

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication
à fibres optiques –
Partie 4-1: Installations câblées – Mesure de l'affaiblissement en multimodal**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication
à fibres optiques –
Partie 4-1: Installations câblées – Mesure de l'affaiblissement en multimodal**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XB

ICS 33.180.01

ISBN 978-2-88912-046-8

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions, graphical symbols and acronyms	8
3.1 Terms and definitions	8
3.2 Graphical symbols	9
3.3 Acronyms	11
4 Measurement methods	11
4.1 General	11
4.2 Cabling configurations and applicable test methods	12
4.3 Overview of uncertainties	12
4.3.1 General	12
4.3.2 Test cords	13
4.3.3 Launch conditions at the connection to the cabling under test	13
4.3.4 Optical source	13
4.3.5 Output power reference	13
4.3.6 Received power reference	14
5 Apparatus.....	14
5.1 General	14
5.2 Light source	14
5.2.1 Stability	14
5.2.2 Spectral characteristics	14
5.2.3 Launch cord	14
5.3 Receive or tail cord	15
5.4 Substitution/dummy cord	15
5.5 Power meter – LSPM methods only	15
5.6 OTDR apparatus	15
5.7 Connector end-face cleaning and inspection equipment	16
5.8 Adapters	16
6 Procedures.....	16
6.1 General	16
6.2 Common procedures	17
6.2.1 Care of the test cords	17
6.2.2 Make reference measurements (LSPM methods only)	17
6.2.3 Inspect and clean the ends of the fibres in the cabling	17
6.2.4 Make the measurements	17
6.2.5 Make the calculations	17
6.3 Calibration	17
6.4 Safety	17
7 Calculations	17
8 Documentation	18
8.1 Information for each test	18
8.2 Information to be available	18
Annex A (normative) One-cord reference method.....	19
Annex B (normative) Three-cord reference method	21

Annex C (normative) Two-cord reference method	23
Annex D (normative) Optical time domain reflectometer	26
Annex E (normative) Requirements for the source characteristics for multimode measurement	32
Annex F (informative) Measurement uncertainty examples	35
Annex G (informative) OTDR configuration information	44
Annex H (informative) Test cord insertion loss verification	53
Bibliography	61

Figure 1a – Socket and plug assembly	10
Figure 1b – Connector set (plug, adapter, plug)	10
Figure 1c – Light source	10
Figure 1d – Power meter	10
Figure 1 – Connector symbols	10
Figure 2 – Symbol for cabling under test	10
Figure 3 – OTDR schematic	16
Figure A.1 – Reference measurement	20
Figure A.2 – Test measurement	20
Figure B.1 – Reference measurement	22
Figure B.2 – Test measurement	22
Figure C.1 – Reference measurement	24
Figure C.2 – Test measurement	24
Figure C.3 – Test measurement for plug-socket style connectors	24
Figure D.1 – Test measurement for Method D	27
Figure D.2 – Location of the cabling under test ports	28
Figure D.3 – Graphic construction of F_1 and F_2	29
Figure D.4 – Graphic construction of F_1 , F_{11} , F_{12} and F_2	30
Figure E.1 – Encircled flux template example	33
Figure F.1 – Initial power measurement	37
Figure F.2 – Verification of reference grade connection	38
Figure F.3 – Two offset splices	38
Figure F.4 – Five offset splices	38
Figure F.5 – EF centred	40
Figure F.6 – EF underfilling	40
Figure F.7 – EF overfilling	41
Figure F.8 – L1 loss with mandrel	41
Figure F.9 – L1 loss with mandrel and mode conditioner	42
Figure F.10 – L2 loss (adjusted) with mandrel	42
Figure F.11 – L2 loss (adjusted) with mandrel and mode conditioning	42
Figure F.12 – L3 loss (adjusted) with mandrel	43
Figure F.13 – L3 loss (adjusted) with mandrel and mode conditioning	43
Figure G.1 – Splice and macro bend attenuation measurement	47
Figure G.2 – Attenuation measurement with high reflection connectors	48

Figure G.3 – Attenuation measurement of a short length cabling.....	49
Figure G.4 – OTDR trace with ghost	50
Figure G.5 – Cursors positioning.....	51
Figure H.1 – Obtaining reference power level P_0	54
Figure H.2 – Obtaining power level P_1	55
Figure H.3 – Obtaining reference power level P_0	56
Figure H.4 – Obtaining power level P_1	56
Figure H.5 – Obtaining reference power level P_0	57
Figure H.6 – Obtaining power level	57
Figure H.7 – Obtaining reference power level P_0	58
Figure H.8 – Obtaining power level P_1	58
Figure H.9 – Obtaining power level P_5	58
Figure H.10 – Obtaining reference power level P_0	59
Figure H.11 – Obtaining power level P_1	59
Table 1 – Cabling configurations.....	12
Table 2 – Test methods and configurations.....	12
Table 3 – Spectral requirements	14
Table E.1 – Threshold tolerance	33
Table E.2 – EF requirements for 50 μm core fibre cabling at 850 nm	34
Table E.3 – EF requirements for 50 μm core fibre cabling at 1 300 nm	34
Table E.4 – EF requirements for 62,5 μm core fibre cabling at 850 nm	34
Table E.5 – EF requirements for 62,5 μm core fibre cabling at 1 300 nm.....	34
Table F.1 – Expected loss for examples (note 1).....	35
Table G.1 – Default effective group index of refraction values.....	46

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIBRE-OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM
TEST PROCEDURES –****Part 4-1: Installed cable 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 second edition cancels and replaces the first edition, published in 2003, and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- An additional measurement method based on optical time domain reflectometry (OTDR) is documented, with guidance on best practice in using the OTDR and interpreting OTDR traces.
- The requirement for the sources used to measure multimode fibres is changed from one based on coupled power ratio (CPR) and mandrel requirement to one based on measurements of the near field at the output of the launching test cord.

- Highlighting the importance of, and giving guidance on, good measurement practices including cleaning and inspection of connector end faces.

This bilingual version (2010-07) replaces the English version.

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

FDIS	Report on voting
86C/879/FDIS	86C/892/RVD

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

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

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

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

For the Part 4, the new subtitle will be *Installed cable plant*. Subtitles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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

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

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

FIBRE-OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –

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

1 Scope

This part of IEC 61280-4 is applicable to the measurement of attenuation of installed fibre-optic cabling using multimode fibre, typically in lengths of up to 2 000 m. This cabling can include multimode fibres, connectors, adapters and splices.

Cabling design standards such as ISO/IEC 11801, ISO/IEC 24702 and ISO/IEC 24764 contain specifications for this type of cabling. ISO/IEC 14763-3, which supports these design standards, makes reference to the test methods of this standard.

In this standard, the fibre types that are addressed include category A1a (50/125 μm) and A1b (62,5/125 μm) multimode fibres, as specified in IEC 60793-2-10. The attenuation measurements of the other multimode categories can be made, using the approaches of this standard, but the source conditions for the other categories have not been defined.

2 Normative references

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

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

IEC 61280-1-3, *Fibre optic communication subsystem basic test procedures – Part 1-3: Test procedures for 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 – Fibre optic cylindrical connector endface visual inspection*

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

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

IEC 61746, *Calibration of optical time-domain reflectometers (OTDRs)*

3 Terms, definitions, graphical symbols and acronyms

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

3.1 Terms and definitions

3.1.1

attenuation

reduction of optical power induced by transmission through a medium such as cabling, given as L (dB)

$$L = 10 \log_{10}(P_{\text{in}}/P_{\text{out}})$$

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

3.1.2

light source power meter

LSPM

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

3.1.3

optical time domain reflectometer

OTDR

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

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 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 loss of the cabling under test.

3.1.5

bidirectional 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 total output power as a function of radial distance from the optical centre of the core

[from IEC 61280-1-4]

3.1.8

reference grade termination

connector (3.1.9) **plug** (3.1.10) with tightened tolerances terminated onto an optical fibre with tightened tolerances such that the expected loss of a connection formed by mating two such assemblies is less than or equal to 0,1 dB

EXAMPLE: as an example, the core diameter tolerance may need to be $\pm 0,7$ micron (ffs). Other fibre tolerances are ffs.

NOTE 1 An adapter (3.1.11), required to assure this performance, may be considered to be part of the reference grade termination where required by the test configuration (3.1.6)

NOTE 2 This definition remains as a point under study. When a more complete definition is available in another document, this definition will be replaced by a reference.

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

[Definition 2.6.1 of IEC/TR 61931]

3.1.10

plug

male-type part of a connector

[Definition 2.6.2 of IEC/TR 61931]

3.1.11

adapter

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

[Definition 2.6.4 of IEC/TR 61931:1998]

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 Examples include the SG and many harsh environment connectors.

3.1.13

reference test method

RTM

test method used in the resolution of a dispute

3.2 Graphical symbols

The following graphic symbols for different connection options have been adapted from IEC 61930.

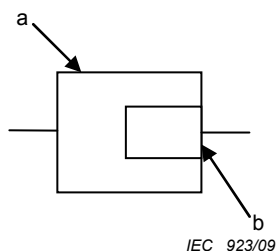


Figure 1a – Socket and plug assembly

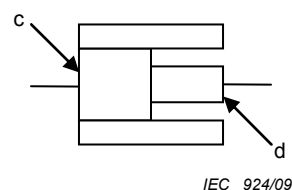


Figure 1b – Connector set (plug, adapter, plug)

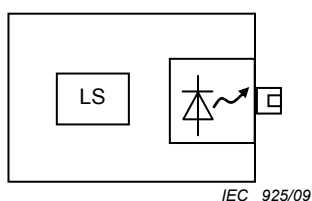


Figure 1c – Light source

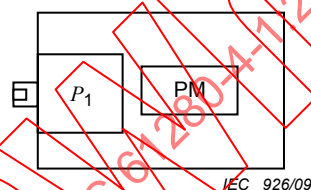


Figure 1d – Power meter

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

NOTE 1 In Figure 1b, and elsewhere in this standard, 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 Reference grade terminations are shown shaded with grey.

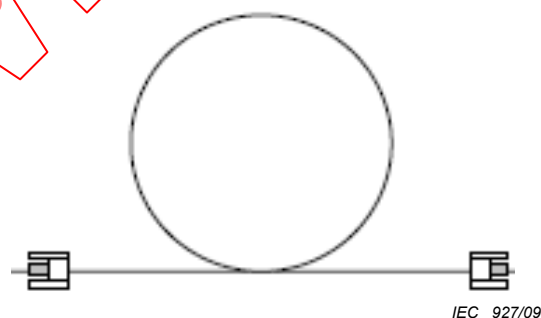


Figure 2 – Symbol for cabling under test

In the figures that illustrate the measurement configurations in Annexes A through D, the cabling under test is illustrated by a loop as shown in Figure 2. Although illustrated as just a loop of fibre, it may contain additional splices and connectors in addition to the terminal connectors. Note that for purposes of measuring the attenuation of this cabling, the losses associated with the terminal connectors are considered separately from the cabling itself.

NOTE 3 In Figure 2, the cabling is shown with adapters pre-attached and the plugs going into them are associated with reference grade test cord plugs.

3.3 Acronyms

The following acronyms are used:

EF	encircled flux
LSA	least squares approximation
LSPM	light source power meter
OTDR	optical time domain reflectometer
RTM	reference test method

4 Measurement methods

4.1 General

Four measurement methods are designated. The four measurement methods use test cords to interface to the cable plant and are designated as follows:

- one-cord reference method;
- three-cord reference method;
- two-cord reference method;
- optical time domain reflectometer (OTDR) method.

The first three 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 losses 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 use of the term 'reference' in the description of the test methods refers to the process of measuring the input power, not the status of the test.

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

NOTE The maximum allowed cabling attenuation specified (e.g. optical power budget or channel insertion loss) for a transmission system normally excludes the connections made to the transmission equipment. It is therefore appropriate to use the three cord reference method 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 fibre. This also allows the determination of individual cabling component attenuation values. It does not require a separate reference measurement to be completed. Requirements for the launch cord and tail cord are defined in Annex D.

Uncertainties in the specific methods are documented in respective annexes. An overview of these uncertainties is given in 4.2.

General requirements for apparatus, procedures and calculations common to all methods are given in the main text of this standard. Requirements that are specific to each particular

method are documented in Annexes A through D. The main text also includes related procedures such as connector end face cleaning and inspection.

4.2 Cabling configurations and applicable test methods

This standard assumes that the installed cabling takes one of three forms shown in Table 1. 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
A	Adapters attached to plugs or sockets attached to both ends of the cabling
B	Plugs on both ends
C	Mixed, where one end of the cabling is terminated with an adapter and the other end is terminated with a plug

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 reference method is used to include the losses associated with both end connectors of the cabling. Another 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 B. In this case, a three-cord reference method is used to exclude the loss of the end plug connections.

The configuration A, B or C defines the test methods that should be applied as described in Table 2. The reference test method offers the best measurement accuracy. Alternative test methods may be called up in specific circumstances or by other standards but are subject to reduced measurement accuracy compared with the reference test method. Reference grade terminations on the test cords as described in 5.2.3, 5.3 and 5.4 shall be used for the resolution of disputes, unless otherwise agreed.

Table 2 – Test methods and configurations

Configuration	RTM	Alternative method
A	Annex A	Annex B ^a
B	Annex B	–
C	Annex C	Annex B
^a For situations where pinned/unpinned or plug/socket style connectors are used such as MTRJ, SG or other harsh environment connector but the power meter does not accept the unpinned or plug connector of the launch cord, Figure C.3 may be used.		
NOTE These configurations, RTMs and annexes are ordered according to the frequency in which different configurations are typically encountered.		

4.3 Overview of uncertainties

4.3.1 General

The uncertainties are affected by the type of fibre, the terminations of the cabling and the measurement method used. See Annex F for some more detailed considerations.

4.3.2 Test cords

A main source of uncertainty involves the connection of the terminated cabling to the test equipment. The attenuation associated with the test cord connections may be different from the attenuation present when the cabling is connected to other cords or transmission equipment. The use of reference grade terminations on the test cords reduces this uncertainty and improves reproducibility of the measurement, but the allocation of acceptable loss is changed as listed in Table F.1.

4.3.3 Launch conditions at the connection to the cabling under test

For all methods, an additional source of uncertainty is related to the characteristic of the optical source at the face of the launch cord. Different regions of the intensity vs. radial position are attenuated differently, depending on how many connections are found in the cabling and the radial offsets between fibre cores at these connection points. Usually, the outer region is attenuated more than the inner region. This is known as differential mode attenuation.

To obtain measurements that are relevant to the types of sources found in transmission equipment, a restricted launch, not an overfilled launch, shall be used. The limits on this restricted launch (see Annex E) are defined to yield attenuation variations of less than $\pm 10\%$ of the target attenuation for a number of defined conditions when the core diameter of the launch cord fibre is equal to the specification mid-range (the nominal value for the fibre types).

For the OTDR method, the differential mode attenuation occurs not only from the mode coupling resulting from forward transmission through each connection, but also due to the mode coupling resulting from the backscattered power through each connection in the reverse direction. The limits on the near field of the launching cord provide some control on this, but it is not as well quantified as it is for the LSPM methods. There can also be some additional differential mode attenuation at the splitter within the OTDR on the path to the detector that is not subject to an external test. Bidirectional testing (see Clause G.6) may reduce this uncertainty.

4.3.4 Optical source

The following sources of uncertainties are relevant to the attenuation measurements:

- Wavelength of the source – causes fibre attenuation variations between source wavelength and cabling system transmitter wavelength.
- Spectral width – wider spectral widths cause fibre attenuation variations between the source wavelength and the cabling system transmitter wavelength, narrower spectral widths can introduce modal noise.
- Power meter nonlinearity – the linearity error of the power meter.

4.3.5 Output power reference

For methods using LSPM, one of the main sources of uncertainty is the variable coupling efficiency of the light source to the launch cord due to mechanical tolerances. To minimize this uncertainty, a reference power reading should be made whenever the connection is disturbed by stress on the connector or disconnection.

