique qui constitue le câblage en essai;
- lors de la réalisation des essais de MPSL sur des fibres optiques A1-OMxa, il convient que le cordon de réception ne contienne pas de fibres optiques de subdivision A1-OMxb (BIMMF).

6.5 Cordon de substitution

Le connecteur et l'adaptateur terminant le cordon d'amorce doivent être compatibles avec le câblage et il convient qu'il soit de classe de référence pour réduire le plus possible l'incertitude des résultats de mesure.

En référence au 6.3:

- la fibre optique qui compose le cordon de substitution doit présenter la même taille de cœur de fibre nominale que la fibre optique qui constitue le câblage en essai;
- lors de la réalisation des essais de MPSL sur des fibres optiques A1-OMxa, il convient que le cordon de substitution contienne des fibres optiques de subdivision A1-OMxa. Lors des essais sur des fibres optiques A1-OMxb, il convient que le cordon de substitution contienne des fibres optiques de subdivision A1-OMxb (BIMMF).

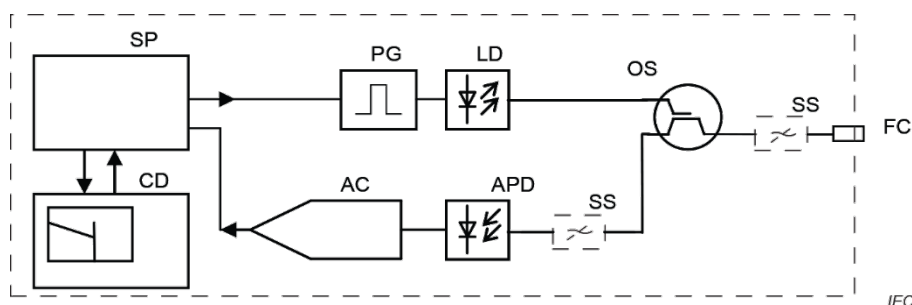
6.6 Mesureur de puissance – Méthodes MPSL uniquement

Le mesureur de puissance doit être capable de mesurer la plage des puissances normalement associées au câblage, en tenant compte de la puissance injectée dans ce câblage. Le mesureur de puissance doit satisfaire aux exigences d'étalonnage de l'IEC 61315. Les dimensions de la surface de détection du mesureur doivent être suffisantes pour capter toute la puissance provenant de la fibre optique à laquelle il est connecté. En cas d'utilisation d'une fibre amorce, cette dernière doit être suffisamment grande pour capter toute la puissance provenant du cordon d'essai.

6.7 Appareillage de l'OTDR

La Figure 7 est un schéma de l'appareillage de l'OTDR représenté avec un simple point de fixation. L'Annexe E contient un certain nombre d'exigences plus détaillées relatives à la longueur du cordon d'amorce et à d'autres aspects associés au mesurage par OTDR. Les autres exigences de 6.1 s'appliquent.

Pour obtenir une fidélité élevée et des mesurages reproductibles, il est recommandé d'utiliser, avant ou après le répartiteur, un brasseur de bruit de tacheture fonctionnellement équivalent à l'agitateur de fibre décrit dans l'IEC 61280-1-4, afin de réduire le plus possible les effets du bruit modal de cohérence.



Légende

PG	générateur d'impulsions
LD	diode laser
OS	répartiteur optique
SS	brasseur de bruit de tacheture (facultatif)
FC	connecteur en face avant
APD	photodiode à avalanche
AC	amplificateur et convertisseur
SP	processeur de signal
CD	contrôle et affichage

Figure 7 – Schéma de l'OTDR

6.8 Equipement de nettoyage et d'examen de la face d'extrémité des connecteurs

L'équipement de nettoyage (incluant l'appareil, les matières et les substances) et les méthodes à utiliser doivent être adaptés aux connecteurs à nettoyer. L'IEC TR 62627-01 recommande des outils et des méthodes de nettoyage adaptés pour les faces d'extrémité des connecteurs. Les instructions des fabricants de connecteurs doivent être consultées lorsqu'il existe un doute concernant l'adéquation d'un équipement particulier et de méthodes de nettoyage spécifiques.

Un microscope à faible résolution compatible avec l'IEC 61300-3-35 doit être utilisé pour examiner les faces d'extrémité des connecteurs d'essai conformément à l'IEC 61300-3-35. Des microscopes munis d'adaptateurs compatibles avec les connecteurs sont exigés.

6.9 Adaptateurs

Le cas échéant, les adaptateurs doivent être compatibles avec le type de connecteur utilisé et ils doivent permettre d'obtenir les performances exigées des terminaisons de la classe de référence. Pour les connecteurs à fêrle cylindrique, il convient d'utiliser des manchons en céramique zirconie contenus dans l'adaptateur.

7 Procédures

7.1 Généralités

Les Annexes A à E fournissent les exigences relatives aux procédures spécifiques à des méthodes particulières.

Les méthodes MPSL exigent d'effectuer une mesure de référence avant de mesurer le câblage. Il y a lieu d'évaluer les équipements avant de commencer l'essai afin de vérifier la fréquence à laquelle il convient d'effectuer les mesures de référence. Il est généralement recommandé d'effectuer cette évaluation avant que la dérive de l'équipement soit supérieure à 0,1 dB. L'environnement d'essai (en particulier la température) peut avoir une influence sur la fréquence d'un nouveau référencement.

Laisser un laps de temps suffisant pour que la source lumineuse se stabilise conformément aux recommandations du fabricant.

7.2 Procédures communes

7.2.1 Précautions relatives aux cordons d'essai

Les extrémités des cordons d'essai doivent être exemptes de salissures et de poussières conformément à l'IEC 61300-3-35. Si une contamination est observée, procéder à un nettoyage en utilisant l'équipement et les méthodes de 6.8.

Lorsque les cordons d'essai ne sont pas utilisés, il convient de protéger leurs extrémités et de les ranger sans les vriller dans des bobines d'un diamètre supérieur à leur diamètre de courbure minimal.

Avant le début des essais, vérifier les performances optiques de tous les cordons d'essai à utiliser conformément aux procédures de l'Annexe H.

7.2.2 Réalisation des mesures de référence (méthodes MPSL uniquement)

Mesurer la puissance de sortie du (des) cordon(s) d'essai de référence.

7.2.3 Examen et nettoyage des extrémités des fibres optiques du câblage

Avant toute connexion, il convient d'examiner les extrémités du câblage conformément à l'IEC 61300-3-35, chaque fois qu'elles sont accouplées.

Les extrémités du câblage doivent être exemptes de toute contamination. Si une contamination est observée, la face d'extrémité du connecteur doit être nettoyée et examinée en utilisant l'équipement et les méthodes de 6.8.

7.2.4 Réalisation des mesures

Ce processus est itératif pour chaque fibre optique du câblage et comprend:

- la fixation de chacune des fibres optiques aux cordons d'amorce et de réception ou de fin de fibre;
- l'exécution du mesurage à chaque longueur d'onde;
- la mémorisation ou l'enregistrement des résultats.

NOTE Pour les méthodes MPSL, le mesureur de puissance et le cordon d'essai de réception sont déplacés à l'extrémité éloignée du câblage, ou un second mesureur de puissance et le cordon d'essai de réception sont utilisés lorsqu'aucun montage d'essai pour l'affaiblissement optique (MPSL dans un même boîtier) n'est disponible.

7.2.5 Réalisation des calculs

Effectuer les calculs pour déterminer la différence entre la mesure de référence et les mesures d'essai, et enregistrer le résultat final avec d'autres informations conformément à l'Article 8.

7.2.6 Essais duplex et bidirectionnels

Chaque méthode a été rédigée pour le cas où une seule fibre optique est mesurée à la fois. Si deux fibres sont mesurées en même temps avec des connecteurs duplex, les exigences relatives à chaque interface doivent être satisfaites comme s'il s'agissait d'un connecteur unique. Si des mesurages bidirectionnels sont exigés, les procédures sont répétées par injection par l'autre extrémité du câblage en essai.

7.3 Etalonnage

Les mesureurs de puissance et l'équipement de l'OTDR doivent être respectivement étalonnés conformément à l'IEC 61315 et à l'IEC 61746-2.

L'équipement utilisé doit avoir un certificat d'étalonnage valide conforme au système de qualité applicable pendant la période au cours de laquelle l'essai est effectué.

7.4 Sécurité

Tous les essais effectués sur des systèmes de communications à fibres optiques, ou qui emploient un laser ou une LED dans un montage d'essai, doivent s'effectuer avec des précautions de sécurité conformes à l'IEC 60825-2.

NOTE Les sources lumineuses utilisées dans le MPSL pour soumettre à essai un câblage à fibres optiques multimodales sont généralement considérées comme étant sûres. Les sources lumineuses utilisées dans les OTDR sont généralement des produits de Classe 1. Les produits laser de Classe 1 sont sûrs dans des circonstances raisonnablement prévisibles.

8 Calculs

Pour chaque méthode, les calculs sont indiqués dans leurs annexes respectives.

9 Documentation

9.1 Informations pour chaque essai

- Procédure et méthode d'essai.
- Résultats de mesure incluant:
 - l'affaiblissement (dB),
 - la (les) trace(s) de l'OTDR, les tableaux d'événements et d'analyse des sections (méthode par OTDR uniquement, dans les deux directions lorsque des mesures bidirectionnelles ont été effectuées),
 - la longueur d'onde (nm),
 - le type de fibre optique,
 - l'emplacement de la terminaison,
 - l'identifiant de la fibre optique,
 - l'identifiant du câble.
- Date de l'essai.

9.2 Informations à fournir

- Détails des caractéristiques spectrales de la source lumineuse.
- Niveau de puissance de référence (dBm) (méthodes MPSL uniquement).
- Enregistrements d'étalonnage.
- Informations indiquant la conformité à la condition d'injection exigée selon 6.3.
- Détails des cordons d'essai utilisés pour les mesurages.

Annexe A (normative)

Méthode à cordon unique

A.1 Applicabilité de la méthode d'essai

Le mesurage par la méthode à cordon unique inclut l'affaiblissement des deux connexions au câblage en essai. Il s'agit de la RTM pour le mesurage de l'installation câblée de la configuration A (voir 4.2).

A.2 Appareillage

La source lumineuse, le mesureur de puissance et les cordons d'amorce et de réception doivent être conformes à l'Article 6.

Cette méthode est dite à cordon unique car un seul cordon d'essai (le cordon d'amorce) est utilisé pour la mesure de référence. Un cordon de réception est également nécessaire pour réaliser le mesurage.

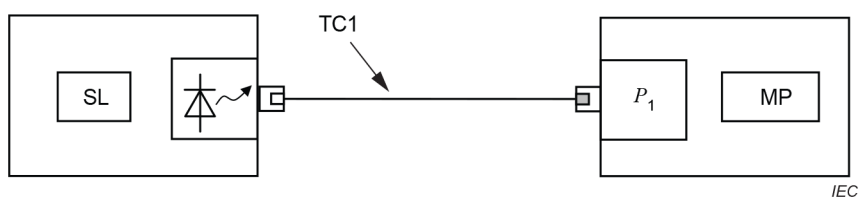
Cette méthode nécessite que le cordon d'amorce soit directement relié au mesureur de puissance pour la mesure de référence.

Cette méthode suppose également les points suivants.

- Le connecteur du mesureur de puissance est compatible avec celui du câblage en essai auquel le cordon d'amorce est connecté. Le cas échéant, un adaptateur n'ajoutant pas d'incertitude de mesure supplémentaire peut être raccordé au mesureur de puissance. La méthode alternative (Annexe B) peut être utilisée, à condition de déterminer l'incertitude de mesure supplémentaire due à cette méthode.
- Le cordon d'amorce n'est pas déconnecté de la source lumineuse entre une mesure de référence et une mesure d'essai. Si la conception de l'équipement d'essai ou la conception du câblage en essai rend une telle déconnexion inévitable, la méthode alternative (Annexe B) peut alors être utilisée, à condition de tenir compte de l'incertitude de mesure supplémentaire due à cette méthode.

A.3 Procédure

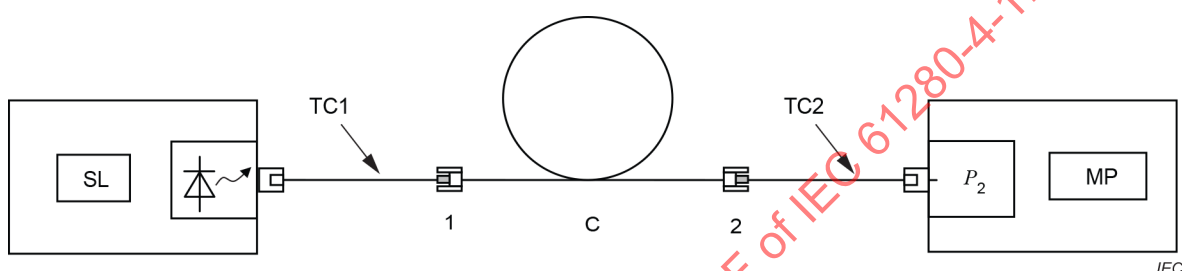
- Connecter la source lumineuse et le mesureur de puissance en utilisant le cordon d'amorce (TC1), suivant les indications de la Figure A.1.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_1 , qui est la mesure de puissance de référence.
- Déconnecter le mesureur de puissance de TC1.
 - Ne pas déconnecter TC1 de la source lumineuse sans avoir préalablement effectué une nouvelle mesure de référence.
- Connecter le mesureur de puissance au cordon de réception (TC2).
- Connecter TC1 et TC2 au câblage en essai, suivant les indications de la Figure A.2.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_2 , qui est la mesure de la puissance d'essai.



Légende

SL	source lumineuse
TC1	cordon d'amorce
MP	mesureur de puissance

Figure A.1 – Mesure de référence



Légende

SL	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	MP	mesureur de puissance
C	câblage en essai	1, 2	jeux de connecteurs

Figure A.2 – Mesure d'essai

A.4 Calcul

L'affaiblissement, A , est donné par:

$$A = 10 \log(P_1/P_2) \text{ (dB)} \quad (\text{A.1})$$

A.5 Composantes de l'affaiblissement rapporté

Les éléments d'affaiblissement sont identifiés sur les Figures A.1 et A.2. Ils se composent de l'affaiblissement du câblage, A_C , et de plusieurs valeurs d'affaiblissement des connexions, en dB. L'affaiblissement rapporté, A , est:

$$A = A_1 + A_2 + A_C \quad (\text{A.2})$$

Les différences entre le résultat rapporté par cette méthode et les autres méthodes MPSL sont présentées à l'Article I.1.

Annexe B (normative)

Méthode à trois cordons

B.1 Applicabilité de la méthode d'essai

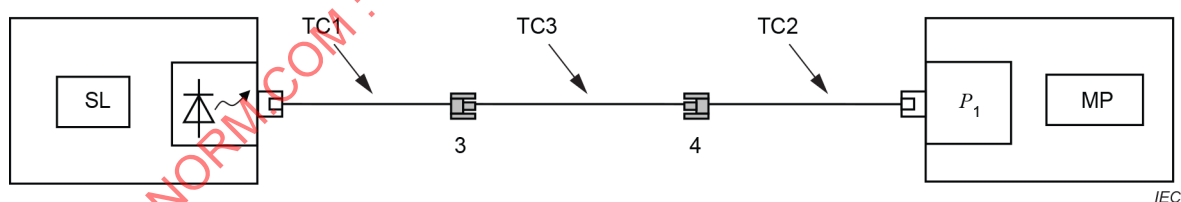
La méthode de référence à trois cordons est conçue pour exclure l'affaiblissement des deux connexions au câblage en essai. Il s'agit de la RTM pour le mesurage de l'installation câblée de la configuration B (voir 4.2) et dans certains cas ou, comme l'exigent certaines normes externes, elle peut être utilisée à la place des méthodes d'essai spécifiées aux Annexes A et C.

B.2 Appareillage

La source lumineuse, le mesureur de puissance et tous les cordons d'essai doivent être conformes à l'Article 6. Trois cordons d'essai sont utilisés. Les valeurs d'affaiblissement des connexions entre ces cordons sont déterminantes pour l'incertitude de la mesure.

B.3 Procédure

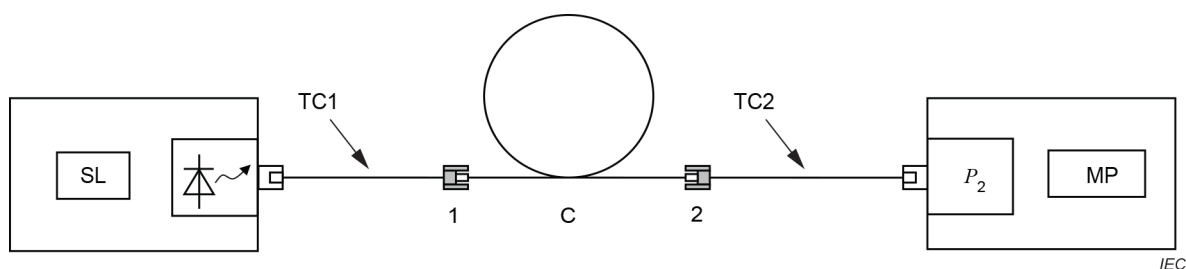
- Connecter le cordon d'amorce (TC1) et le cordon de réception (TC2) à la source lumineuse et au mesureur de puissance, suivant les indications de la Figure B.1.
- Connecter le cordon de substitution (TC3) entre TC1 et TC2.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_1 , qui est la mesure de puissance de référence.
 - Ne pas déconnecter TC1 de la source lumineuse et TC2 du mesureur de puissance sans avoir préalablement effectué une nouvelle mesure de référence.
- Remplacer le cordon de substitution par le câblage en essai (en laissant les adaptateurs reliés à TC1 et TC2), suivant les indications de la Figure B.2.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_2 , qui est la mesure de la puissance d'essai.



Légende

SL	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	MP	mesureur de puissance
TC3	cordon de substitution	3, 4	jeux de connecteurs

Figure B.1 – Mesure de référence



Légende

SL	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	MP	mesureur de puissance
C	câblage en essai	1, 2	jeux de connecteurs

Figure B.2 – Mesure d'essai

B.4 Calculs

L'affaiblissement, A , est donné par:

$$A = 10 \log(P_1/P_2) \text{ (dB)} \quad (\text{B.1})$$

B.5 Composantes de l'affaiblissement rapporté

Les éléments d'affaiblissement sont identifiés sur les Figures B.1 et B.2. Ces éléments correspondent aux valeurs d'affaiblissement du câblage, A_c , et à différentes valeurs d'affaiblissement des connexions, en dB. L'affaiblissement rapporté, A , est:

$$A = A_1 + A_2 + A_c - A_3 - A_4 \quad (\text{B.2})$$

A_3 et A_4 sont les valeurs d'affaiblissement des connexions dans le montage d'essai de référence et elles incluent l'affaiblissement sur la longueur de TC3, qui est négligeable.