For LSPM methods, a reference measurement shall be made to determine the output power of the launch cord which will be coupled to the cable or cable plant under test. This measurement should be made each time the launch cord is attached to the source, as this coupling may be slightly different each time it is done.

4.3.6 Received power reference

If the power meter has a detector large enough to capture all the incident light then the coupling of the receive cord to the power meter is minimal and shall be discounted. In other circumstances (which may include the use of pigtailed detectors), the uncertainty introduced shall be included in the overall measurement uncertainty.

5 Apparatus

5.1 General

Apparatus requirements that are specific to particular methods are found in Annexes A to D. Some of the requirements common to the apparatus of LSPM methods are included in this clause.

5.2 Light source

5.2.1 Stability

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 laser or light emitting diode into the launching cord. The source shall be stable in position, wavelength and power over the duration of the entire measurement procedure.

5.2.2 Spectral characteristics

The spectral width of the light source shall meet the requirements of Table 3 when measured in accordance with IEC 61280-1-3.

Table 3 – Spectral requirements

Centroidal wavelength nm	Spectral width range, full width at half maximum nm
850 ± 30	30 ^a to 60
1 280 – 1 350	100 ^a to 140

^a The minimum of the spectral width range applies to LSPM methods only.

5.2.3 Launch cord

The optical fibre within the launch cord at the connection to the cabling under test shall be of the same type, in terms of core diameter and numerical aperture, but not necessarily bandwidth, as the optical fibre within the cabling under test. Except for the OTDR method, the launch cord shall be 1 m to 5 m in length. See Annex D, for the length of the OTDR launch cord.

The requirements on the near field profile coming from the launch cord that are found in Annex E 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 or adapter terminating the launch cord shall be compatible with the cabling and should be of reference grade to minimize the uncertainty of measurement results.

5.3 Receive or tail cord

The optical fibre within the receive or tail cord shall be of the same type, nominal core diameter and nominal numerical aperture as the optical fibre within the cabling under test.

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

Where unidirectional testing is carried out, the remote end of the tail cord used for OTDR testing has no requirement for a reference grade termination. Where bi-directional testing is carried out, the tail cord becomes the launch cord (See Annex I) and shall comply with 5.2.3.

5.4 Substitution/dummy cord

The optical fibre within the substitution/dummy cord shall be of the same category, nominal core diameter and nominal numerical aperture as the optical fibre within the cabling under test.

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

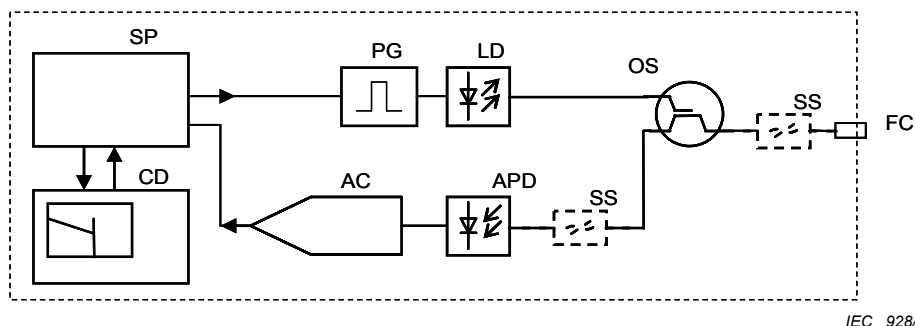
5.5 Power meter – LSPM methods only

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 fibre that is put into it. If a pigtail is used, the pigtail fibre shall be sufficiently large to capture all the power coming from the test cord.

5.6 OTDR apparatus

Figure 3 is a schematic of the OTDR apparatus shown with a simple attachment point. Annex D has some more detailed requirements for the length of the launch cord and other aspects related to the OTDR measurement. The other requirements of 5.1 apply.

For high precision and repeatable measurements, it is recommended, but not mandatory, to use, either before or after the splitter, a speckle scrambler functionally equivalent to the 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 3 – OTDR schematic

5.7 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. Connector suppliers' instructions shall be consulted where doubt exists as to the suitability of particular equipment and cleaning methods.

A microscope compatible with IEC 61300-3-35, low resolution method, is required to verify that the fibre and connector end faces of the test cords are clean and free of damage. Microscopes with adaptors that are compatible with the connectors used are required.

5.8 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.

6 Procedures

6.1 General

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

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.

6.2 Common procedures

6.2.1 Care of the test cords

The ends of the test cords shall be free of dirt or dust and shall be scratch free in accordance with IEC 61300-3-35. If contamination is seen, clean using the equipment and methods of 5.7.

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.

6.2.2 Make reference measurements (LSPM methods only)

The output power from the launch cord for each test wavelength shall be measured and shall be recorded in an appropriate format.

6.2.3 Inspect and clean the ends of the fibres in the cabling

The ends of the cabling shall be free of contamination (e.g. dirt and dust) in accordance with IEC 61300-3-35. If contamination is seen, the connector end face shall be cleaned using the equipment and methods of 5.6.

6.2.4 Make the measurements

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

- attachment of individual 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 may have to be moved to the far end of the cabling or a second power meter and receive test cord may be used.

6.2.5 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.

6.3 Calibration

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

6.4 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 for testing multimode fibre optic cabling will usually be Class 1 products and therefore considered safe.

7 Calculations

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

8 Documentation

8.1 Information for each test

- Test procedure and method
- Measurement results including:
 - Attenuation (dB)
 - Reference power level (dBm) (LSPM methods only)
 - OTDR trace(s) (OTDR method only, from both directions when bidirectional measurements have been done)
 - Wavelength (nm)
 - Fibre type
 - Termination location
 - Fibre identifier
 - Cable identifier
- Date of test.

8.2 Information to be available

- Details of the spectral characteristics of the light source
- Calibration records
- Information indicating compliance with the required launch condition in accordance with 5.2.3
- Details of the test cords used for the measurements

Annex A (normative)

One-cord reference method

A.1 Applicability of test method

The one-cord reference method measurement includes the losses of both connections to the cabling under test. It is the RTM for measurement of installed cabling plant of Configuration A (see 4.1).

This method is written for the case when one single fibre is being measured at a time. If multiple fibres are measured simultaneously with multi-fibre connectors, the requirements of each interface shall be met as though it were a single connector as referenced in the following text. If bidirectional measurements are required, the procedures are repeated by launching into the other end.

A.2 Apparatus

The light source, power meter and test cords defined in the main text are required.

This is called the “one-cord reference method” because only one (the launch) test cord is used for the reference measurement. However a second test (receive) cord is needed. The performance of the test cords should be verified before testing commences. This is done by connecting the receive cord to the launch cord and measuring the loss of the connection. See Annex H for more information.

This method calls for the launch cord to be attached directly to the power meter for the reference measurement. This assumes that the connectors used in the cabling are compatible with the connector used in the power meter.

This method also assumes that:

- 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 inaccuracy of that method is recognized and appropriately modified test limits are applied.
- 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 inaccuracy of that method is recognized and appropriately modified test limits are applied.

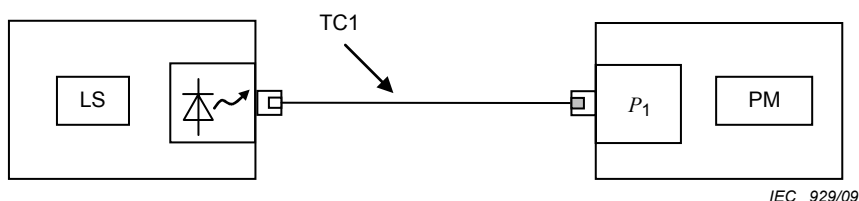
A.3 Procedure

- 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.

NOTE Do not disconnect TC1 from the light source without repeating 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.

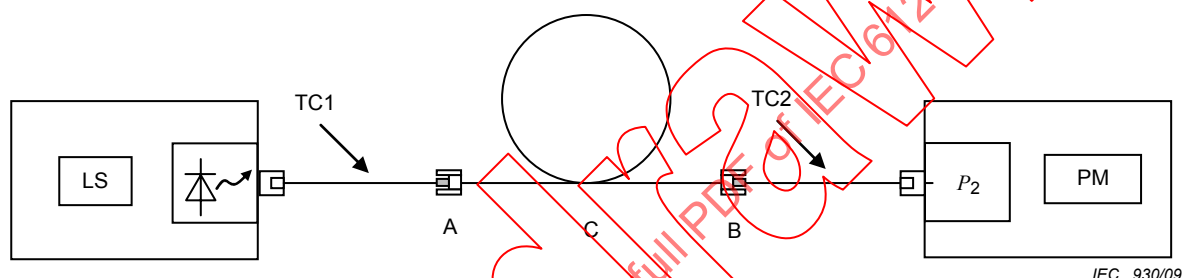
- Record the measured optical power, P_2 , which is the test power measurement.



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

Figure A.2 – Test measurement

NOTE Reference grade terminations are shaded.

A.4 Calculation

The attenuation, L , is given by:

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

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, C , and various connection attenuation values, in dB. The reported attenuation, L , is:

$$L = A + B + C \quad (\text{A.2})$$

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

Annex B (normative)

Three-cord reference method

B.1 Applicability of test method

The three-cord reference method attempts to exclude the losses of both connections to the cabling under test. It is the RTM for measurement of installed cabling plant of Configuration B (see 4.1) and in certain circumstance, or as directed by external standards, may be used in place of the test methods specified in Annex A and Annex C.

This method is written for the case when a single fibre is being measured at a time. If multiple fibres are measured simultaneously with multi-fibre connectors, the requirements of each interface shall be met as though it were a single connector as referenced in the following text. If bidirectional measurements are required, the procedures are repeated by launching into the other end. See Annex H for more information.

B.2 Apparatus

The light source, power meter and test cords defined in the main text are required.

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.

NOTE Do not disconnect TC1 from the light source without 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.

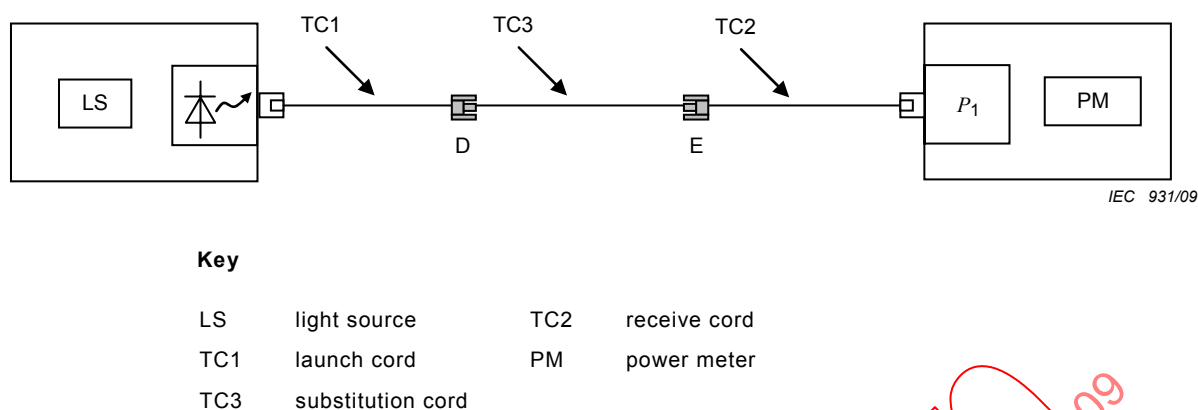


Figure B.1 – Reference measurement

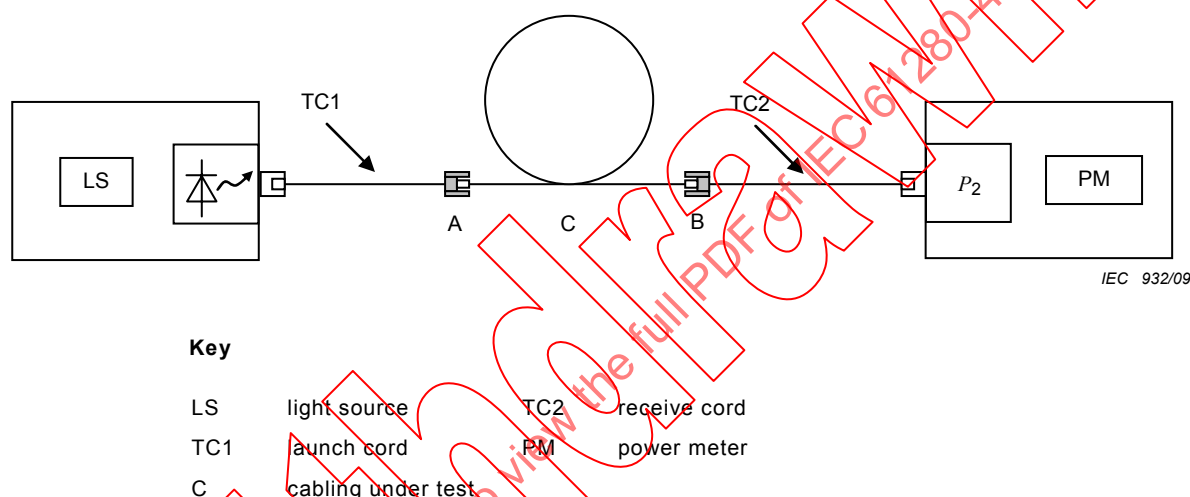


Figure B.2 – Test measurement

NOTE Reference grade terminations are shaded.

B.4 Calculations

The attenuation, L , is given by:

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

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, C , and various connection attenuation values, in dB. The reported attenuation, L , is:

$$L = A + B + C - D - E \quad (\text{B.2})$$

D and E 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 F.1.

Annex C (normative)

Two-cord reference 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 loss of one of the connections to the cabling under test. It is the RTM for measurement of installed cabling plant of configuration C (see 4.1).

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 losses of both connections to the cabling under test. It is an alternative method for measurement of installed cabling plant of configuration A (see 4.1).

This method is written for the case when a single fibre is being measured at a time. If multiple fibres are measured simultaneously with multi-fibre connectors, the requirements of each interface shall be met as though it were a single connector as referenced in the following text. If bidirectional measurements are required, the procedures are repeated by launching into the other end. See Annex H for more information.

C.2 Apparatus

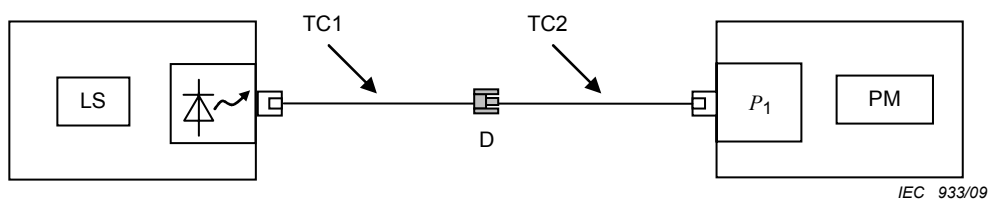
The light source, power meter and test cords defined in the main text are required.

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.

NOTE Do not disconnect TC1 from the light source without repeating a reference measurement.

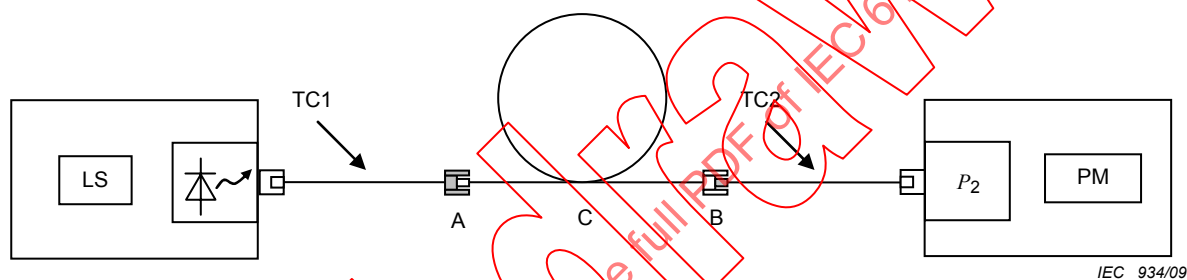
- Insert either
 - the cabling under test as shown in Figure C.2,
 - the adapter cord AC and the cabling under test as shown in Figure C.3.
- Record the measured optical power, P_2 , which is the test power measurement.