Les différences entre le résultat rapporté par cette méthode et les autres méthodes MPSL sont présentées à l'Article I.1.

Annexe C (normative)

Méthode à deux cordons

C.1 Applicabilité de la méthode d'essai

Deux variantes sont indiquées pour la méthode de référence à deux cordons. La Figure C.2 représente le montage dans le cas où une extrémité se termine par un ensemble fiche-adaptateur et l'autre se termine par une fiche. Elle inclut l'affaiblissement de l'une des connexions au câblage en essai. Il s'agit de la RTM pour le mesurage de l'installation câblée de la configuration C (voir 4.2).

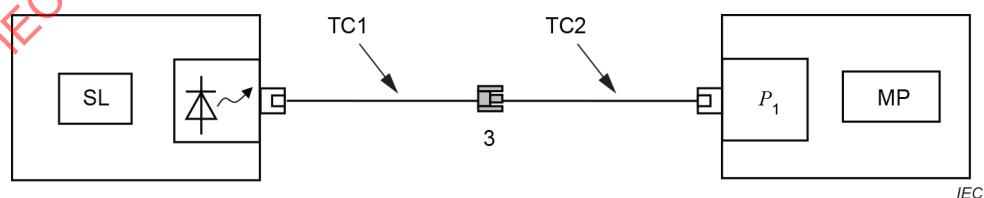
La Figure C.3 représente le montage dans le cas où les deux extrémités sont branchées ou brochées et où le connecteur du cordon d'amorce est incompatible avec le mesureur de puissance. Elle inclut l'affaiblissement des deux connexions au câblage en essai. Il s'agit d'une méthode alternative au mesurage de l'installation câblée de la configuration A (voir 4.2).

C.2 Appareillage

La source lumineuse, le mesureur de puissance et tous les cordons d'essai doivent être conformes à l'Article 6.

C.3 Procédure

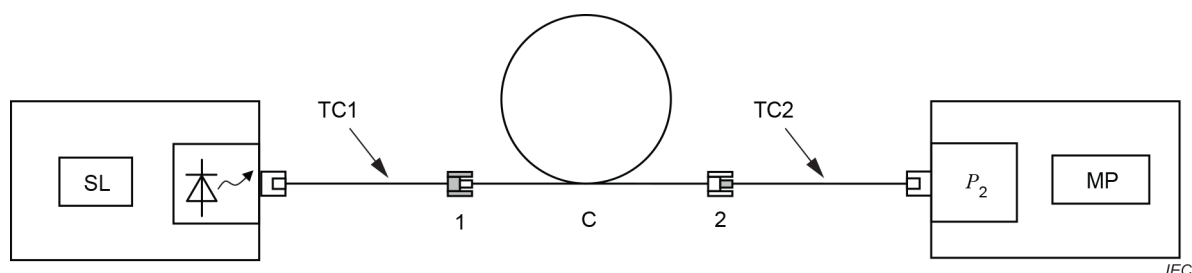
- Connecter le cordon d'amorce (TC1) et le cordon de réception (TC2) à la source lumineuse et au mesureur de puissance et aussi l'un à l'autre, suivant les indications de la Figure C.1.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_1 , qui est la mesure de puissance de référence.
- Déconnecter TC1 et TC2.
 - Ne pas déconnecter TC1 de la source lumineuse et TC2 du mesureur de puissance sans avoir préalablement effectué une nouvelle mesure de référence.
- Introduire:
 - soit le câblage en essai, suivant les indications de la Figure C.2,
 - soit le cordon de l'adaptateur, AC, et le câblage en essai suivant les indications de la Figure C.3.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_2 , qui est la mesure de la puissance d'essai.



Légende

SL	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	MP	mesureur de puissance
		3	jeu de connecteurs

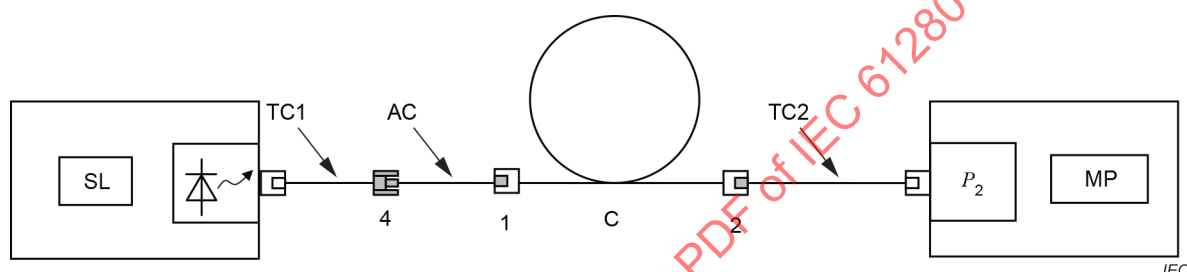
Figure C.1 – Mesure de référence



Légende

SL	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	MP	mesureur de puissance
C	câblage en essai	1, 2	jeux de connecteurs

Figure C.2 – Mesure d'essai



Légende

SL	source lumineuse	AC	cordon de l'adaptateur
TC1	cordon d'amorce	TC2	cordon de réception
C	câblage en essai	MP	mesureur de puissance
		1, 2, 4	jeux de connecteurs

L'affaiblissement du cordon de l'adaptateur doit être négligeable.

Figure C.3 – Mesure d'essai pour les connecteurs de type fiche-embase

C.4 Calculs

L'affaiblissement, A , est donné par:

$$A = 10 \log(P_1/P_2) \text{ (dB)} \quad (\text{C.1})$$

C.5 Composantes de l'affaiblissement rapporté

Les éléments d'affaiblissement sont identifiés sur les Figures C.1, C.2 et C.3. Ils sont constitués du câblage, A_C , et de plusieurs valeurs d'affaiblissement des connexions, en dB.

Dans le cas de la Figure C.2, l'affaiblissement rapporté, A , est:

$$A = A_1 + A_2 + A_C - A_3 \quad (\text{C.2})$$

Dans le cas de la Figure C.3, l'affaiblissement rapporté, A , est:

$$A = A_1 + A_2 + A_c + A_4 - A_3 \quad (\text{C.3})$$

Les différences entre le résultat rapporté par cette méthode et les autres méthodes MPSL sont présentées à l'Article I.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-1:2019

Annexe D (normative)

Méthode des cordons d'équipement

D.1 Applicabilité de la méthode d'essai

La méthode des cordons d'équipement mesure directement l'affaiblissement du câblage en essai, l'affaiblissement des connexions des cordons d'équipement au câblage en essai, et l'affaiblissement de la fibre optique dans l'un des cordons d'équipement (EC2 sur la Figure D.2). L'affaiblissement des connexions des cordons d'équipement à l'équipement n'est pas pris en compte. Il s'agit de la RTM pour le mesurage de l'installation câblée de la configuration D. La méthode d'essai des cordons d'équipement ne convient que si les deux cordons d'équipement sont présents pendant l'essai et ne sont pas remplacés avant l'opération. L'affaiblissement de la fibre optique dans les cordons d'équipement est négligeable si ces derniers sont courts.

D.2 Appareillage

La source lumineuse, le mesureur de puissance et tous les cordons d'essai doivent être conformes à l'Article 6. Cette méthode est appelée "méthode aux cordons d'équipement" car le cordon d'équipement du client est utilisé en effectuant la mesure de référence. Le second cordon (de réception) du client est également nécessaire pour le mesurage. Il convient de vérifier les performances des cordons d'essai et des cordons du client avant le début de l'essai. Cette vérification est réalisée en connectant le cordon d'essai, de réception ou du client au cordon d'amorce et en mesurant l'affaiblissement de la connexion. Pour de plus amples informations, voir l'Annexe H.

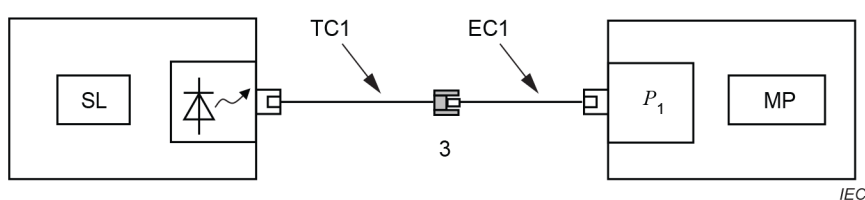
Cette méthode exige que le cordon d'amorce et le cordon d'équipement du client soient connectés en série entre la source lumineuse et le mesureur de puissance pour la mesure de référence.

Cette méthode suppose également sur les points suivants.

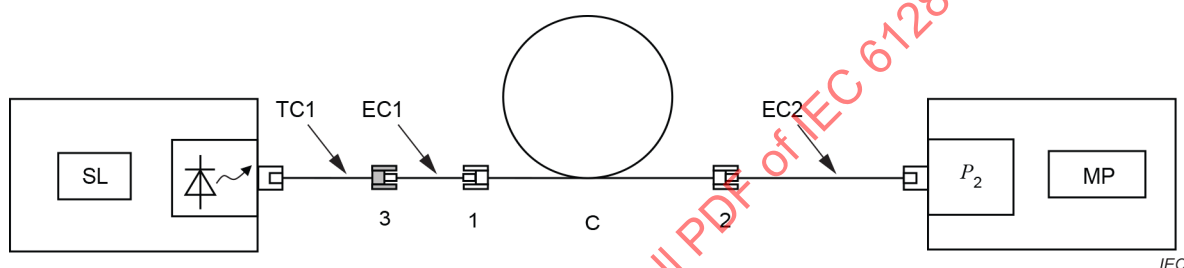
- Le connecteur du mesureur de puissance est compatible avec celui du câblage en essai auquel le cordon d'équipement EC1 de la Figure D.1 est connecté. Le cas échéant, un adaptateur n'ajoutant pas d'incertitude de mesure supplémentaire peut être raccordé au mesureur de puissance.
- Le cordon d'amorce n'est pas déconnecté de la source lumineuse entre une mesure de référence et une mesure d'essai.