Key

LS	light source	TC2	receive cord
TC1	launch cord	PM	power meter

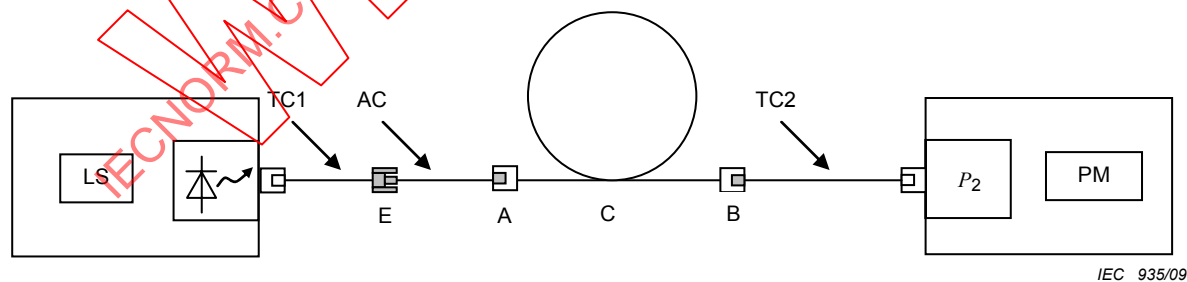
Figure C.1 – Reference measurement



Key

LS	light source	TC2	receive cord
TC1	launch cord	PM	power meter
C	cabling under test		

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

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

NOTE Reference grade terminations are shaded.

C.4 Calculations

The attenuation, L , is given by:

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

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, C, and various connection losses, in dB.

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

$$L = A + B + C - D \quad (\text{C.2})$$

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

$$L = A + B + C + E - D \quad (\text{C.3})$$

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

Annex D (normative)

Optical time domain reflectometer

D.1 Applicability of test method

This method is written for the case when a single fibre is being measured by means of an optical time domain reflectometer (OTDR) from one end of a fibre link or channel. When bidirectional measurements (see Clause G.6) are specified, the procedures within this annex are repeated, but from the opposite end of the cabling under test.

D.2 Apparatus

D.2.1 General

The OTDR, test cords, and adapters are required for making attenuation and length measurements on the installed cabling. See 5.4 for a schematic of the OTDR equipment.

The test set-up requires a launch test cord and tail test 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 loss of the entire cabling section can be measured. If no tail lead is used then there is no information regarding the remote end connector. In fact not even continuity of the fibre is assured since there may be a break close to the far end, or the fibres may be incorrectly connected somewhere along their length.

D.2.2 OTDR

The OTDR shall be capable of using a short pulse width (≤ 20 ns) and have sufficient dynamic range (> 20 dB) to achieve a measurement typically in lengths of up to 2 000 m.

The OTDR should have an attenuation dead zone (see G.2.4) less than 10 m following standard connectors (i.e. reflectance of -35 dB).

The near field profile of the light emitted from the end of the launch cord of the OTDR shall meet the requirement of Annex E.

D.2.3 Test cords

The fibre type and geometrical characteristics of the launching and tail test cord shall be the same as the fibre in the cabling under test and coated so the cladding light is removed. The length of both launching and tail test cord shall be longer than the dead zone created by the pulse width selected for a particular length of 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 dead zone.

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

NOTE Bi-directional testing is required if test cord fibre characteristics differ from those of the cabling under test (see Annex I).

The following apply to the preparation of the test cords:

- The attenuation due to induced winding loss should be minimized. To do this, use a minimum radius of 45 mm.
- 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 5.2.3.
- Use ruggedized fibre test leads with, for example a 3 mm outer jacket with strain relief.
- The 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. Up to 2 m of fibre length of the cord can extend outside the container to connect the OTDR and the cabling under test.

D.3 Procedure (test method)

- Connect the test cords and the OTDR source as shown in Figure D.1.
- Configure the OTDR using the following rules:
 - 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 sufficient signal to noise ratio) to allow effective analysis.
 - The averaging time should not need to be any greater than 3 min per trace. However short averaging times (e.g. < 10 s) generally provides poor results.
 - Refer to Annex I for a better understanding of the OTDR settings.
- Select the appropriate wavelength.
- Record the backscattered trace.

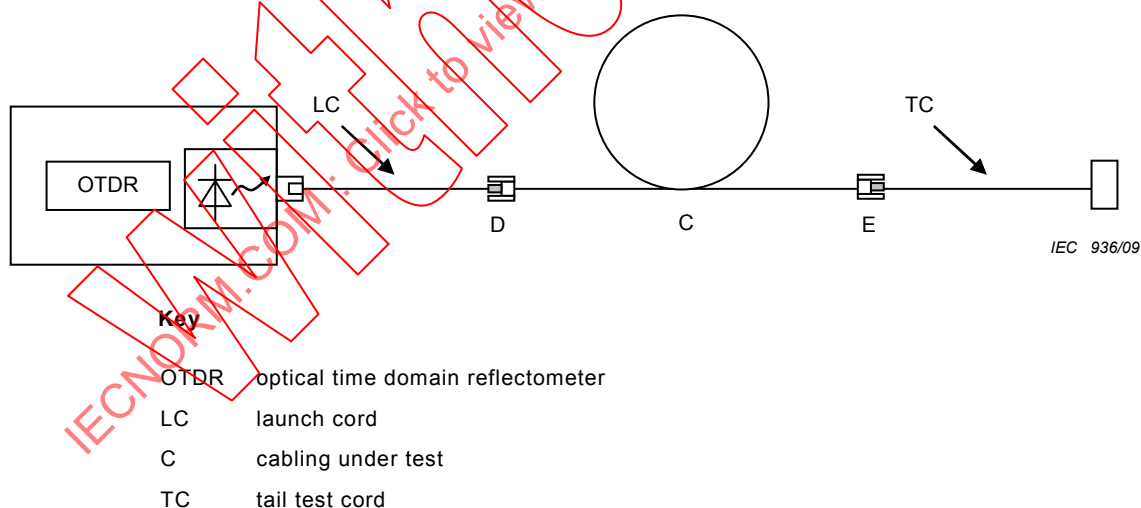


Figure D.1 – Test measurement for Method D

NOTE 1 Reference grade terminations are shaded.

NOTE 2 Figure D.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.

D.4 Calculation

D.4.1 General

The attenuation is given by:

$$A = F_1 - F_2 \text{ (dB)} \tag{D.1}$$

Where F_1 and F_2 are the displayed power level of the input and output port of the cabling under test (see Clause D.3).

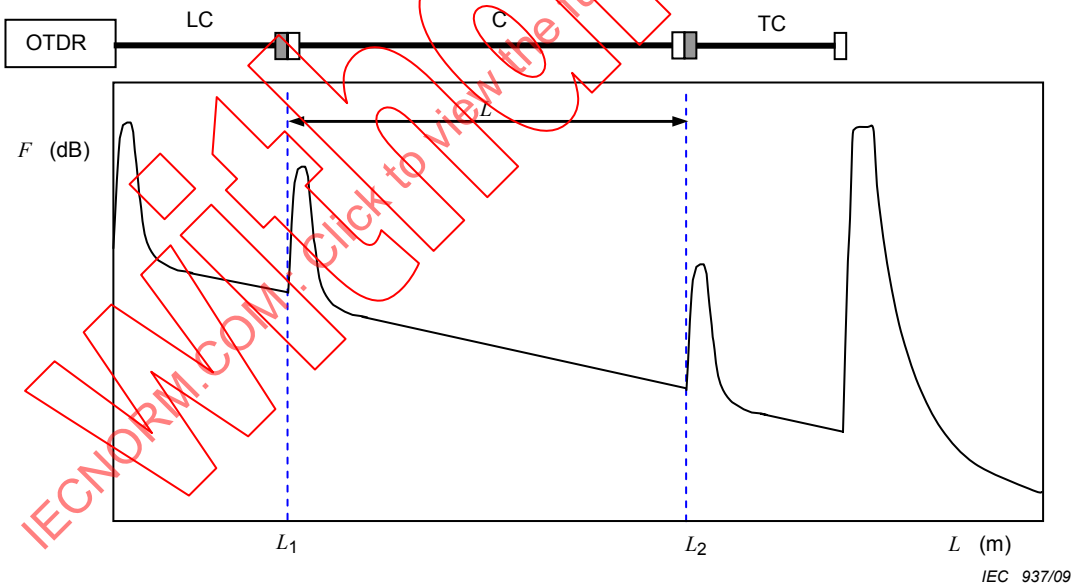
NOTE The OTDR vertical scale displays five times the logarithm of the received power, plus a constant offset. The OTDR horizontal scale displays distance along the fibre. This is calculated by dividing the measured time delay for the round trip by two, and by the speed of light in the fibre defined by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

It is important to properly locate the position of the two connections and to properly define the displayed power levels.

D.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 D.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 output port
TC	tail test cord		

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

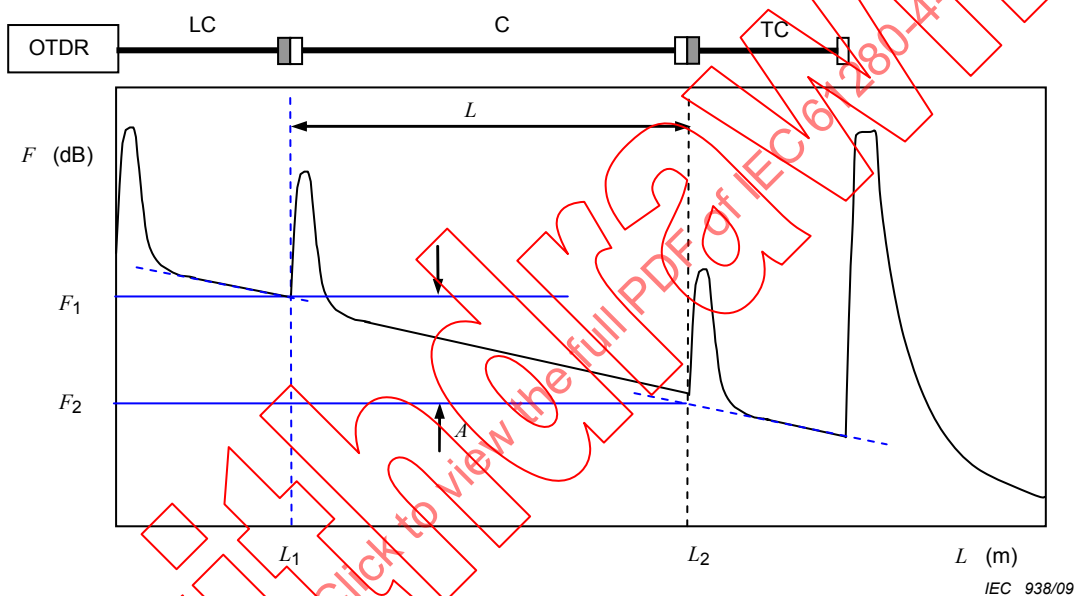
D.4.3 Definition of the power levels F_1 and F_2

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 back scattering power provided by the launching test 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 back scattering power provided by the tail test cord and the vertical axis at location L_2 .

Figure D.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 also Annex G for more details.



Key

OTDR	optical time domain reflectometer	F	reflected power level
LC	launching test cord	L_1, L_2	cabling port locations
C	cabling under test	L	distance from OTDR output port
TC	tail test cord	F_1, F_2	displayed power level at L_1 and L_2
		A	attenuation

Figure D.3 – Graphic construction of F_1 and F_2

D.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 D.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 back scattering 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 back scattering power provided by the cabling under test and the vertical axis at location L_2 .

Three other attenuations are given by:

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

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

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

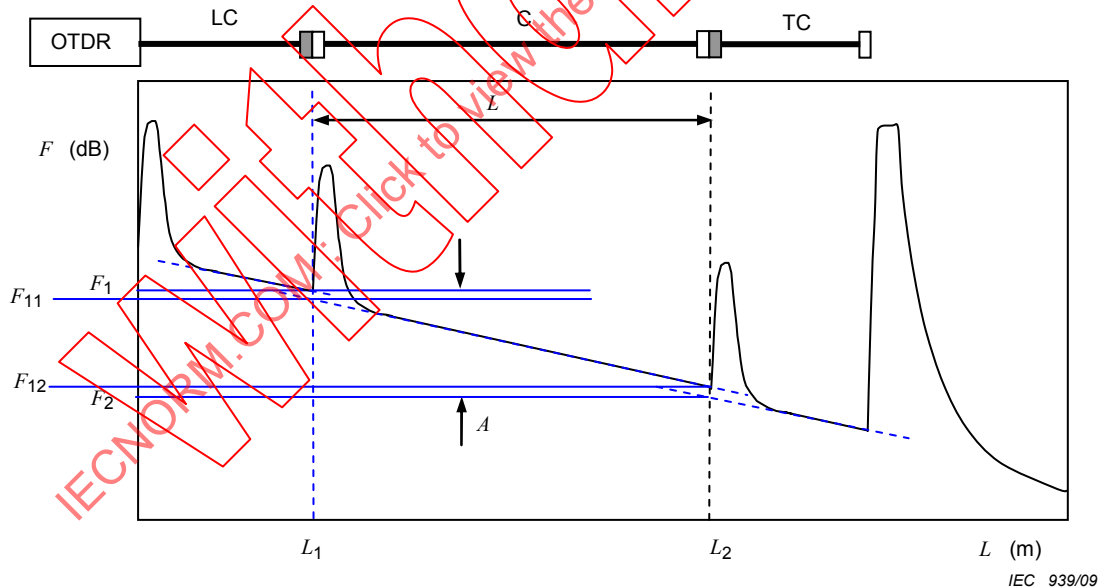
where A_1 is the attenuation of the near-end connector, A_2 the attenuation of the far-end connector and A_c the attenuation of the cabling without connectors.

Leading to:

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

Assuming calculation errors are negligible, Equation (D.5) has the same validity as Equation (D.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 output port
C	cabling under test	F_1, F_2	displayed power level at L_1 and L_2
TC	tail test cord	F_{11}, F_{12}	displayed power level at L_1 and L_2 internal side
F	reflected power level	A	attenuation

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

D.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 due to system noise; noise is always higher as 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 loss of individual connections. For example, when a fibre with a low backscatter coefficient is connected to one with a higher backscatter coefficient, the OTDR detector will receive more energy from the fibre with the higher backscatter coefficient. This can be interpreted as a reduction in the apparent loss and may even appear as a gain (negative loss). The effect is known as a gainer.
- Strong reflection – non-linear effects of strong reflections cause attenuation errors, attenuation coefficient errors, and dead zone widening.
- Launch conditions – errors resulting from under or over filled launch or cladding light.
- Centre wavelength of OTDR laser – causes fibre attenuation variations between OTDR laser wavelength and cabling system transmitter wavelength.
- Spectral width – related to centre wavelength, wider spectral widths cause fibre attenuation variations between the OTDR laser wavelength and the cabling system transmitter wavelength.
- Cursor location error – error in either software analyzer placement of cursors or manual operation of cursors. This may lead to some error when the slopes of the different fibres are very different.

Annex E (normative)

Requirements for the source characteristics for multimode measurement

E.1 Encircled flux

The EF definition is in 3.1.5. It is determined from the near field measurement of the light coming from the end of the launching 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 encircled flux (EF) function as:

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

Where R is an integration limit defined in IEC 61280-1-4.

E.2 Limits on encircled flux

These requirements are suitable for cabling using category A1a and A1b multimode fibres that are defined in IEC 60793-2-10 as 50 μm and 62,5 μm core fibres, both with 125 μm cladding diameter. The requirement for other categories of multimode fibres is under study.

The limits for the encircled flux are derived from a target near field and a set of boundary conditions designed to constrain the variation in attenuation from variations in the source to within $\pm 10\%$ or $\pm X$ dB, whichever is largest, of the value that would be obtained if the target launch were used. Only coupling losses are taken into account for these attenuation values.

The theory leading to the EF limits is based on assumptions that include:

- Fibre core refractive index dimension and shape.
- Spectral width.
- 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 an 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.

NOTE 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 Clause F.2.

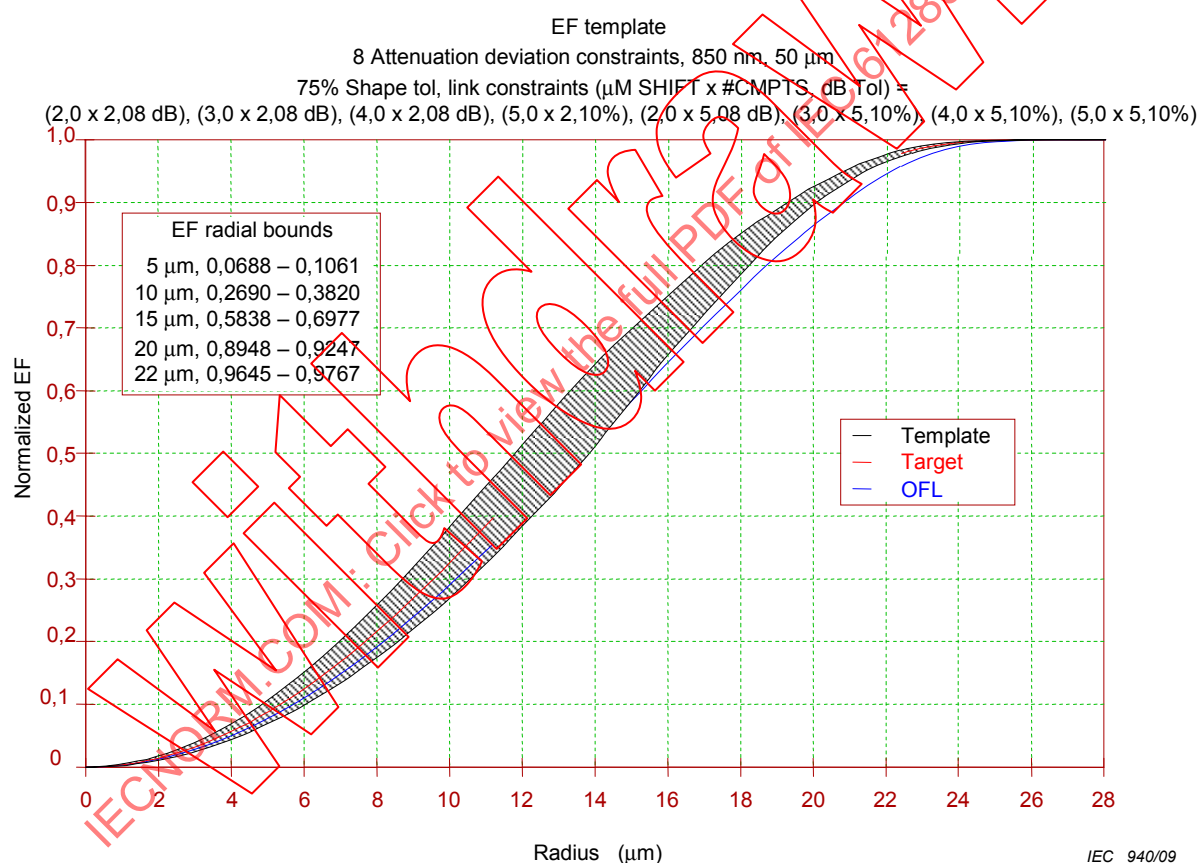
The variable, X , is a tolerance threshold that varies with fibre core size and wavelength according to the values in Table E.1.

Table E.1 – Threshold tolerance

Threshold dB	Wavelength nm	
Fibre nominal core diameter (μm)	850	1 300
50	0,08	0,12
62,5	0,10	0,15

Table E.1 is referenced to nominal core diameter. The core diameter of the fibre in the actual launch cord is critical to good performance. A tolerance of better than $\pm 1,0 \mu\text{m}$, i.e., $\pm 0,7 \mu\text{m}$ is recommended.

An example of the encircled flux template for $50 \mu\text{m}$ fibre at 850 nm is shown in Figure E.1. The target EF along with the EF that would be obtained by an overfilled launch are also shown.

**Figure E.1 – Encircled flux template example**

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

Table E.2 – EF requirements for 50 µm core 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 E.3 – EF requirements for 50 µm core 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 E.4 – EF requirements for 62,5 µm core 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 E.5 – EF requirements for 62,5 µm core 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

Annex F (informative)

Measurement uncertainty examples

F.1 Uncertainties associated with using a reference grade termination

Reference grade connectors 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.

The interpretation of the measured loss of the cabling is likely to be based upon comparison with a specified acceptance figure to provide a pass/fail result. This acceptance figure may be based on a total loss figure for the cabling or it may be based on addition of the attenuation contributions of the individual components.

The use of reference grade terminations on the test leads means that the measured loss of the cabling will typically be less than if standard grade terminations are used. This may mean that if the acceptance figure is based upon the assumption of standard grade terminations for the finally configured system, for example, then some adjustment of the acceptance figure is necessary.

The following table shows examples of losses between the different possible combinations of reference and standard grade terminations.

Table F.1 – Expected loss for examples (Note 1)

Termination 1	Termination 2	Attenuation requirement
MM Reference grade	MM reference grade	$\leq 0,1$ dB
MM Reference grade	MM standard grade	$\leq 0,3$ dB
MM standard grade	MM standard grade	$\leq 0,5$ dB (note 2)
NOTE 1 Table F.1 shows the required performance of standard and reference grade terminations in accordance with IEC 60874-19-1. These values are found in other, but not all, performance standards for connecting hardware.		
NOTE 2 97 % of individual connections are required meet this attenuation limit. As a minimum of two connections are present within installed cabling, a value of 0,5dB is quoted on a statistical basis.		

Example 1 (for one-cord reference)

A multimode cabling system 100 m long is terminated in a patch panel at each end. The expected loss, assuming standard grade connectors, would be a total of up to 1,35 dB, assuming 3,5 dB/km cabled optical fibre loss and 0,5 dB per connection.

If this system is measured using the one test cord reference method as described, and using reference grade terminations on the test leads, then the loss will be up to 0,95 dB (0,35 dB for the 100 m of optical fibre plus 0,3 dB for each connection between reference grade and standard grade terminations).

For each reference grade to standard grade connection, i.e. in the measurement configuration, an adjustment of 0,2 dB should be subtracted from the acceptance figure.

Example 2 (for three cord reference)

Consider the above cabling system but with equipment connection cords with standard grade terminations connected into the patch panels. The loss excluding the terminal connectors will be the same as in example 1, i.e. 1,35 dB.

If this is tested as a cabling system terminated with connector plugs using the three-test-cord reference method, then the measured loss will 1,75 dB. This assumes 1,35 dB for the cabling as before, plus $2 \times 0,2$ dB, since two reference-grade-to-reference-grade connections were included in the reference measurement, which are replaced by two reference-grade-to-standard grade connections in the measured power level through the cabling.

For each reference-grade-to-reference-grade connection in the reference measurement that is replaced by a reference-grade-to-standard grade connection in the measurement configuration, an adjustment of 0,2 dB should be added to the acceptance figure.

Example 3 (Two cord reference, Figure C.3)

The above cabling system is considered, but with connection cords with standard grade plug/socket style connectors, such as MTRJs, connected into patch panels. To test these systems, it is necessary to use the two-cord reference method with the addition of a reference grade adapter cord to complete the test configuration. This adapter cord allows connectivity but also adds the loss of the mated pair of connectors factored out in the referencing procedure because all the connectors involved are reference grade. However, the reference grade connector interface with the standard grade patch panel connectors will typically have a lower loss than those of the equipment patch cords. The acceptance criteria, therefore, needs to be reduced by $2 \times 0,2$ dB = 0,4 dB.

F.2 Launch cord output near field verification

F.2.1 Direct verification

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

When an optical fibre with core diameter that is larger than 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.

F.2.2 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 launching cord is inserted. The launching cord could be essentially straight 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 launching cord depends on the characteristic of the light source emerging from the face of the socket, the connection of the launching 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 used with the test equipment, the EF requirements should be assured.

F.2.3 Field check with physical artefact

F.2.3.1 General

The technicians making field measurements may not have access to the near field measurement equipment needed to confirm the requirements of Annex E. Even if the test equipment has been qualified by the manufacturer, there could be variations in the launching cord used or some other changed variables. This clause 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 this clause 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 most 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 contribute 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 must probe the higher mode groups that are emitted from the launching 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 F.1 to F.4.

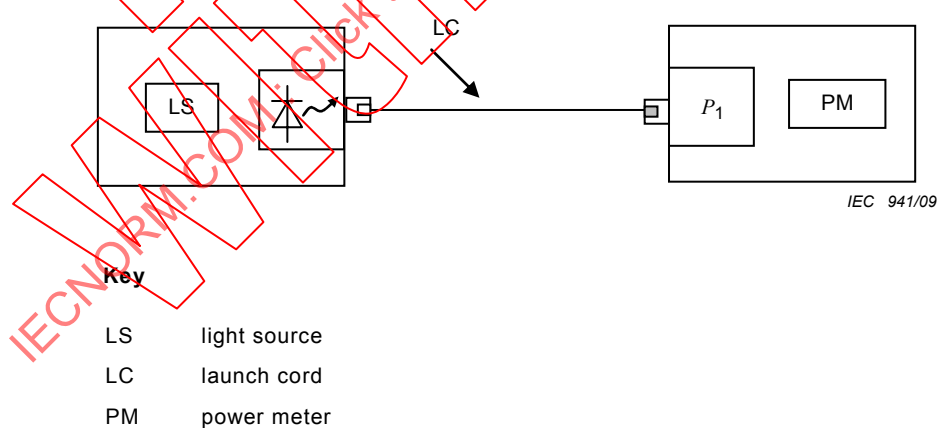
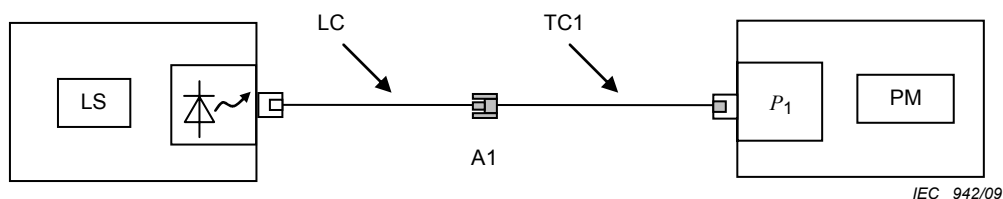


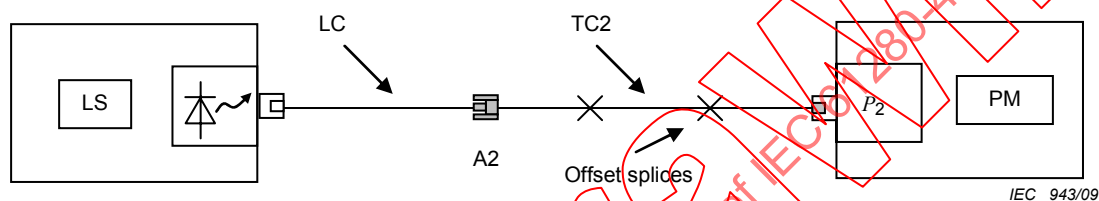
Figure F.1 – Initial power measurement



Key

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

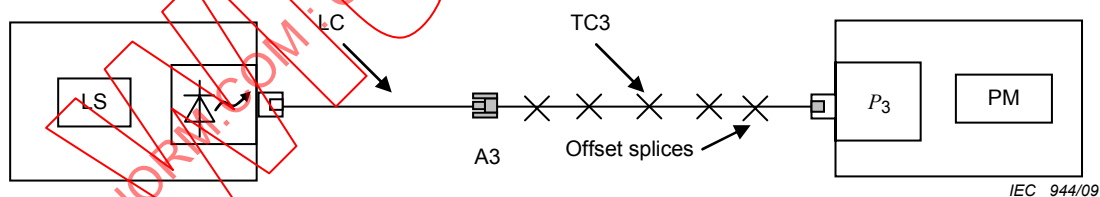
Figure F.2 – Verification of reference grade connection



Key

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

Figure F.3 – Two offset splices



Key

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

Figure F.4 – Five offset splices

F.2.3.2 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 F.1 and measure P_0 (all power measurements are dBm).
- Attach TC1 to the LC and PM as in Figure F.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 F.3 and measure P_2 .
- Calculate $L_2 = P_0 - P_2$ and $L_{2ADJ} = L_2 - L_1$.
- Remove TC2 and attach TC3 as in Figure F.4 and measure P_3 .
- Calculate $L_3 = P_0 - P_3$ and $L_{3ADJ} = L_3 - L_1$.

L_{2ADJ} and L_{3ADJ} 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.

F.2.3.3 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 percent 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 target occurs when the measured EF is less than the target.

In the procedure, there is a prescription to adjust the mode conditioner so the output EF is on target. For best results, this can be satisfied when 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 μm) 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 μm and 4 μm , corresponding to individual connection losses 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 must be reference grade.

F.2.3.4 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 F.5 to F.7 show the EF results in terms of percent tolerance used for the different control radii and the two devices at the EF middle, lower, and upper limits.