D.3 Procédure

- Connecter la source lumineuse et le mesureur de puissance en utilisant le cordon d'amorce (TC1) et le cordon d'équipement (EC1), suivant les indications de la Figure D.1.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_1 . Cette valeur correspond à la mesure de puissance de référence.
- Déconnecter le mesureur de puissance de EC1.
 - Ne pas déconnecter TC1 de la source lumineuse sans avoir préalablement effectué une nouvelle mesure de référence.
- Connecter le mesureur de puissance au cordon de réception de l'équipement (EC2).
- Connecter TC1/EC1 et EC2 au câblage en essai, suivant les indications de la Figure D.2.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_2 . Cette valeur correspond à la mesure de puissance d'essai.

**Légende**

SL	source lumineuse
TC1	cordon d'amorce
EC1	cordon d'amorce de l'équipement
MP	mesureur de puissance
3	jeu de connecteurs

Figure D.1 – Mesure de référence**Légende**

SL	source lumineuse	EC1	cordon d'amorce de l'équipement
TC1	cordon d'amorce	MP	mesureur de puissance
C	câblage en essai	EC2	cordon de réception de l'équipement
		1, 2, 3	jeux de connecteurs

Figure D.2 – Mesure d'essai**D.4 Calcul**

L'affaiblissement, A , est donné par:

$$A = 10 \log(P_1/P_2) \text{ (dB)} \quad (\text{D.1})$$

D.5 Composantes de l'affaiblissement rapporté

Les éléments d'affaiblissement sont identifiés sur les Figures D.1 et D.2. Ils se composent de l'affaiblissement du câblage, A_C , et de plusieurs valeurs d'affaiblissement des connexions, en dB. L'affaiblissement rapporté, A , est:

$$A = A_1 + A_2 + A_C \quad (\text{D.2})$$

NOTE Seule la fibre du cordon d'équipement 2 et du câblage est incluse dans la mesure d'affaiblissement, alors que la fibre du cordon d'équipement 1 est déjà incluse dans la mesure de référence.

Les différences entre le résultat rapporté par cette méthode et les autres méthodes MPSL sont présentées à l'Annexe I.

D.6 Valeurs d'incertitude types

Les valeurs d'incertitude types ont été calculées en utilisant l'IEC TR 61282-14, en supposant les conditions suivantes:

- MP: utiliser un seul MP;
- longueur d'onde centroïdale de la source, référence IEC 61280-1-3: 850 nm $\pm$ 25 nm;
- niveau de la source: -20 dBm (0,01 mW);
- fibre optique: IEC 60793-2-10 sous-catégorie A1-OMxa.

Les résultats du calcul peuvent être utilisés pour communiquer sur les résultats de mesure et l'évaluation de la conformité.

Le Tableau D.1 reproduit les résultats du calcul effectué pour une sélection de longueurs de câble et d'affaiblissements, en utilisant différentes méthodes d'essai du présent document et différentes classes de connecteurs de cordon d'essai.

Tableau D.1 – Incertitude pour un affaiblissement donné à 850 nm

	Valeurs d'incertitude à 95 % en utilisant des cordons d'essai munis de connecteurs de classe de référence	Valeurs d'incertitude à 95 % en utilisant des cordons d'essai munis de connecteurs de classe normale
	dB	dB
Affaiblissement mesuré du câblage dB	Annexe D (cordon d'équipement)	Annexe D (cordon d'équipement)
0,5	0,17	0,17
1,0	0,17	0,17
1,5	0,21	0,21
2,0	0,26	0,26
2,5	0,31	0,31
3,0	0,37	0,37
3,5	0,43	0,43

Annexe E (normative)

Réflectomètre optique dans le domaine temporel

E.1 Applicabilité de la méthode d'essai

Le mesurage par la méthode à OTDR comprend l'affaiblissement des deux connexions au câblage en essai. Il s'agit de l'ATM pour le mesurage de l'installation câblée des configurations A, B, C et D (voir 4.2) et dans certains cas, ou comme l'exigent certaines normes externes, elle peut être utilisée à la place des méthodes d'essai spécifiées aux Annexes A, B, C et D.

Lorsque des mesures bidirectionnelles (voir Article G.6) sont spécifiées, les procédures de l'Annexe E sont répétées, mais à l'extrémité opposée du câblage en essai, sans déconnecter les cordons d'amorce et de fin de fibre du câblage en essai.

E.2 Appareillage

E.2.1 Généralités

Pour effectuer des mesurages d'affaiblissement et de longueur sur l'installation câblée, un OTDR, des cordons d'essai et des adaptateurs sont exigés. Pour obtenir un schéma de l'équipement OTDR, voir 6.7.

Le montage d'essai nécessite un cordon d'amorce et un cordon de fin de fibre. Il convient de réduire le plus possible la réflectance associée aux connecteurs des cordons d'essai (d'amorce et de fin de fibre) ainsi qu'au câblage.

Il ne faut pas utiliser de liquides ou de gels adaptateurs d'indice entre les faces d'extrémité polies des connecteurs.

L'utilisation du cordon de fin de fibre permet de mesurer l'affaiblissement de la connexion d'extrémité distante et, de ce fait, l'affaiblissement de la totalité de la section câblée peut être mesuré. Si aucun cordon de fin de fibre n'est utilisé, aucune information relative au connecteur d'extrémité distante ne peut alors être obtenue. En fait, la continuité régulière de la fibre optique n'est pas assurée car il peut exister une rupture près de l'extrémité éloignée, ou les fibres optiques peuvent être connectées de manière incorrecte en un point de leur longueur.

E.2.2 OTDR

L'OTDR doit être capable de supporter une plage de largeurs d'impulsion et de temps de moyennage permettant de réaliser un mesurage sur des longueurs allant généralement jusqu'à 2 000 m, avec un rapport signal-bruit suffisant.

Il convient que l'OTDR ait une zone morte en affaiblissement (voir G.2.4) inférieure à 8 m, en utilisant une largeur d'impulsion courte (< 10 ns), derrière les connecteurs normaux (c'est-à-dire un affaiblissement de réflexion de 35 dB).

Le profil en champ proche de la lumière émise à l'extrémité du cordon d'amorce de l'OTDR doit satisfaire aux exigences de l'Annexe F.

E.2.3 Cordons d'essai

Le type de fibre optique des cordons d'amorce et de fin de fibre doit être revêtu afin d'éliminer la lumière de la gaine. La longueur à la fois du cordon d'amorce et du cordon de fin de fibre doit être plus grande que la zone morte créée par la largeur d'impulsion choisie pour une

longueur particulière de fibre optique à mesurer. Il convient que les fabricants d'équipements OTDR recommandent des longueurs. De plus, ces longueurs doivent être suffisamment grandes pour un ajustement linéaire fiable de la trace de rétrodiffusion qui suit la zone morte en affaiblissement avec la réflectance des connecteurs normaux.

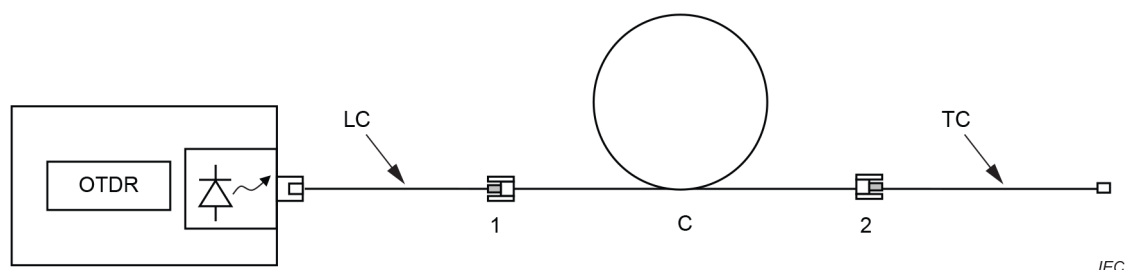
En l'absence d'autres informations, la longueur minimale des cordons d'amorce et de fin de fibre peut être déterminée pour que leur retard de retour soit égal à la largeur de l'impulsion de l'OTDR multipliée par un facteur approprié. Par exemple, un facteur de 50 multiplié par une largeur d'impulsion type de 20 ns fournirait un retard de retour de 1 000 ns, équivalent à des longueurs de 100 m pour les cordons d'amorce et de fin de fibre.

Les recommandations suivantes s'appliquent à la préparation des cordons d'essai.

- Il convient de réduire le plus possible l'affaiblissement dû à l'enroulement induit. A cet effet, utiliser un rayon minimal de 45 mm, sans BIMMF.
- Les cordons se terminent à une extrémité par un connecteur adapté à la liaison avec l'OTDR.
- Ils se terminent à l'autre extrémité conformément au 6.3.
- Il convient de protéger la fibre optique utilisée dans le cordon. Cette protection peut être réalisée en enfermant la majeure partie de la longueur du cordon dans un conteneur, ou en utilisant des cordons d'essai entièrement renforcés. Il convient qu'une longueur appropriée de fibre optique protégée (c'est-à-dire un enrobage extérieur de 3 mm avec un allègement de traction) du cordon s'étende à l'extérieur du conteneur afin de connecter l'OTDR et le câblage en essai.