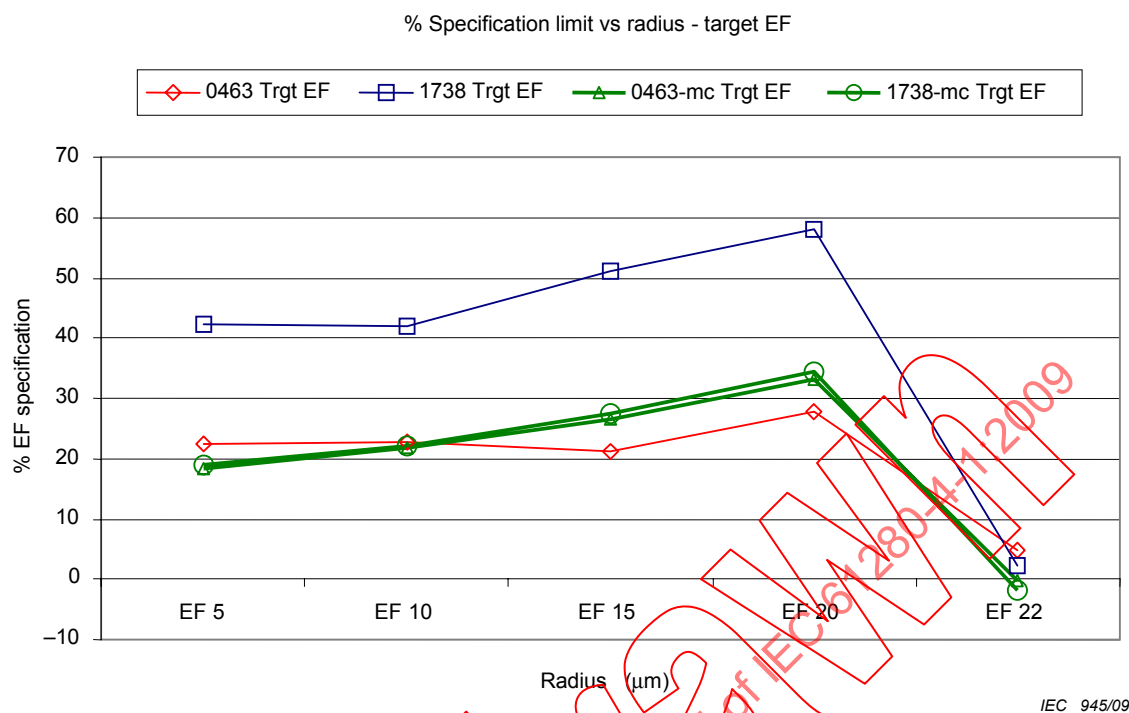


Figure F.5 – EF centred

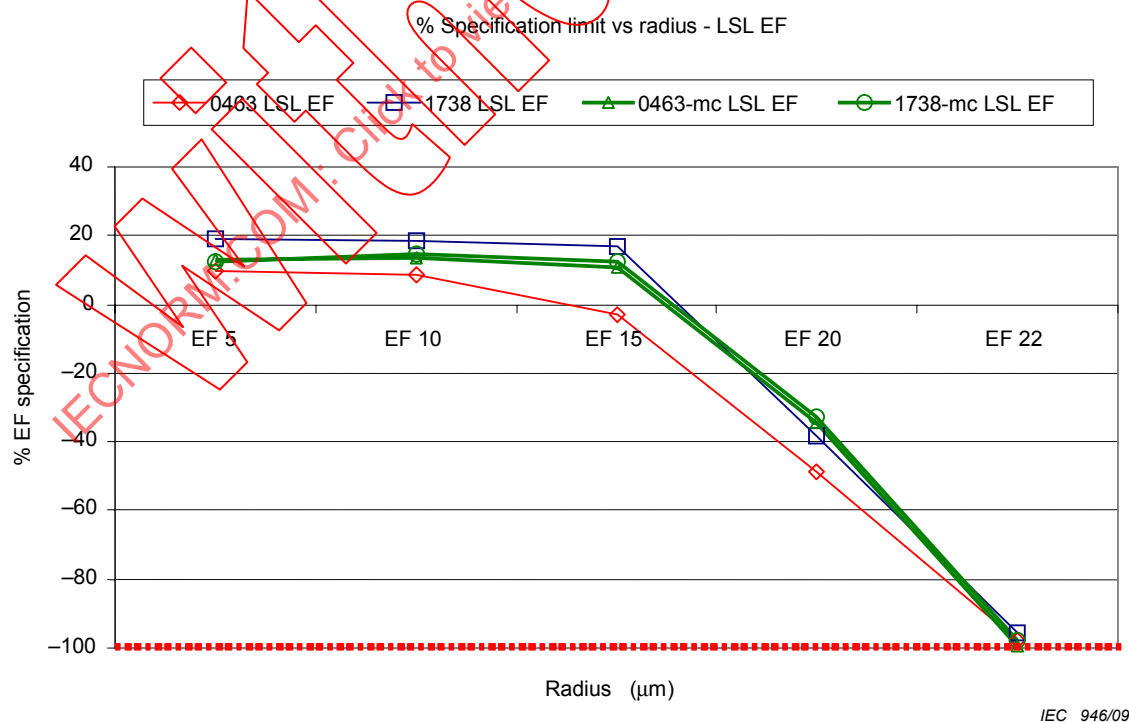


Figure F.6 – EF underfilling

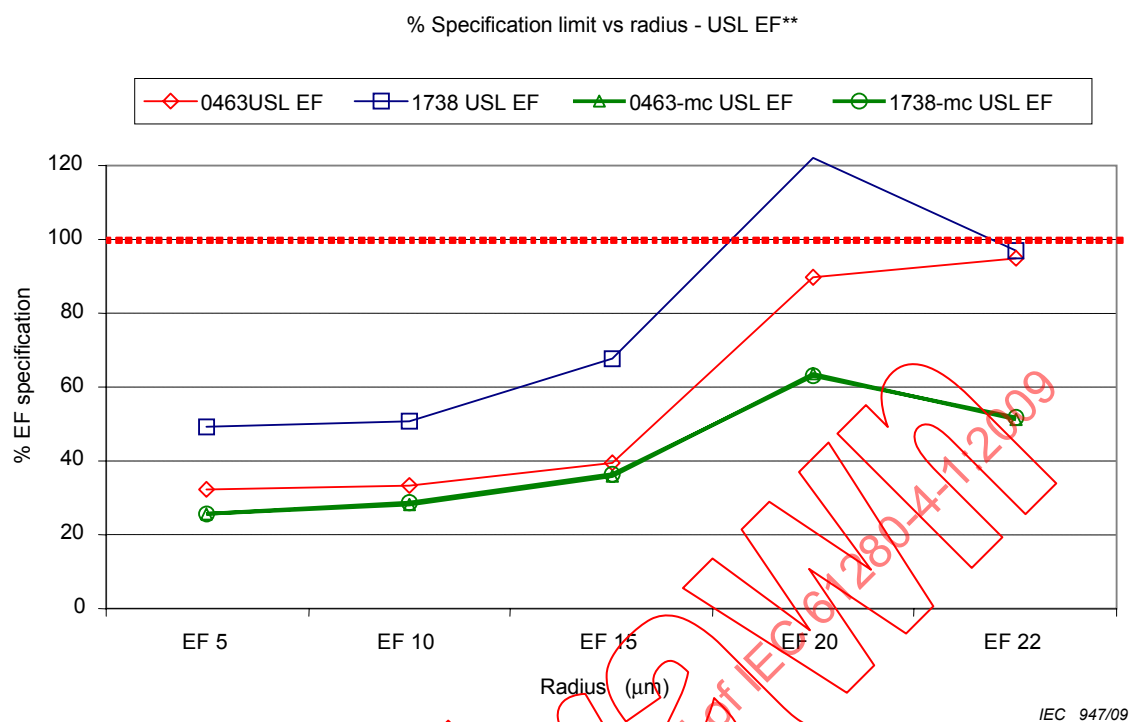


Figure F.7 – EF overfilling

The next series of figures shows the attenuation measurement results with two replicates for each source for these conditions

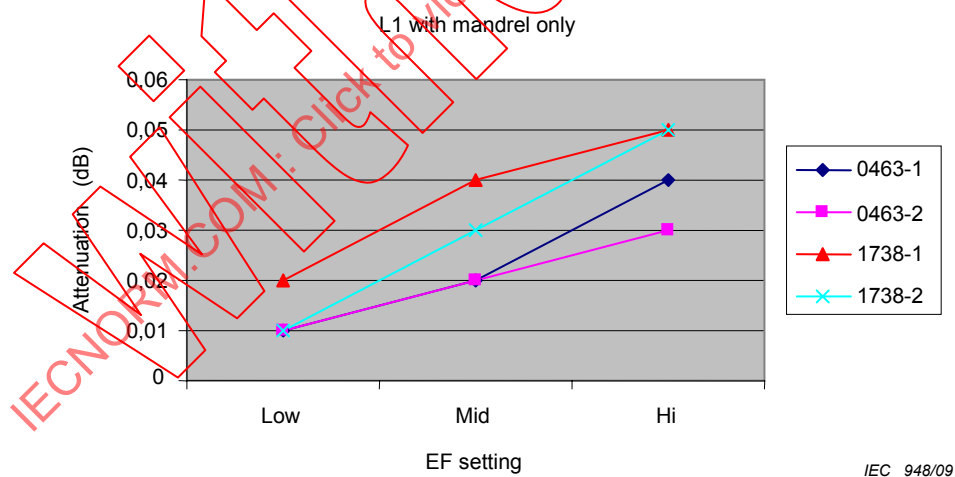


Figure F.8 – L1 loss with mandrel

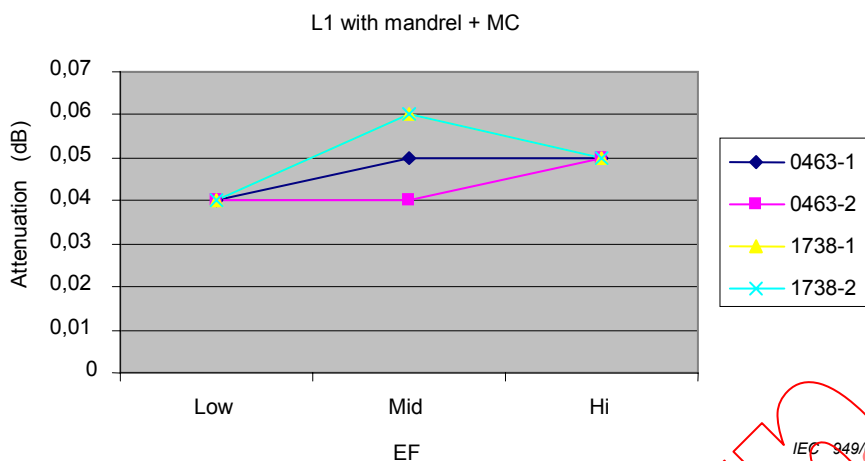


Figure F.9 – L1 loss with mandrel and mode conditioner

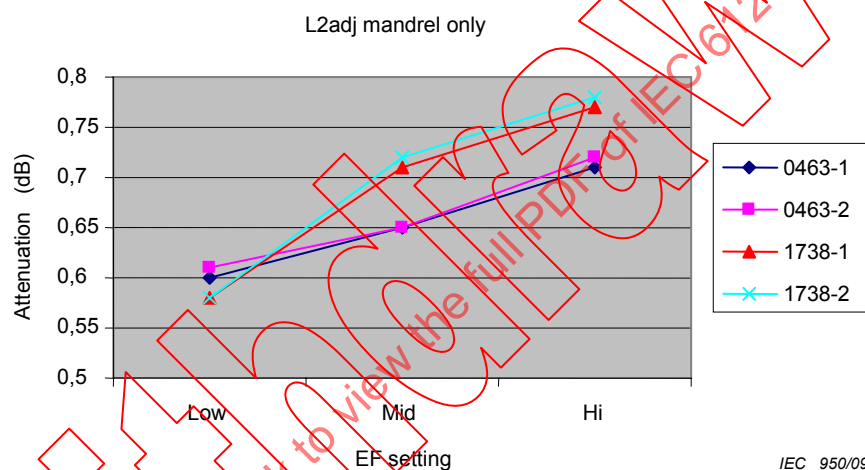


Figure F.10 – L2 loss (adjusted) with mandrel

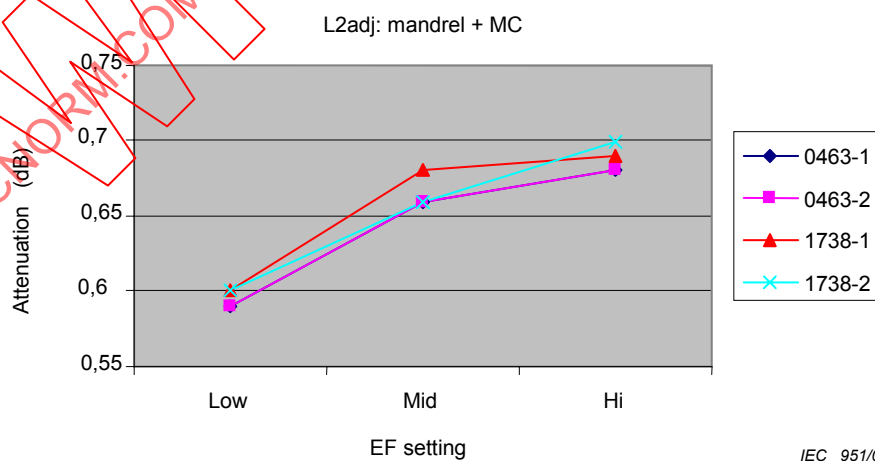


Figure F.11 – L2 loss (adjusted) with mandrel and mode conditioning

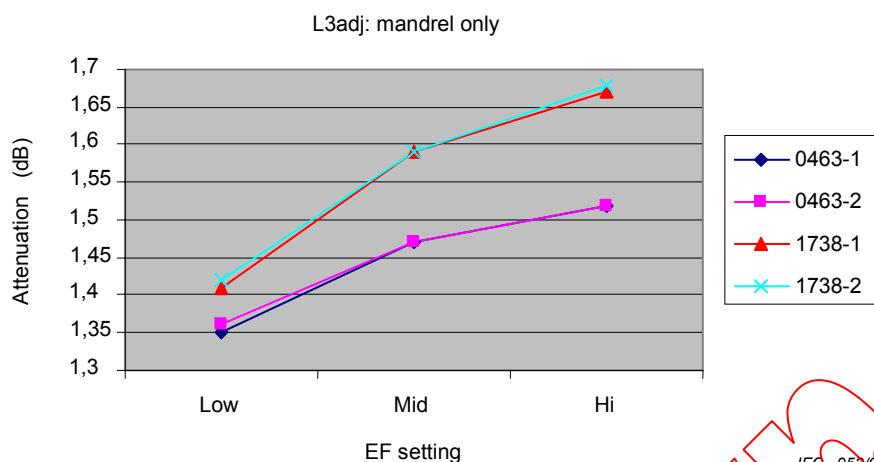


Figure F.12 – L3 loss (adjusted) with mandrel

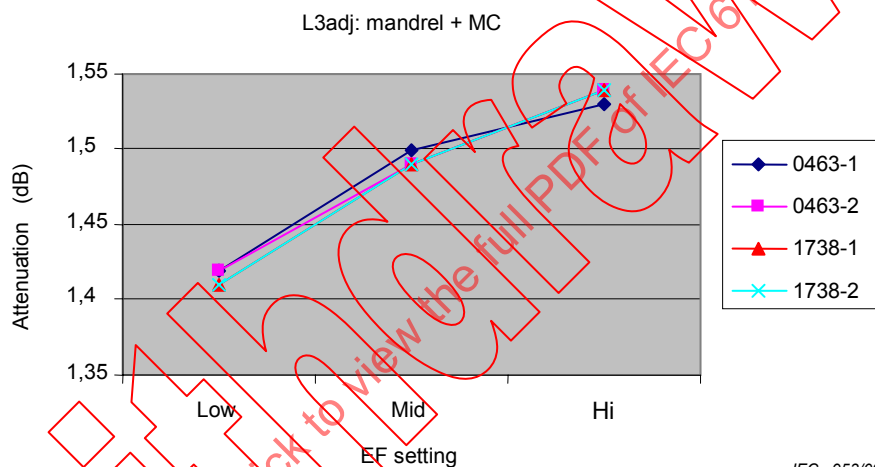


Figure F.13 – L3 loss (adjusted) with mandrel and mode conditioning

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.

Annex G (informative)

OTDR configuration information

G.1 Introduction

Annex G provides information regarding OTDRs and their configuration. It also provides additional diagrams to help in the application of Annex D. Refer to IEC 61746.

The OTDR operates by injecting a short pulse of light into one end of the fibre optic system under test and monitoring 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 that the OTDR has to work with. Usually this raw data is processed by the OTDR such that the returning signal power is plotted on a logarithmic scale to give loss 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 loss 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, see IEC 61300-3-6;
- 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 (reflectance) of reflective features such as connector pairs and mechanical splices;
- 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 leads and tail leads;
- measurement good practices – cleanliness of connectors etc.;
- the use of bidirectional measurement (see Clause G.6).

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

G.2.1 Dynamic range

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 the noise floor. The dynamic range increases when the laser pulse width increases, and when the noise level decreases by averaging.

See IEC 61746 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 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 yet 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 the backscattered light within the optical fibre and the relatively large signal level received from Fresnel reflections at reflective interfaces at 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 losses for example) and so the section of optical fibre following a reflection is referred to as the 'dead zone'.

The length of this dead zone will depend upon 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 loss measurements can be made. Refer to IEC 61746 for a full definition of the attenuation dead zone.

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 of 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, 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.