E.3 Procédure (méthode d'essai)

- Connecter les cordons d'essai et la source de l'OTDR suivant les indications de la Figure E.1.
- Configurer l'OTDR en appliquant la règle suivante:
 - Il convient de sélectionner la largeur d'impulsion la plus courte possible, cohérente avec l'acquisition d'une trace sur une échelle de temps raisonnable, qui soit suffisamment régulière (c'est-à-dire avec un rapport signal-bruit suffisant) pour permettre une analyse efficace.
- Pour mieux comprendre les réglages de l'OTDR, se reporter à l'Annexe G.
- Sélectionner la longueur d'onde appropriée.
- Enregistrer la trace rétrodiffusée.



Légende

OTDR	réflectomètre optique dans le domaine temporel
LC	cordon d'amorce
C	câblage en essai
TC	cordon de fin de fibre
1, 2	jeux de connecteurs

NOTE Lorsqu'ils sont utilisés, les terminaisons de classe de référence et les adaptateurs sont représentés en grisé.

Figure E.1 – Méthode par OTDR

La Figure E.1 représente le montage pour un câblage se terminant par des ensembles fiche-adaptateur. D'autres dispositions sont équivalentes, à condition d'utiliser aux mêmes points les connecteurs de classe de référence correspondants.

E.4 Calcul

E.4.1 Généralités

L'affaiblissement est donné par:

$$A = F_1 - F_2 \text{ (dB)} \quad (\text{E.1})$$

où

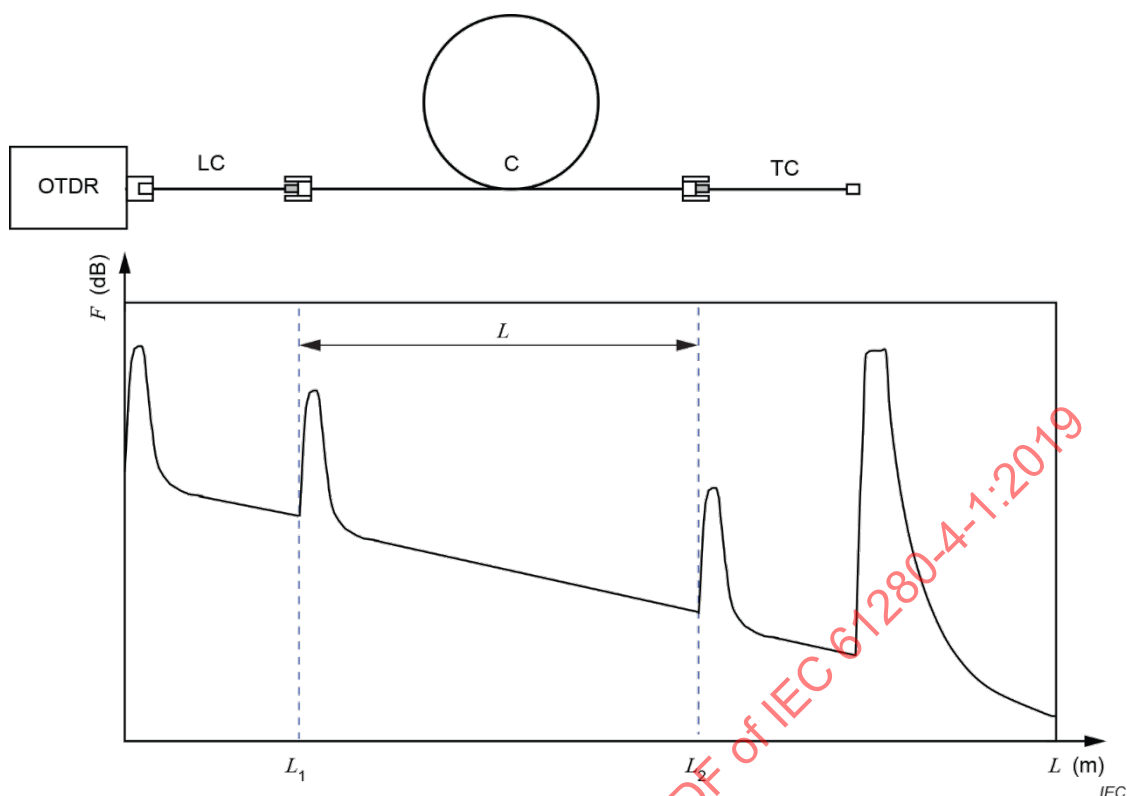
F_1 et F_2 sont les niveaux de puissance affichés aux ports d'entrée et de sortie du câblage en essai (voir Figure E.3).

NOTE L'échelle verticale de l'OTDR affiche cinq fois le logarithme de la puissance reçue, plus un décalage constant. L'échelle horizontale de l'OTDR affiche la distance sur la fibre optique. Cette distance est calculée en divisant par deux le retard de temps mesuré pour l'aller et le retour, et par la vitesse de la lumière dans la fibre optique définie par l'indice de groupe de réfraction effective du cœur de la fibre.

E.4.2 Emplacement des connexions

Les deux connexions du câblage en essai sont situées au changement de courbure avant les deux pics qui représentent les deux connecteurs.

La Figure E.2 montre l'emplacement des connecteurs sur une trace typique.



Légende

OTDR	réflectomètre optique dans le domaine temporel	F	niveau de puissance réfléchi
LC	cordon d'amorce	L_1, L_2	emplacements des ports de câblage
C	câblage en essai	L	distance par rapport au port de sortie du cordon d'amorce de l'OTDR
TC	cordon de fin de fibre		

Figure E.2 – Emplacement des ports du câblage en essai

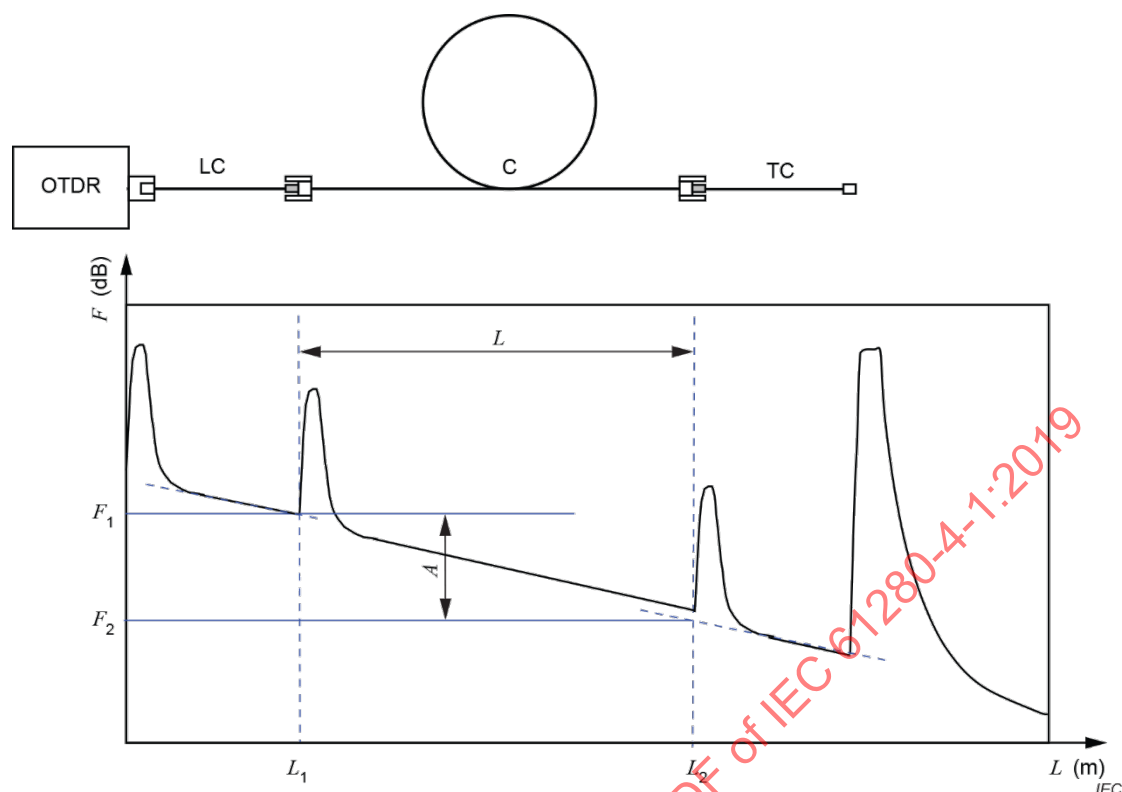
E.4.3 Définition des niveaux de puissance F_1 et F_2

Le niveau de puissance F_1 affiché à l'emplacement L_1 est défini comme l'intersection de la régression linéaire (LSA) obtenue à partir de la partie linéaire de la puissance de rétrodiffusion fournie par le cordon d'amorce, et l'axe vertical à l'emplacement L_1 .

Le niveau de puissance F_2 affiché à l'emplacement L_2 est défini comme l'intersection de la régression linéaire (LSA) obtenue à partir de la partie linéaire de la puissance de rétrodiffusion fournie par le cordon de fin de fibre, et l'axe vertical à l'emplacement L_2 .

La Figure E.3 représente la position des niveaux F_1 et F_2 sur une trace typique.

Ce processus de mesure est également appelé analyse en cinq points avec LSA. Pour de plus amples détails, voir l'Annexe G.