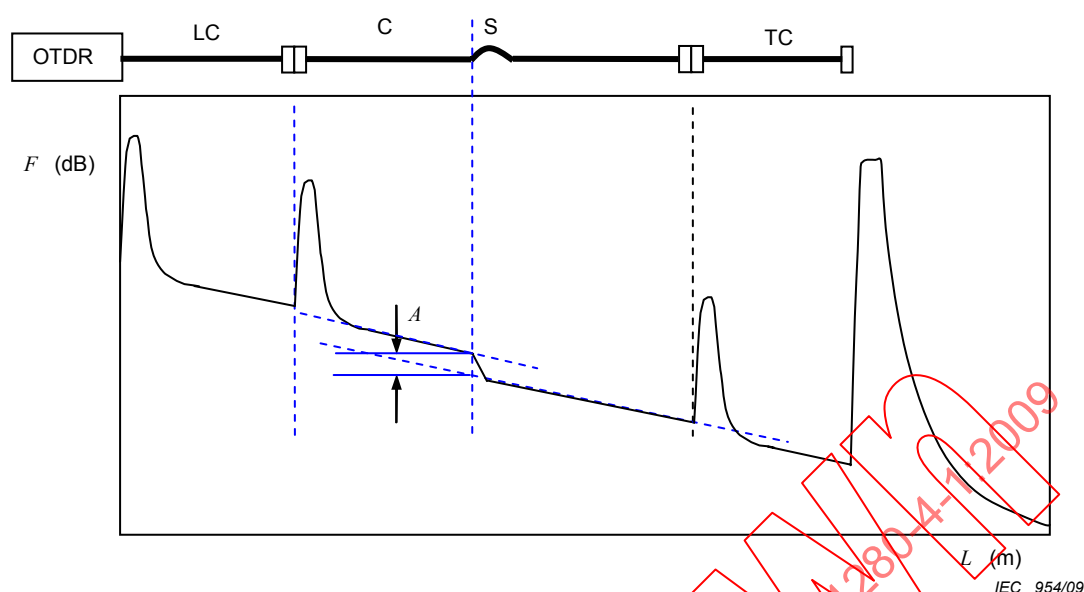
G.4 Other measurement configurations

G.4.1 General

This clause reports some particular measurement configurations that are not part of Annex D.

G.4.2 Macro bend attenuation measurement

Figure G.1 illustrates the proper measurement trace of a macro bend within a cabling. The attenuation of a macro bend is measured using linear regressions on both sides of the macro bend. 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 output port
C	cabling under test	A	splice attenuation
TC	test cord		

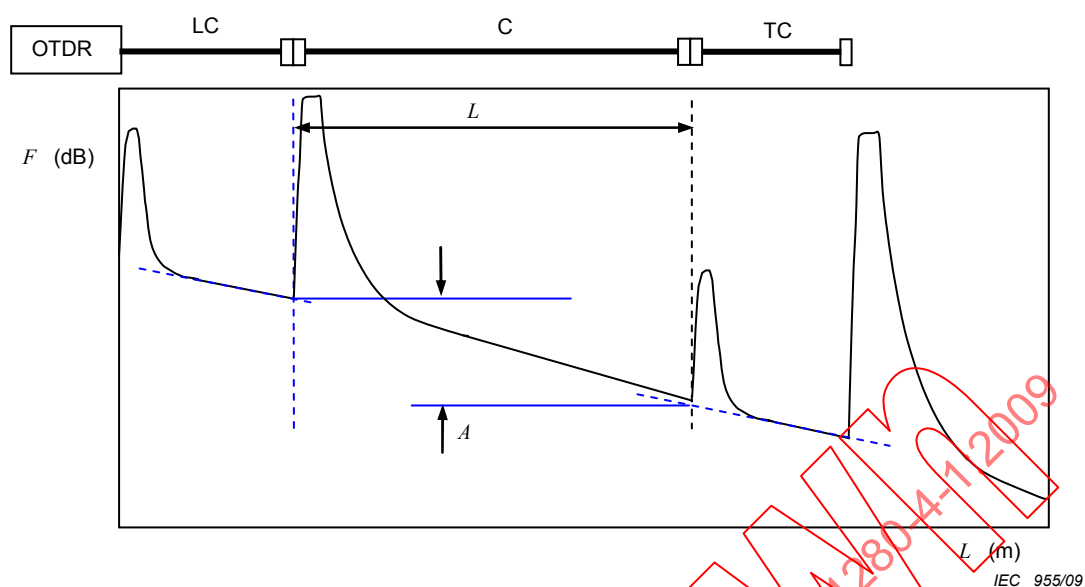
Figure G.1 – Splice and macro bend attenuation measurement**G.4.3 Splice attenuation measurement**

Use the same process as previously defined for a macro bend 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 difficult to measure.

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



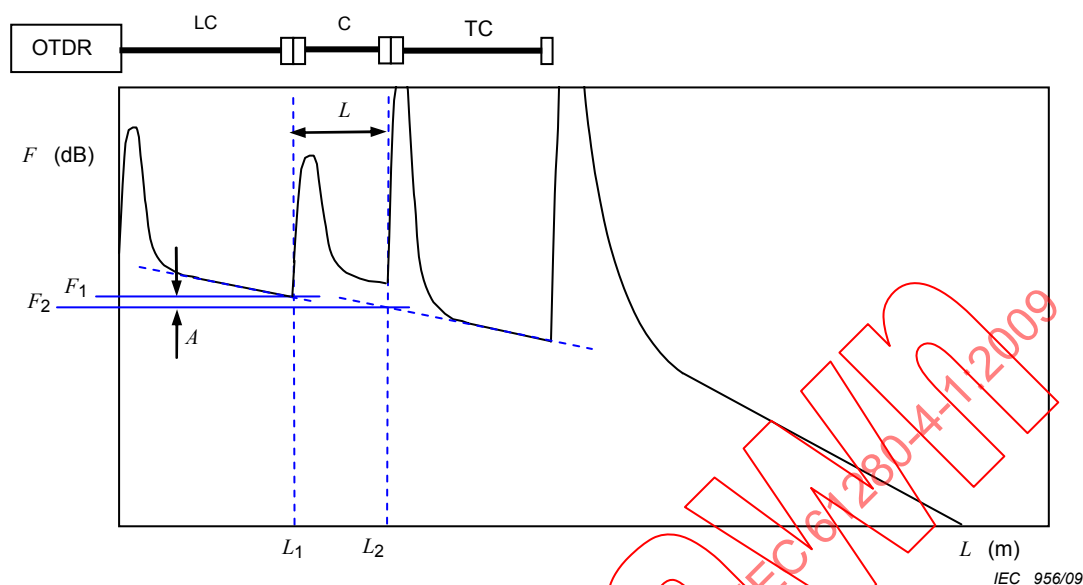
Key

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	test 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 (see D.3.4), while the overall measurement is still available.

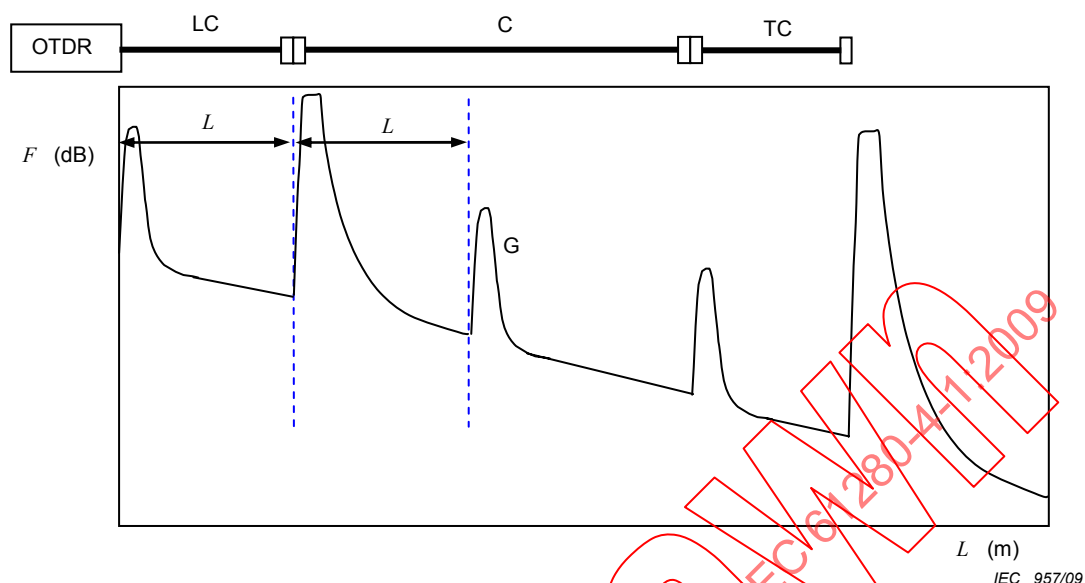
This demonstrates again how it is important to follow the measurement procedure that does not use any part of the tailing signal.

**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	test cord		

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 and resulting ghost. The OTDR software may identify ghosts properly; if not, ghost can be identified when the distance between two events on the optical fibre is duplicated.



Key

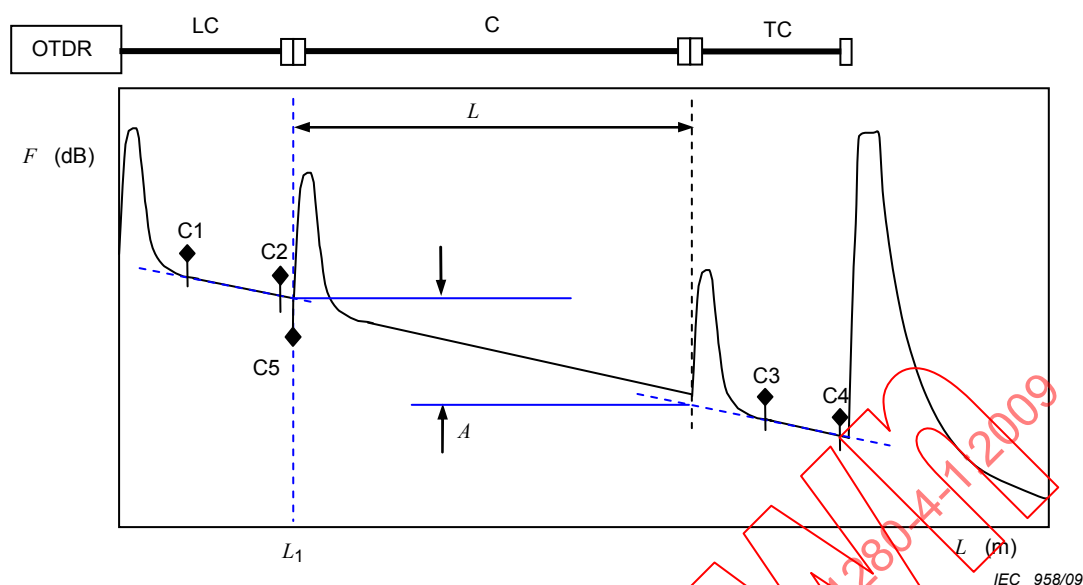
OTDR	optical time domain reflectometer	F	reflected power level
LC	launch cord	L	length of the launching cord (duplicated)
C	cabling under test	G	ghost reflection
TC	test cord		

Figure G.4 – OTDR trace with ghost

G.5 More on the measurement method

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

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



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	test cord	L_1	distance to cabling under test

Figure G.5 – Cursors positioning

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 of 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 reduce the consequence of the noise and nonlinear response due to dead zone effects.

G.6 Bidirectional 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.

Bi-directional testing is required if the fibre characteristics of the test cords differ from those of the cable under test. If the launch cord and tail cord have identical scattering characteristics and it is only the total insertion loss of the link that is required to be measured, then it is sufficient to carry out OTDR testing in one direction only. However, if the launch cord and tail cord have different characteristics from each other or if it is required to measure accurately the insertion loss of individual connector interfaces or other events in the cabling then bi-directional OTDR testing is required.

In order to properly measure the first and last connection for bi-directional averaging, one must keep the launch and tail cords 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 that the effects of mode field mismatch between the test cords and cabling can be averaged out.

An individual 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 and A_{eo} is the attenuation measured in the direction from the extremity to the origin.

See also IEC/TR 62316 for more details.

NOTE Some OTDR may include specific firmware to manage bidirectional measurement.

G.7 Non recommended practices

G.7.1 Measurement without tail test cord

If the tail test 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

OTDR generally provides an easy access to two cursors showing location and power level position as well as the attenuation between the two cursors.

The use of such function is not recommended for qualification because the LSA function is not used and because the measurement location may not be correct.

However such functionality can be useful in an optimization process.

Annex H (informative)

Test cord insertion loss verification

H.1 Introduction

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

Test cord insertion loss performance verification involves measuring the loss of the test cords, and possibly performing steps to obtain acceptably low insertion loss performance, prior to measuring the installed cabling. The maximum acceptable loss may be established in a number of ways, for example, by customer testing requirements, the specifications claimed by the manufacturer of the test cords or by cabling standards. It is not advisable to set acceptance criteria for test cords to levels as high as the minimum performance level (i.e. maximum allowable connection loss) permitted by cabling standards, as the magnitude of this allowance, typically up to 0,75 dB, contributes directly to uncertainty of the measured cabling loss.

The launch cord affects the launch condition. The recommended verification sequence is to first choose a launch cord that is expected 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 loss 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 insertion loss performance.

H.2 Apparatus

The light source, power meter and test cords defined in the main text are required. The launch cords should contain any mode conditioning elements required to bring the launch condition into compliance.

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 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 type A1a 50/125µm optical fibre, a bucket cord containing type A1b 62,5/125µm optical fibre or type A1d 100/140µm optical fibre can be used; when verifying test cords containing type A1b 62,5/125µm optical fibre, a bucket cord containing type A1d 100/140µm 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:

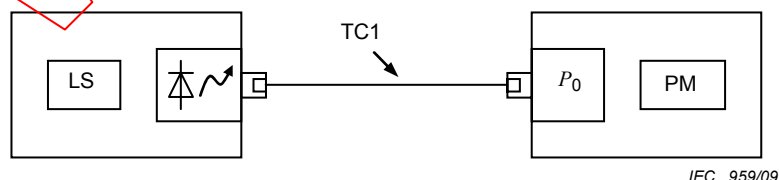
- One-cord and two-cord methods
 - use H.3.1 for test cord interfaces that are non-pinned/unpinned and non-plug/socket connector styles such as LC, SC or other plug/adaptor/plug types;
 - use H.3.2 for test cord interfaces that are of the pinned/unpinned style such as the MT-RJ, or are of the plug/socket style such as the SG.
- Three-cord method
 - use H.3.3 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.3.4 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 bi-directionally. 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 loss formulas assume that power readings are made in absolute linear units such as microwatts (μW) or milliwatts (mW) that must be converted to decibels using logarithms. If the power readings are made in relative logarithmic units such as decibels relative to a milliwatt (dBm), then the loss 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 loss 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, for example by disconnection or mechanical stress, a new reference power level must 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 reference test methods when using non-pinned/unpinned and non-plug/socket style connectors

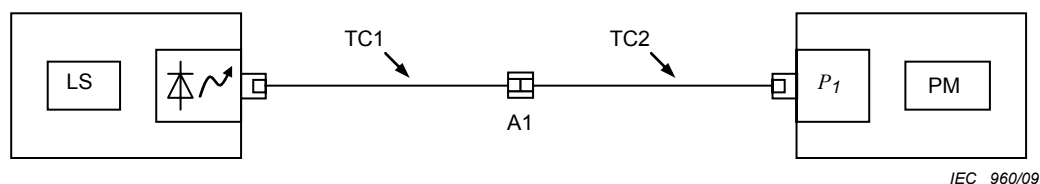


IEC 959/09

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

- 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 loss as $10 \log(P_0/P_1)$ [dB]. Verify loss 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 must 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.

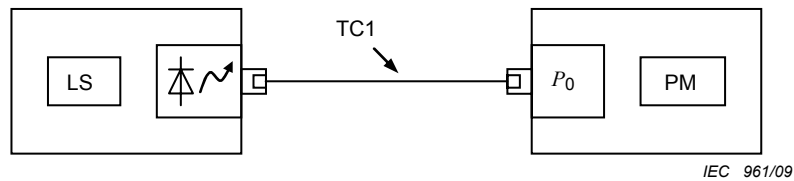
- 4) Disconnect TC2 from the power meter and adapter, interchange the ends, reinsert between adapter and power meter and record a second power level, P_2 .
- 5) Determine the loss as $10 \log(P_0/P_2)$ [dB]. Verify loss is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapter A1, or replace TC1, 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.