Légende

OTDR	réflectomètre optique dans le domaine temporel	F	niveau de puissance réfléchi
LC	cordon d'amorce	L_1, L_2	emplacements des ports de câblage
C	câblage en essai	L	distance par rapport au port de sortie du cordon d'amorce de l'OTDR
TC	cordon de fin de fibre	F_1, F_2	niveaux de puissance affichés en L_1 et L_2
		A	affaiblissement

Figure E.3 – Construction graphique de F_1 et F_2

E.4.4 Calcul alternatif

En variante, l'OTDR peut fournir deux autres niveaux affichés F_{11} et F_{12} , pour permettre une analyse détaillée de la trace (voir Figure E.4).

Le niveau de puissance F_{11} affiché à l'emplacement L_1 est défini comme l'intersection de la régression linéaire (LSA) obtenue à partir de la partie linéaire de la puissance de rétrodiffusion fournie par le câblage en essai, et l'axe vertical à l'emplacement L_1 .

Le niveau de puissance F_{21} affiché à l'emplacement L_2 est défini comme l'intersection de la régression linéaire (LSA) obtenue à partir de la partie linéaire de la puissance de rétrodiffusion fournie par le câblage en essai, et l'axe vertical à l'emplacement L_2 .

Trois autres affaiblissements sont donnés par:

$$A_1 = F_1 - F_{11} \text{ (dB)} \quad (\text{E.2})$$

$$A_2 = F_{21} - F_2 \text{ (dB)} \quad (\text{E.3})$$

$$A_C = F_{11} - F_{12} \text{ (dB)} \quad (\text{E.4})$$

où

A_1 est l'affaiblissement du connecteur à l'extrémité proche;

A_2 l'affaiblissement du connecteur à l'extrémité éloignée;

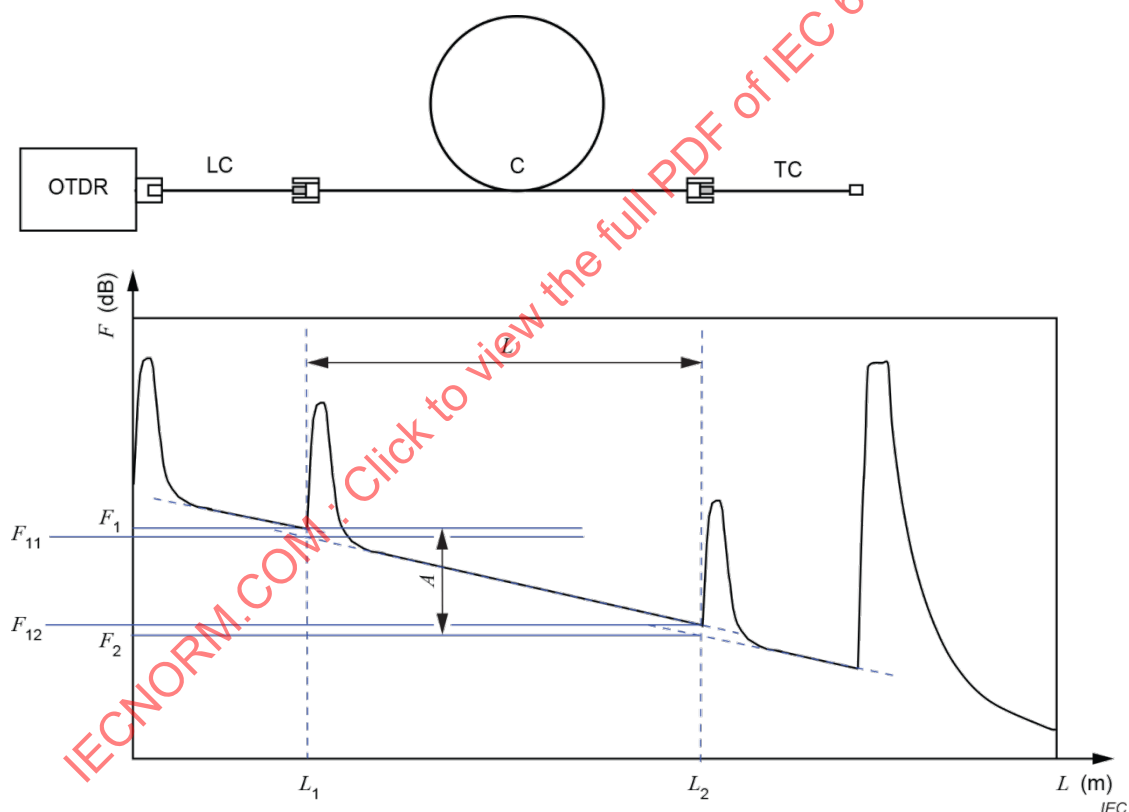
A_C l'affaiblissement du câblage sans connecteurs.

Ce qui conduit à:

$$A = A_1 + A_C + A_2 \text{ (dB)} \quad (\text{E.5})$$

En supposant que les erreurs de calcul sont négligeables, l'Equation (E.5) a la même validité que l'Equation (E.1).

Dans certains cas, les affaiblissements A_1 , A_C et A_2 peuvent être disponibles dans un tableau d'événements.



Légende

OTDR	réflectomètre optique dans le domaine temporel	L_1, L_2	emplacements des ports de câblage
LC	cordon d'amorce	L	distance par rapport au port de sortie du cordon d'amorce de l'OTDR
C	câblage en essai	F_1, F_2	niveaux de puissance affichés en L_1 et L_2
TC	cordon de fin de fibre	F_{11}, F_{12}	niveaux de puissance affichés côté interne de L_1 et L_2
F	niveau de puissance réfléchie	A	affaiblissement

Figure E.4 – Construction graphique de F_1 , F_{11} , F_{12} et F_2

E.5 Incertitudes de l'OTDR

Il convient de tenir compte des sources d'incertitude suivantes lors de la production d'un rapport de mesure.

- Contribution du niveau de bruit – erreurs dues à une grande quantité de bruit gaussien ou de bruit du système; le bruit est toujours plus élevé à mesure que le niveau de rétrodiffusion s'approche du plancher de bruit sur un tracé logarithmique. Une grande quantité de bruit sur le tracé perturbe la régression linéaire, ce qui conduit à une évaluation erronée des différents niveaux de puissance affichés. Le bruit peut être réduit en augmentant le temps de moyennage ou en augmentant la largeur des impulsions. Lorsque la pente de la régression linéaire est disponible (par exemple en dB/km), une pente faible ou forte est généralement associée à un niveau de bruit excessif.
- Coefficient de rétrodiffusion – les différences de propriétés intrinsèques entre les cordons d'essai et le câblage en essai peuvent engendrer des variations de l'affaiblissement apparent de chacune des connexions. Par exemple, lorsqu'une fibre optique ayant un faible coefficient de rétrodiffusion est connectée à une fibre ayant un coefficient de rétrodiffusion plus grand, le détecteur de l'OTDR reçoit plus d'énergie de la fibre optique ayant le coefficient de rétrodiffusion le plus grand. Ceci peut être interprété comme une réduction de l'affaiblissement apparent et peut même apparaître comme un gain (affaiblissement négatif). Cet effet est dit amplificateur.
- Forte réflexion – les effets non linéaires des fortes réflexions (affaiblissement de réflexion de 20 dB, par exemple) produisent des erreurs d'affaiblissement, des erreurs de coefficient d'affaiblissement et un élargissement de la zone morte, en engendrant parfois un affaiblissement positif.
- Conditions d'injection – erreurs résultant d'une injection ou d'une lumière de gaine trop faible ou saturée.
- Erreur de positionnement des curseurs – erreur de placement des curseurs de l'analyseur logiciel ou du traitement manuel des curseurs. Cette situation peut conduire à une certaine erreur lorsque les pentes des différentes fibres optiques sont très différentes.

Annexe F (normative)

Exigences relatives aux caractéristiques de la source

F.1 Flux inscrit

Lorsqu'elles sont injectées dans une fibre optique multimodale, les sources à LED et à laser utilisées pour mesurer l'affaiblissement peuvent présenter des distributions de puissance modale variables. Ces différentes distributions de puissance modale, combinées à l'affaiblissement modal différentiel (AMD) inhérent à la plupart des composants multimodaux, entraînent généralement des variations lors de la mesure de l'affaiblissement.

Le flux inscrit est utilisé pour définir des exigences quantitatives à partir des mesurages en champ proche, de sorte que la variation des valeurs d'affaiblissement associées à ces limites est connue.

Le flux inscrit est défini en 3.1.7. Il est déterminé à partir du mesurage en champ proche de la lumière provenant de l'extrémité du cordon d'amorce.

Le mesurage en champ proche est réalisé conformément à l'IEC 61280-1-4. Le résultat du champ proche mesuré est une fonction, $I(r)$, du rayon, r , en s'éloignant du centre optique du cœur, qui est utilisée pour générer la fonction de flux inscrit sous la forme:

$$EF(r) = \frac{\int_0^r xI(x)dx}{\int_0^R xI(x)dx} \quad (F.1)$$

où

$I(x)$ est l'intensité du champ proche;

r est le rayon du cœur de la fibre optique;

R est une limite d'intégration suffisamment grande pour capter toute la puissance. L'IEC 61280-1-4 a adopté une valeur égale à 1,15 fois le rayon nominal du cœur.

F.2 Hypothèses et limitations

La théorie conduisant aux limites du flux inscrit repose sur des hypothèses qui incluent l'indice de réfraction, les dimensions et la forme du cœur de la fibre optique, la largeur spectrale et le modèle d'Hermite-Gauss pour les champs de mode. Un écart par rapport à ces hypothèses peut conduire à une variance d'affaiblissement supplémentaire. Une hypothèse est que l'affaiblissement est mesuré avec la méthode MPSL dans laquelle la lumière est directement couplée à travers les connexions et la lumière rétrodiffusée n'est pas prise en compte. La méthode par OTDR repose sur la lumière rétrodiffusée qui est couplée différemment. Par conséquent, la compréhension de la relation entre la variance de l'affaiblissement obtenue d'un OTDR et les limites du flux inscrit est incomplète.