H.3.3 Test cord verification for the one-cord and two-cord reference test methods when using pinned/unpinned or plug/socket style connectors

This procedure is subdivided into two parts, one for compatible and another for incompatible interfaces. The procedure of H.3.2.1 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.3.2.2 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.3.3.1 Compatible interfaces

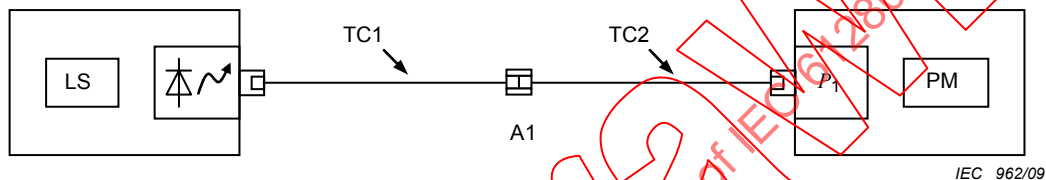
This procedure differs from that of H.3.1 because the cords are assumed to be directional due to their pinning or plug/socket arrangements. In cases where this assumption does not apply, the procedures of H.3.1 are recommended so that bi-directional test cord verification can be established. Cases where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



Key

LS light source
TC1 launch cord
PM power meter

Figure H.3 – Obtaining reference power level P_0



Key

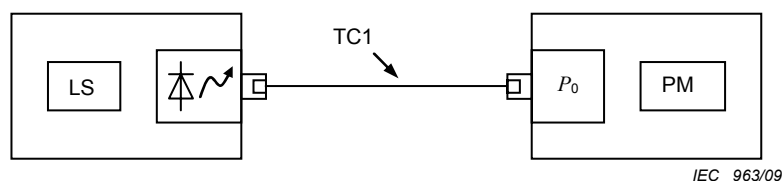
LS light source
TC1 launch cord
A1 connector set
TC2 test cord
PM power meter

Figure H.4 – Obtaining power level P_1

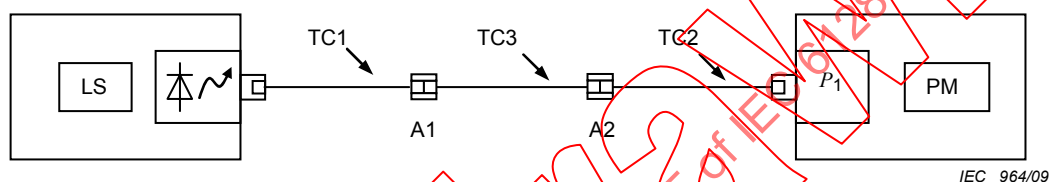
- 1) Obtain reference power measurement P_0 with launch cord TC1 as shown in Figure H.3.
- 2) Insert adapter A1 and receive cord TC2 between TC1 and power meter as shown in Figure H.4 and record P_1 . A socket for plug/socket style connections replaces adapter A1.
- 3) Determine the loss as $10 \log(P_0/P_1)$ [dB]. Verify loss 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).

H.3.3.2 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 insertion loss of this three-cord combination must be sufficiently low so that the combined losses still pass the acceptance criteria for the loss of a single interface. Configurations that necessitate a third cord include those where TC1 and TC2 are both pinned or unpinned, or are both plugs or sockets in a plug/socket style arrangement.

**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		

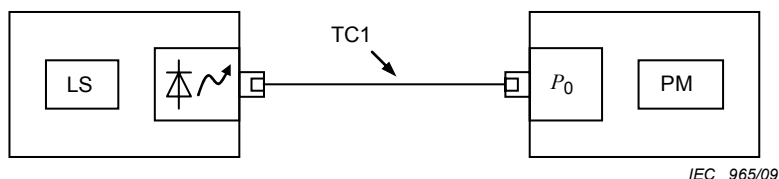
Figure H.6 – Obtaining power level

- 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 loss as $10 \log(P_0/P_1)$ [dB]. Verify loss 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 must 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 loss as $10 \log(P_0/P_2)$ [dB]. Verify loss 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).

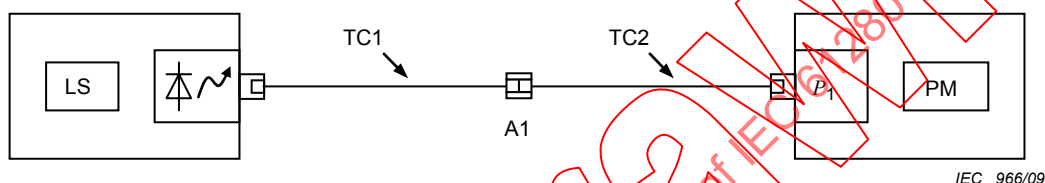
H.3.4 Test cord verification for the three-cord reference test method when using non-pinned/unpinned and non-plug/socket style connectors



Key

LS light source
TC1 launch cord
PM power meter

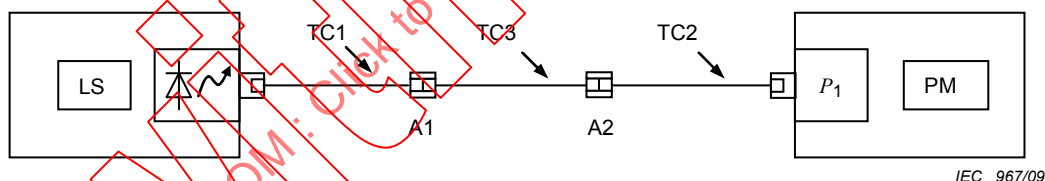
Figure H.7 – Obtaining reference power level P_0



Key

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

Figure H.8 – Obtaining power level P_1



Key

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

Figure H.9 – Obtaining power level P_5

- 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 loss as $10\log(P_0/P_1)$ [dB]. Verify loss 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 must 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 loss as $10 \log(P_0/P_2)$ [dB]. Verify loss 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 loss as $10 \log(P_{\text{ref}}/P_6)$ [dB]. Verify loss 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 loss as $10 \log(P_{\text{ref}}/P_7)$ [dB]. Verify loss 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).

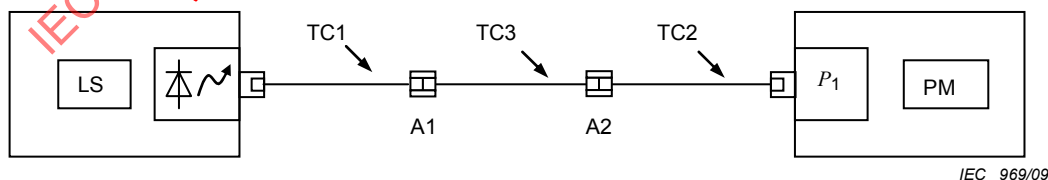
H.3.5 Test cord verification for the three-cord reference test method when using pinned/unpinned or plug/socket style connectors



Key

LS light source
TC1 launch cord
PM power meter

Figure H.10 – Obtaining reference power level P_0



Key

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

Figure H.11 – Obtaining power level P_1

- 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 J.11 and record P_1 . For plug/socket styles, the adapters are replaced by sockets.
- 3) Determine the loss as $10 \log(P_0/P_1)$ [dB]. Verify loss 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 loss as $10 \log(P_0/P_2)$ [dB]. Verify loss 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 must 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 loss as $10 \log(P_0/P_3)$ [dB]. Verify loss 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).

Bibliography

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

IEC 61930, *Fibre optic graphical symbology*

IEC/TR 61931, *Fibre optics – Terminology*

IEC/TR 62316, *Guidance for the interpretation of OTDR backscattering traces*

ISO/IEC 11801, *Information technology – Generic cabling for customer premises*

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

ISO/IEC 24702, *Information technology – Generic cabling – Industrial premises*

ISO/IEC 24764, *Information technology – Generic cabling for data centre premises*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	65
1 Domaine d'application	67
2 Références normatives	67
3 Termes, définitions, symboles graphiques et acronymes	68
3.1 Termes et définitions	68
3.2 Symboles graphiques	69
3.3 Acronymes	71
4 Méthodes de mesure	71
4.1 Généralités	71
4.2 Configurations de l'installation de câblage et méthodes d'essai applicables	72
4.3 Vue d'ensemble des incertitudes	73
4.3.1 Généralités	73
4.3.2 Cordons d'essai	73
4.3.3 Conditions d'injection à la connexion avec l'installation de câblage à l'essai	73
4.3.4 Source optique	74
4.3.5 Référence de puissance de sortie	74
4.3.6 Référence de puissance reçue	74
5 Appareillage	74
5.1 Généralités	74
5.2 Source lumineuse	74
5.2.1 Stabilité	74
5.2.2 Caractéristiques spectrales	74
5.2.3 Cordon d'amorce	75
5.3 Cordon de réception ou de fin de fibre	75
5.4 Cordon de remplacement/fictif	75
5.5 Mesureur de puissance – Méthodes MPSL seulement	76
5.6 Appareillage de l'OTDR	76
5.7 Equipement de nettoyage et d'examen de la face d'extrémité des connecteurs	76
5.8 Raccords	77
6 Procédures	77
6.1 Généralités	77
6.2 Procédures courantes	77
6.2.1 Précautions relatives aux cordons d'essai	77
6.2.2 Effectuer des mesures de référence (méthodes MPSL seulement)	77
6.2.3 Vérifier et nettoyer les extrémités des fibres de l'installation de câblage	77
6.2.4 Effectuer les mesures	77
6.2.5 Effectuer les calculs	78
6.3 Étalonnage	78
6.4 Sécurité	78
7 Calculs	78
8 Documentation	78
8.1 Informations pour chaque essai	78
8.2 Informations devant être disponibles	78

Annexe A (normative) Méthode de référence par cordon unique	79
Annexe B (normative) Méthode de référence à trois cordons	82
Annexe C (normative) Méthode de référence à deux cordons	84
Annexe D (normative) Réflectomètre optique dans le domaine temporel	87
Annexe E (normatives) Exigences relatives aux caractéristiques de la source pour une mesure multimodale	94
Annexe F (informative) Exemples d'incertitudes de mesure	97
Annexe G (informative) Informations de configuration de l'OTDR	108
Annexe H (informative) Vérification des pertes d'insertion du cordon d'essai	117
Bibliographie	126
Figure 1a – Assemblage embase et fiche	70
Figure 1b – Jeu de connecteurs (fiche, raccord, fiche)	70
Figure 1c – Source lumineuse	70
Figure 1d – Mesureur de puissance	70
Figure 1 – Symboles des connecteurs	70
Figure 2 – Symbole d'une installation de câblage soumise à l'essai	70
Figure 3 – Schéma de l'OTDR	76
Figure A.1 – Mesure de référence	80
Figure A.2 – Mesure d'essai	80
Figure B.1 – Mesure de référence	83
Figure B.2 – Mesure d'essai	83
Figure C.1 – Mesure de référence	85
Figure C.2 – Mesure d'essai	85
Figure C.3 – Mesure d'essai pour les connecteurs de type mâle-femelle	85
Figure D.1 – Mesure d'essai pour la méthode D	89
Figure D.2 – Emplacement des ports de l'installation de câblage à l'essai	90
Figure D.3 – Construction graphique de F_1 et F_2	91
Figure D.4 – Construction graphique de F_1 , F_{11} , F_{12} et F_2	92
Figure E.1 – Exemple de modèle de flux inscrit	95
Figure F.1 – Mesure de puissance initiale	100
Figure F.2 – Vérification de la connexion en classe de référence	100
Figure F.3 – Jonctions à deux épissures	100
Figure F.4 – Jonctions à cinq épissures	101
Figure F.5 – Flux inscrit centré	103
Figure F.6 – Sous-remplissage de flux inscrit	103
Figure F.7 – Flux inscrit saturé	104
Figure F.8 – Pertes L1 avec mandrin	105
Figure F.9 – Pertes L1 avec mandrin et conditionneur de mode	105
Figure F.10 – Pertes L2 (ajustées) avec mandrin	105
Figure F.11 – Pertes L2 (ajustées) avec mandrin et conditionneur de mode	106
Figure F.12 – Pertes L3 (ajustées) avec mandrin	106
Figure F.13 – Pertes L3 (ajustées) avec mandrin et conditionneur de mode	106

Figure G.1 – Mesure de l'affaiblissement des épissures et des macro-courbures	111
Figure G.2 – Mesure d'affaiblissement avec des connecteurs fortement réfléchissants	112
Figure G.3 – Mesure d'affaiblissement d'une installation de câblage de courte longueur	113
Figure G.4 – Tracé de l'OTDR avec pic fantôme	114
Figure G.5 – Positionnement des curseurs	115
Figure H.1 – Obtention du niveau de puissance de référence P_0	119
Figure H.2 – Obtention du niveau de puissance P_1	119
Figure H.3 – Obtention du niveau de puissance de référence P_0	120
Figure H.4 – Obtention du niveau de puissance P_1	120
Figure H.5 – Obtention du niveau de puissance de référence P_0	121
Figure H.6 – Obtention du niveau de puissance	121
Figure H.7 – Obtention du niveau de puissance de référence P_0	122
Figure H.8 – Obtention du niveau de puissance P_1	122
Figure H.9 – Obtention du niveau de puissance P_5	123
Figure H.10 – Obtention du niveau de puissance de référence P_0	124
Figure H.11 – Obtention du niveau de puissance P_1	124
Tableau 1 – Configurations de l'installation de câblage	72
Tableau 2 – Méthodes et configuration des essais	73
Tableau 3 – Exigences spectrales	75
Tableau E.1 – Seuil de tolérance	95
Tableau E.2 – Exigences de flux inscrit pour un câblage de fibres à cœur de 50 μm à 850 nm	96
Tableau E.3 – Exigences de flux inscrit pour un câblage de fibres à cœur de 50 μm à 1 300 nm	96
Tableau E.4 – Exigences de flux inscrit pour un câblage de fibres à cœur de 62,5 μm à 850 nm	96
Tableau E.5 – Exigences de flux inscrit pour un câblage de fibres à cœur de 62,5 μm à 1 300 nm	96
Tableau F.1 – Exemples de pertes attendues (Note 1)	97
Tableau G.1 – Indice de groupe efficace par défaut des valeurs de réfraction	110

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES
DE TÉLÉCOMMUNICATION À FIBRES OPTIQUES –****Partie 4-1: Installations câblées –
Mesure de l'affaiblissement en multimodal**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61280-4-1 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2003, dont elle constitue une révision technique.

Les principales modifications portant sur cette précédente édition sont les suivantes:

- Une méthode de mesure supplémentaire basée sur la réflectométrie optique dans le domaine temporel (OTDR) est rapportée, avec des indications sur les meilleures pratiques d'utilisation de l'OTDR et d'interprétation des tracés de l'OTDR.
- L'exigence concernant les sources utilisées pour mesurer les fibres multimodes passe d'une exigence basée sur le taux de puissance couplée (CPR) et l'exigence relative au

mandrin à une exigence basée sur des mesures en champ proche à la sortie du cordon d'essai d'amorce.

- La mise en valeur de l'importance et la fourniture de directives sur de bonnes pratiques de mesure incluant le nettoyage et l'examen des faces d'extrémité des connecteurs.

Cette version bilingue (2010-07) remplace la version monolingue anglaise.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 86C/879/FDIS et 86C/892/RVD.

Le rapport de vote 86C/892/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61280, présentées sous le titre général *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunications à fibres optiques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Pour cette Partie 4, le nouveau sous-titre sera *Installations câblées*. Les sous-titres des normes existantes dans cette série seront mis à jour lors de leurs prochaines éditions.

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

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

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

PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION À FIBRES OPTIQUES –

Partie 4-1: Installations câblées – Mesure de l'affaiblissement en multimodal

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61280-4 s'applique à la mesure de l'affaiblissement d'une installation de câblage en fibre optique utilisant des fibres multimodes, généralement sur des longueurs allant jusqu'à 2 000 m. Cette installation de câblage peut inclure des fibres multimodes, des connecteurs, des raccords et des épissures.