Pour de plus amples détails sur la théorie des limites du flux inscrit, se reporter à l'IEC TR 62614-2.

F.3 Modèles de flux inscrit

F.3.1 Généralités

Les modèles de flux inscrit sont un ensemble de trois courbes de flux inscrit définies à des valeurs déterminantes de rayon, aux limites inférieure et supérieure, et à la cible. Le champ proche de la source, mesuré conformément à l'IEC 61280-1-4, doit rester entre les limites inférieure et supérieure.

Ces exigences conviennent pour un câblage utilisant des fibres optiques multimodales de catégorie A1-OM1 à A1-OM5 et A1-OM1 qui sont définies dans l'IEC 60793-2-10 comme des fibres optiques de cœur de 50 μm et 62,5 μm , toutes deux avec un diamètre de gaine de 125 μm .

F.3.2 Incertitudes attendues

Les limites des modèles de flux inscrit sont obtenues à partir d'un champ proche cible et d'un ensemble de conditions limites conçues pour contraindre la variation de la mesure d'affaiblissement à $\pm Y$ fois l'affaiblissement en dB ou $\pm X$ dB, la plus grande valeur étant retenue. La fiabilité de la variation possible du mesurage d'affaiblissement X ou Y est un autre paramètre appelé β .

La variable X est un seuil de tolérance. La variable Y , est le coefficient de variation de l'affaiblissement. Ces variables X , Y , et β varient avec la taille du cœur de la fibre optique et avec la longueur d'onde conformément aux valeurs du Tableau F.1. Il est nécessaire d'en tenir compte pour le calcul des incertitudes de mesure. Pour de plus amples détails, se reporter à l'IEC TR 61282-14.

Tableau F.1 – Affaiblissement, seuil de tolérance et niveau de confiance

Diamètre nominal du cœur de la fibre optique μm	Longueur d'onde nm	Seuil, X dB	Coefficient de variation de l'affaiblissement, Y dB	Niveau de fiabilité β
50	850	0,08	0,10	0,368
50	1 300	0,12	0,20	0,333
62,5	850	0,10	0,10	0,17
62,5	1 300	0,15	0,10	0,03

Seuls les affaiblissements de couplage sont pris en compte pour ces valeurs d'affaiblissement.

Ce tableau est fondé sur le diamètre nominal du cœur. Il est important de contrôler le diamètre du cœur de la fibre optique dans le cordon d'amorce réel avec des tolérances serrées ($\pm 0,7 \mu\text{m}$, par exemple) afin de garantir les incertitudes attendues.

Dans l'IEC TR 61282-14, le paramètre bêta β , est considéré comme l'incertitude des incertitudes, $\frac{\Delta u_i}{u_i}$, afin de calculer le degré de liberté effectif, puis l'incertitude élargie des incertitudes de l'affaiblissement.

F.3.3 Modèles

Les exigences de flux inscrit sont définies par un tableau de valeurs limites pour chaque valeur d'un ensemble de valeurs radiales particulières, pour chaque combinaison de taille de fibre optique et de longueur d'onde. Ces valeurs limites sont données dans les Tableaux F.2 à F.5.

**Tableau F.2 – Exigences de flux inscrit pour un câblage
à fibres optiques à cœur de 50 µm à 850 nm**

Rayon µm	Limite inférieure du flux inscrit	Cible	Limite supérieure du flux inscrit
10	0,278 5	0,335 0	0,391 5
15	0,598 0	0,655 0	0,711 9
20	0,910 5	0,919 3	0,929 5
22	0,969 0	0,975 1	0,981 2

**Tableau F.3 – Exigences de flux inscrit pour un câblage
à fibres optiques à cœur de 50 µm à 1 300 nm**

Rayon µm	Limite inférieure du flux inscrit	Cible	Limite supérieure du flux inscrit
10	0,279 2	0,336 6	0,394 0
15	0,599 6	0,656 7	0,713 8
20	0,907 2	0,918 6	0,930 0
22	0,966 3	0,972 8	0,979 3

**Tableau F.4 – Exigences de flux inscrit pour un câblage
à fibres optiques à cœur de 62,5 µm à 850 nm**

Rayon µm	Limite inférieure du flux inscrit	Cible	Limite supérieure du flux inscrit
10	0,168 3	0,210 9	0,253 5
15	0,369 5	0,439 0	0,508 5
20	0,633 7	0,692 3	0,750 9
26	0,924 5	0,935 0	0,945 5
28	0,971 0	0,978 3	0,985 6

**Tableau F.5 – Exigences de flux inscrit pour un câblage
à fibres optiques à cœur de 62,5 µm à 1 300 nm**

Rayon µm	Limite inférieure du flux inscrit	Cible	Limite supérieure du flux inscrit
10	0,168 0	0,211 9	0,255 8
15	0,369 9	0,440 9	0,511 9
20	0,636 9	0,694 5	0,752 1
26	0,925 4	0,935 7	0,946 0
28	0,970 8	0,978 2	0,985 6

Les conditions d'injection de la source sont décrites à la sortie du cordon d'amorce. Il est entendu que la source, telle qu'elle est fournie, a été vérifiée par le fabricant de l'équipement d'essai pour produire l'injection spécifiée en utilisant un cordon d'essai avec certaines spécifications. En cas de nécessité de remplacement du cordon d'amorce, le cordon de remplacement doit être compatible avec les recommandations du fournisseur de l'équipement d'essai ou doit être vérifié par l'une des procédures de l'Annexe J.

A 1 300 nm, étant donné l'incertitude de mesure plus élevée du flux inscrit (uniformité, linéarité et résolution spatiale des DCC à InGaAs, par rapport aux DCC au silicium utilisés à 850 nm), les conditions d'injection sont conformes au présent document si le flux inscrit mesuré par le fabricant est dans les limites du modèle, sans tenir compte des incertitudes de mesure (50 % de niveau de confiance).

F.4 Représentation graphique des modèles

La Figure F.1 est un exemple de représentation graphique du flux inscrit.

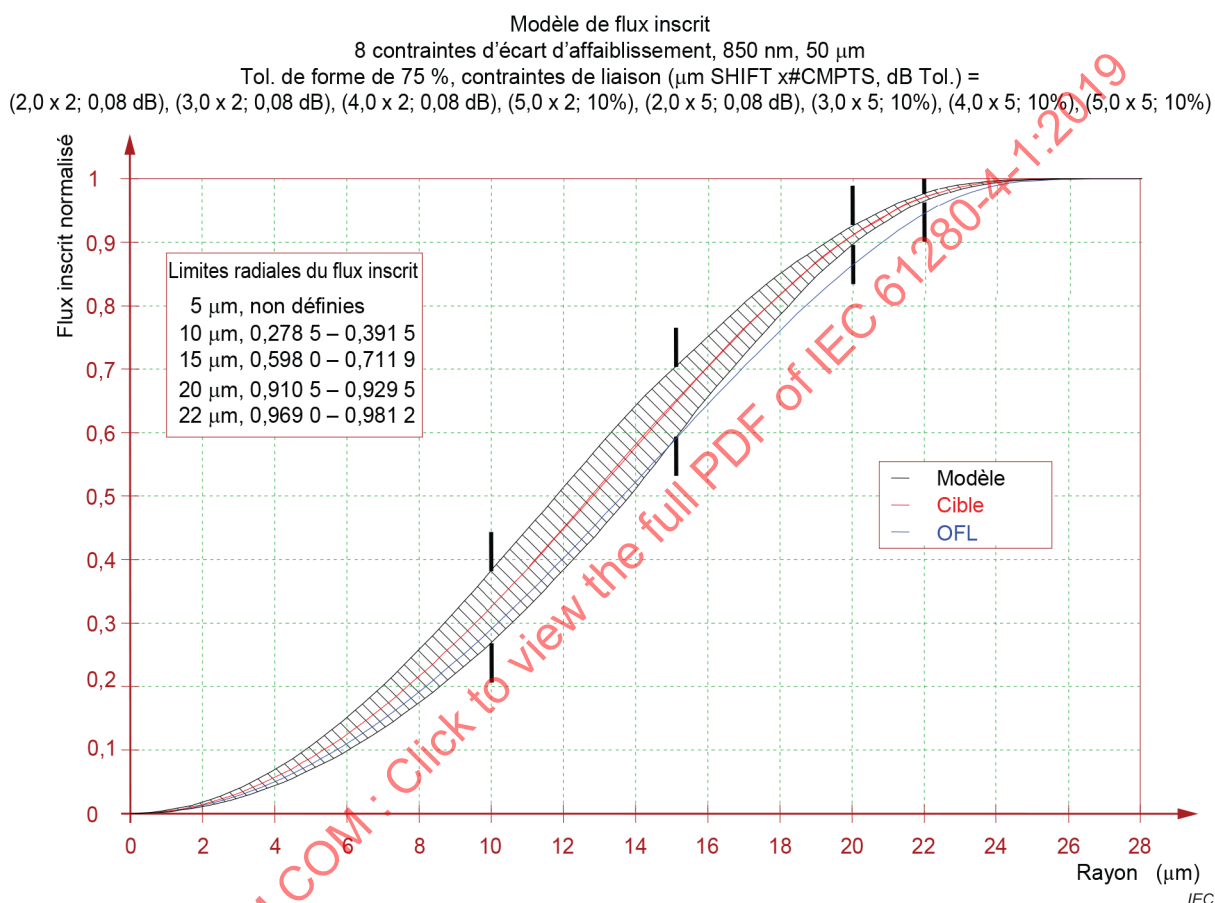


Figure F.1 – Exemple de flux inscrit

Annexe G (informative)

Informations de configuration de l'OTDR

G.1 Généralités

L'Annexe G fournit certaines informations concernant les OTDR et leur configuration. Elle fournit également des diagrammes supplémentaires pour faciliter l'application de l'Annexe E. Se reporter à l'IEC 61746-2 pour obtenir des informations sur l'étalonnage.

L'OTDR fonctionne en injectant une impulsion lumineuse courte à une extrémité du système fibronique en essai et en surveillant, en fonction du retard temporel, le signal de retour revenant à la même extrémité de la fibre optique.

Ce signal de retour provient de deux sources.

- 1) La lumière diffusée provenant de l'intérieur de la fibre optique elle-même. Cette lumière est due à la dispersion de Rayleigh produite par de très petites variations de la structure moléculaire de la silice, provoquant la dispersion d'une partie de l'énergie de l'impulsion lumineuse dans toutes les directions – une très faible proportion de celle-ci est diffusée en retour dans la direction d'où elle provient – ce phénomène est appelé "rétrodiffusion".
- 2) Les réflexions des interfaces et les changements d'indice de réfraction en des points particuliers le long du système. Ces réflexions sont appelées "réflexions de Fresnel".

La courbe de la puissance du signal de retour en fonction du retard temporel fournit les données brutes avec lesquelles l'OTDR doit fonctionner. En général, ces données brutes sont traitées par l'OTDR de façon à tracer la puissance du signal de retour sur une échelle logarithmique, pour indiquer l'affaiblissement en décibels sur l'échelle verticale. Sur l'échelle horizontale, le retard temporel pour le trajet aller et retour est converti en une distance unidirectionnelle sur le système, en fournissant à l'OTDR un nombre correspondant à l'indice de groupe (indice de réfraction effective) de la fibre optique en essai.

Cette courbe d'affaiblissement résultante sur l'échelle verticale en fonction de la distance sur l'échelle horizontale est appelée "trace de rétrodiffusion". L'analyse de cette trace de rétrodiffusion peut fournir un grand nombre d'informations concernant le câblage en essai, notamment:

- l'affaiblissement total de la liaison ou du canal en essai;
- l'affaiblissement de réflexion optique total de la liaison ou du canal en essai;
- la longueur (et le temps de propagation) de la liaison ou du canal en essai;
- le coefficient d'affaiblissement de la fibre optique dans le câblage en essai;
- l'affaiblissement des connexions (épissures et paires de connecteurs);
- l'affaiblissement de réflexion des éléments réfléchissants tels que les paires de connecteurs et les épissures mécaniques (voir l'IEC 61300-3-6);
- des informations de distance entre les éléments sur la trace.

Cependant, une caractérisation réussie et complète du câblage en essai dépend d'un certain nombre de facteurs incluant:

- les performances optiques de l'OTDR utilisé;
- le réglage correct des paramètres de mesure de l'OTDR;
- la configuration de mesure correcte, y compris des cordons d'amorce et de fin de fibre de longueur appropriée;

- les bonnes pratiques de mesure – propreté des connecteurs, etc.

G.2 Paramètres fondamentaux définissant la capacité opérationnelle d'un OTDR

G.2.1 Dynamique

La dynamique définit la capacité d'un OTDR à mesurer un affaiblissement important. La dynamique est la différence entre le niveau de rétrodiffusion maximal proche de 0 m et le plancher de bruit à 98 %. Une autre méthode de mesure utilise un rapport signal/bruit égal à 1 (moyenne quadratique du bruit). La dynamique augmente lorsque la largeur de l'impulsion laser augmente et lorsque la moyenne du niveau de bruit diminue.

Pour obtenir une définition formelle de la dynamique, voir l'IEC 61746-2.

G.2.2 Largeur d'impulsion

La largeur d'impulsion et la puissance de crête du laser définissent le niveau d'énergie injecté dans la fibre optique. Ceci détermine l'importance du signal de diffusion en retour. A mesure que la largeur d'impulsion augmente, la dynamique augmente, de même que les zones mortes.

G.2.3 Temps de moyennage

Le temps de moyennage définit la durée de calcul de la somme et de la moyenne d'un grand nombre d'échantillons de données. La meilleure caractérisation possible du signal est préférable, mais elle nécessite le temps de moyennage le plus long. Le plus grand avantage du temps de moyennage apparaît durant les 30 premières secondes du calcul. En général, la dynamique augmente de 0,75 dB lorsque le nombre de moyennes double.

G.2.4 Zone morte

Il existe une différence de plusieurs ordres de grandeur entre le niveau de signal très faible reçu de la lumière rétrodiffusée dans la fibre optique et le niveau de signal relativement grand reçu des réflexions de Fresnel aux interfaces réfléchissantes des connecteurs. Un temps limité s'écoule avant que le détecteur de l'OTDR se rétablisse d'une réflexion de Fresnel et qu'il puisse de nouveau mesurer les niveaux de lumière rétrodiffusée. Pendant ce laps de temps, l'OTDR ne peut pas mesurer une quelconque variation du niveau de signal rétrodiffusé (par exemple, l'affaiblissement des épissures) et la section de fibre optique qui suit une réflexion est alors appelée "zone morte".

La longueur de cette zone morte dépend du temps de réponse du détecteur, de l'ampleur de la réflexion de Fresnel et de sa durée, qui est déterminée par la largeur d'impulsion.

Pour des applications multimodales, la zone morte la plus significative est la zone morte en affaiblissement. Elle correspond à la distance après un événement de réflexion auquel le niveau de rétrodiffusion est devenu linéaire et des mesures d'affaiblissement peuvent être effectuées. Pour obtenir une définition complète de l'affaiblissement et des zones mortes après un événement, se reporter à l'IEC 61746-2.

NOTE Un OTDR prend généralement en charge une plage de largeurs d'impulsion et de temps de moyennage pour équilibrer la zone morte, la dynamique et la durée d'essai pour la fibre optique en essai. Les largeurs d'impulsion plus courtes (plus étroites) produisent généralement des zones mortes plus courtes (point positif), mais réduisent la dynamique (point négatif). Une augmentation du temps de moyennage augmente généralement la dynamique. Les zones mortes de l'OTDR sont généralement spécifiées pour de courtes largeurs d'impulsion (< 10 ns) et un affaiblissement de réflexion de connecteur normal ≥ 35 dB. Une zone morte en affaiblissement qui utilise une largeur d'impulsion étroite est généralement inférieure à 8 m. Une dynamique utilisant une largeur d'impulsion plus grande est généralement supérieure à 20 dB.

G.3 Autres paramètres

G.3.1 Indice de réfraction

L'indice de réfraction est utilisé pour ajuster le facteur d'échelle de l'échelle horizontale. Ceci permet de localiser des défauts et d'effectuer des calculs de coefficient d'affaiblissement.

De façon générale, l'indice de réfraction n'est pas connu, alors que la longueur de la fibre optique l'est. Dans ce cas, l'indice de réfraction réel peut être déterminé.

Lorsque l'indice de réfraction est connu, il doit être utilisé. Sinon les valeurs du Tableau G.1 doivent être utilisées.

Tableau G.1 – Indice de groupe efficace par défaut des valeurs de réfraction

Longueur d'onde centrale	850 nm	1 300 nm
Fibre multimodale (50/125 µm)	1,483 5	1,478 5
Fibre multimodale (62,5/125 µm)	1,496 0	1,491 0

G.3.2 Plage de mesure

La plage de mesure, ou étendue de mesure, est la distance couverte par la base de temps de l'OTDR. La plage de mesure doit être fixée de manière à être plus grande que la longueur de la fibre optique à soumettre à essai. Il faut noter que sur certains OTDR, lors des essais sur des systèmes équipés de connecteurs fortement réfléchissants, il peut être souhaitable de fixer une plage de mesure plus grande que le double de la longueur du système en essai afin de réduire les effets d'écho.

G.3.3 Echantillonnage en distance

L'échantillonnage en distance (ou résolution d'échantillonnage) est la distance entre deux points de l'échelle horizontale. Cette distance peut être couplée à la plage de mesure (par exemple, le nombre de points de données est une constante).

Lorsqu'elle est réglable, il convient de régler la résolution d'échantillonnage à un intervalle suffisamment petit pour s'assurer que toutes les caractéristiques de la liaison sont bien résolues. Dans tous les cas, il convient que la résolution d'échantillonnage soit dix fois plus petite que la largeur d'impulsion. Il faut noter que la taille du fichier de données généré est proportionnelle à la plage de mesure divisée par la résolution d'échantillonnage.

G.4 Autres configurations de mesure

G.4.1 Généralités

L'Article G.4 indique certaines configurations de mesure particulières qui ne font pas partie de l'Annexe D.

G.4.2 Mesure de l'affaiblissement des macro-courbures ou des épissures

La Figure G.1 présente la trace de mesure appropriée d'une macro-courbure ou d'une épissure par fusion dans un câblage. L'affaiblissement d'une macro-courbure est mesuré en utilisant des régressions linéaires des deux côtés de la macro-courbure. L'affaiblissement est donné par la différence de niveau de puissance affiché à l'intersection des deux régressions linéaires avec l'axe vertical de l'emplacement de la courbure. Il faut noter que l'emplacement de la courbure précède la variation de courbure de la trace.