Les normes de conception des installations de câblage telles que l'ISO/CEI 11801, l'ISO/CEI 24702 et l'ISO/CEI 24764 contiennent les spécifications pour ce type d'installation de câblage. L'ISO/CEI 14763-3, qui prend en charge ces normes de conception fait référence aux méthodes d'essai de la présente norme.

Dans la présente norme, les types de fibres abordées comportent les fibres multimodes de catégorie A1a (50/125 μm) et A1b (62,5/125 μm) spécifiées dans la CEI 60793-2-10. Les mesures d'affaiblissement des autres catégories multimodales peuvent être effectuées en utilisant les approches de la présente norme, mais les conditions de source des autres catégories n'ont pas été définies.

2 Références normatives

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

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

CEI 61280-1-3, *Procédures d'essai de base des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques – Partie 1-3: Procédures d'essai des 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*

CEI 61300-3-35, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-35: Examens et mesures – Examen visuel des faces terminales des connecteurs cylindriques à fibres optiques*

CEI 61315, *Étalonnage de wattmètres pour dispositifs à fibres optiques*

CEI 61745, *Procédure d'analyse d'image d'extrémité pour l'étalonnage des dispositifs d'essai de géométrie des fibres optiques*

CEI 61746, *Étalonnage des réflectomètres optiques dans le domaine de temps (OTDR)*

3 Termes, définitions, symboles graphiques et acronymes

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

3.1 Termes et définitions

3.1.1

affaiblissement

diminution de la puissance optique provoquée par la transmission à travers un support tel qu'une installation de câblage, donnée sous la forme L (dB)

$$L = 10 \log_{10}(P_{\text{in}}/P_{\text{out}})$$

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

3.1.2

mesureur de puissance de la source lumineuse

MPSL

système d'essai consistant en une source lumineuse (SL), un mesureur de puissance (MP) et des cordons d'essai associés 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 et des cordons d'essai associés utilisés pour caractériser et mesurer l'affaiblissement d'une installation câblée et des éléments spécifiques de cette installation câblée

3.1.4

cordon d'essai

cordon à fibres optiques terminé utilisé pour connecter la source ou le détecteur optique à l'installation de câblage ou pour réaliser des interfaces appropriées à l'installation de câblage à l'essai

NOTE Il existe cinq types de cordons d'essai:

- cordon d'amorce utilisé pour connecter la source lumineuse à l'installation de câblage;
- cordon de réception utilisé pour connecter l'installation de câblage au mesureur de puissance (MPSL seulement);
- cordon de fin de fibre fixé à l'extrémité éloignée de l'installation de câblage lorsqu'on utilise un OTDR à l'extrémité proche. Celui-ci constitue un moyen pour évaluer l'affaiblissement de la totalité de l'installation de câblage, y compris la connexion à l'extrémité éloignée;
- cordon adaptateur utilisé pour réaliser une transition entre des connecteurs femelles ou d'autres connecteurs incompatibles dans une configuration d'essai requise;
- cordon de substitution: cordon d'essai utilisé dans une mesure de référence que l'on remplace durant la mesure des pertes de l'installation de câblage soumise à l'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 aménagements 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

[d'après la CEI 61280-1-4]

3.1.8

terminaison de classe de référence

connecteur (3.1.9) **fiche** (3.1.10) avec des tolérances serrées se terminant sur une fibre optique avec des tolérances serrées, tels que les pertes attendues d'une connexion formée par accouplement de deux de ces ensembles sont inférieures ou égales à 0,1 dB

EXEMPLE: il peut être nécessaire par exemple que la tolérance sur le diamètre du cœur soit de $\pm 0,7$ micron (ffs). Les tolérances sur les autres fibres feront l'objet d'études ultérieures.

NOTE 1 Un raccord (3.1.11) dont il est requis qu'il présente ces performances peut être considéré comme appartenant à la terminaison de classe de référence lorsque la configuration d'essai (3.1.6) l'exige.

NOTE 2 Cette définition est encore à l'étude. Lorsqu'une définition plus complète sera disponible dans un autre document, cette définition sera remplacée par une référence.

3.1.9

connecteur

composant qui est normalement fixé à un câble optique ou à un élément d'un appareillage, ayant pour but de permettre des connexions/déconnexions optiques fréquentes de fibres ou de câbles optiques

[Définition 2.6.1 de la CEI/TR 61931]

3.1.10

fiche

partie mâle d'un connecteur

[Définition 2.6.2 de la CEI/TR 61931]

3.1.11

raccord

partie femelle d'un connecteur dans laquelle un ou deux connecteurs mâles sont insérés et alignés

[Définition 2.6.4 de la CEI/TR 61931:1998]

3.1.12

connecteur de type embase

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

NOTE Des exemples comportent le SG et un grand nombre de connecteurs pour environnement hostile.

3.1.13

méthode d'essai de référence

MER

méthode d'essai utilisée pour résoudre un conflit

3.2 Symboles graphiques

Les symboles graphiques qui suivent pour différentes options de connexion ont été adaptés d'après la CEI 61930.

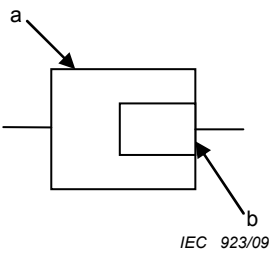


Figure 1a – Assemblage embase et fiche

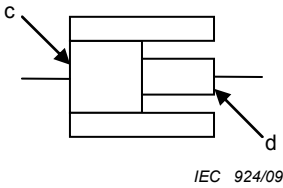


Figure 1b – Jeu de connecteurs (fiche, raccord, fiche)

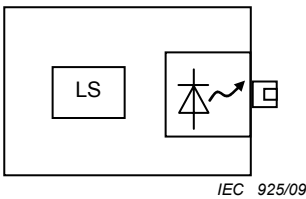


Figure 1c – Source lumineuse

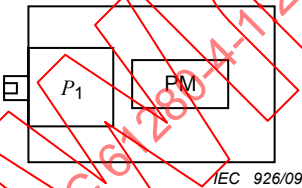


Figure 1d – Mesureur de puissance

Légende

a	embase
b	fiche
c	assemblage fiche-raccord
d	fiche insérée dans un assemblage fiche-raccord
LS	source lumineuse
PM	mesureur de puissance

Figure 1 – Symboles des connecteurs

NOTE 1 Sur la Figure 1b et ailleurs dans la présente norme, les fiches sont représentées avec des tailles différentes pour indiquer le caractère directionnel lorsque l'installation de câblage comporte des raccords connectés à l'avance et que le cordon d'essai n'en comporte pas, ou inversement. Sur la Figure 1b, un raccord est connecté à l'avance sur la fiche située à gauche.

NOTE 2 Les terminaisons de classe de référence sont représentées en gris.

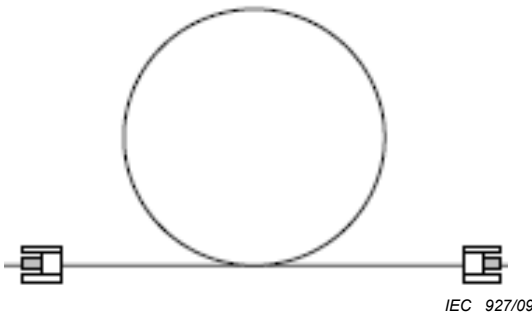


Figure 2 – Symbole d'une installation de câblage soumise à l'essai

Sur les figures qui illustrent les configurations de mesure des Annexes A à D, l'installation de câblage soumise à l'essai est illustrée par une boucle, comme représenté à la Figure 2. Bien qu'elle ne soit illustrée que comme une simple boucle de fibre, elle peut contenir des épissures et des connecteurs supplémentaires, en plus des connecteurs terminaux. On notera que pour mesurer l'affaiblissement de cette installation de câblage, on considère séparément les pertes associées aux connecteurs terminaux de celles de l'installation de câblage en elle-même.

NOTE 3 L'installation de câblage est représentée à la Figure 2 avec des raccords connectés à l'avance et les fiches qui y sont branchées sont associées aux fiches du cordon d'essai de la classe de référence.

3.3 Acronymes

Les acronymes suivants sont utilisés:

EF	flux inscrit (<i>encircled flux</i>)
LSA	approximation aux moindres carrés (<i>least squares approximation</i>)
LSPM	mesureur de puissance de la source lumineuse (<i>light source power meter</i>)
OTDR	réflectomètre optique dans le domaine temporel (<i>optical time domain reflectometer</i>)
RTM	méthode d'essai de référence (<i>reference test method</i>)

4 Méthodes de mesure

4.1 Généralités

Quatre méthodes de mesure sont désignées. Les quatre méthodes de mesure utilisent des cordons d'essai comme interface avec l'installation câblée et sont désignées par:

- méthode de référence à un seul cordon;
- méthode de référence à trois cordons;
- méthode de référence à deux cordons;
- méthode par réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR).

Les trois premières méthodes utilisent une source optique lumineuse et un mesureur de puissance (MPSL) pour mesurer les niveaux de puissance d'entrée et de sortie de l'installation de câblage à l'essai pour déterminer l'affaiblissement. La différence fonctionnelle principale entre ces méthodes est la façon dont on mesure le niveau de puissance d'entrée, appelé niveau de puissance de référence, et ainsi, l'inclusion ou l'exclusion des pertes associées aux connexions avec l'installation de câblage à l'essai, et les incertitudes associées à ces connexions. Le processus de mesure du niveau de puissance d'entrée est couramment appelé « prise du niveau de puissance de référence » ou « normalisation ».

L'utilisation du terme « référence » dans la description des méthodes d'essai se réfère au procédé de mesure de la puissance d'entrée et non à l'état de l'essai.

La méthode de référence à un seul cordon comporte l'affaiblissement associé aux connexions aux deux extrémités de l'installation de câblage à l'essai. La méthode de référence à trois cordons s'efforce d'exclure l'affaiblissement des connexions aux deux extrémités de l'installation de câblage à l'essai. La méthode de référence à deux cordons comporte normalement l'affaiblissement associé à l'une des connexions de l'installation de câblage à l'essai.

NOTE L'affaiblissement maximal admissible de l'installation de câblage spécifié pour un système de transmission (par exemple, perte de budget de puissance optique ou pertes d'insertion dans le canal) exclut normalement les connexions effectuées avec l'appareil de transmission. En conséquence, il est approprié d'utiliser la méthode de référence à trois cordons lorsqu'on prévoit de directement connecter l'installation de câblage soumise à l'essai à l'appareil de transmission.

L'OTDR émet des impulsions lumineuses courtes dans l'installation de câblage et mesure la puissance rétrodiffusée en fonction du temps de retard de propagation ou de la longueur sur la fibre. Ceci permet également de déterminer les valeurs d'affaiblissement de chacun des composants de l'installation de câblage. Elle n'exige pas d'effectuer une mesure de référence séparée. Les exigences relatives au cordon d'amorce et au cordon de fin de fibre sont définies à l'Annexe D.

Les incertitudes des méthodes spécifiques sont rapportées dans les annexes respectives. Une vue d'ensemble de ces incertitudes est fournie en 4.2.

Les exigences générales concernant l'appareillage, les procédures et les calculs, qui sont communes à toutes les méthodes, sont indiquées dans le texte principal de la présente norme. Les exigences spécifiques à chaque méthode particulière sont rapportées dans les Annexes A à D. Le texte principal comporte également des procédures associées telles que le nettoyage et l'examen des faces d'extrémité des connecteurs.

4.2 Configurations de l'installation de câblage et méthodes d'essai applicables

La présente norme suppose que l'installation de câblage a l'une des trois formes indiquées dans le Tableau 1. Si l'installation de câblage se termine par un raccord, le cordon d'essai doit se terminer par une fiche et réciproquement.

Tableau 1 – Configurations de l'installation de câblage

Configuration	Description
A	Raccords fixés à des fiches ou des embases fixées aux deux extrémités de l'installation de câblage
B	Fiches aux deux extrémités
C	Mélange, où une extrémité de l'installation de câblage se termine par un raccord et l'autre extrémité se termine par une fiche

Les variantes de la méthode d'essai utilisée pour mesurer l'installation de câblage dépendent de la configuration de l'installation de câblage. Une configuration de câblage courante est par exemple une configuration comportant des raccords ou des connecteurs femelles aux deux extrémités de l'installation de câblage (par l'intermédiaire de panneaux de brassage, par exemple) en attendant d'être connectés à un appareil électronique avec le cordon de l'appareil. Ceci correspond à la configuration A. Dans ce cas, on utilise la méthode de référence à un cordon pour tenir compte des pertes associées aux deux connecteurs d'extrémité de l'installation de câblage. Un autre exemple est une configuration de câblage pour laquelle les cordons des appareils sont installés aux deux extrémités de l'installation de câblage et sont en attente de connexion à un appareil électronique. Ceci correspond à la configuration B. Dans ce cas, on utilise une méthode de référence à trois cordons pour s'affranchir des pertes des connexions des prises d'extrémité.

La configuration A, B ou C, définit les méthodes d'essai qu'il convient d'appliquer comme décrit dans le Tableau 2. La méthode d'essai de référence donne la meilleure précision de mesure. Dans certaines circonstances spécifiques, on peut invoquer d'autres méthodes d'essai ou d'autres normes, mais elles sont susceptibles d'une moins bonne précision de mesure lorsqu'on les compare à la méthode d'essai de référence. Les terminaisons de classe de référence sur les cordons d'essai comme décrit en 5.2.3, 5.3 et 5.4 doivent être utilisées pour la résolution des conflits, sauf accord contraire.

Tableau 2 – Méthodes et configuration des essais

Configuration	MER	Méthode alternative
A	Annexe A	Annexe B ^a
B	Annexe B	–
C	Annexe C	Annexe B
^a Dans le cas où l'on utilise des connecteurs de type broché/non broché ou fiche/embase, tels que MTRJ, SG ou d'autres connecteurs pour environnement hostile, mais que le mesureur de puissance n'accepte pas le connecteur non broché ou fiche du cordon d'amorce, on peut utiliser la Figure C.3.		
NOTE Ces configurations, MER et les annexes sont dans l'ordre des fréquences que l'on rencontre généralement avec les différentes configurations.		

4.3 Vue d'ensemble des incertitudes

4.3.1 Généralités

Le type de fibre, les terminaisons de l'installation de câblage et la méthode de mesure utilisée, ont une influence sur les incertitudes. Pour des considérations plus détaillées, voir l'Annexe F.

4.3.2 Cordons d'essai

Une principale source d'incertitude met en jeu la connexion de l'installation de câblage terminée à l'appareil d'essai. L'affaiblissement associé aux connexions du cordon d'essai peut être différent de l'affaiblissement présent lorsque l'installation de câblage est connectée à d'autres cordons ou à un autre appareil de transmission. L'utilisation de terminaisons de classe de référence sur les cordons d'essai diminue cette incertitude et améliore la reproductibilité de la mesure, mais l'affectation des pertes acceptables est modifiée, conformément à la liste donnée dans le Tableau F.1.

4.3.3 Conditions d'injection à la connexion avec l'installation de câblage à l'essai

Pour toutes les méthodes, une source supplémentaire d'incertitude est associée à la caractéristique de la source optique en face du cordon d'amorce. Des régions différentes de l'intensité en fonction de la position radiale sont affaiblies différemment, en fonction du nombre de connexions qui se trouvent dans l'installation de câblage et des décalages radiaux entre les cœurs des fibres sur ces points de connexion. La région extérieure est habituellement plus affaiblie que la région intérieure. Ceci est appelé affaiblissement de mode différentiel.

Pour obtenir des mesures pertinentes pour les types de sources que l'on trouve dans un appareil de transmission, on doit utiliser une injection restreinte et non une injection saturée. Les limites de cette injection restreinte (voir l'Annexe E) sont définies de manière à fournir des variations d'affaiblissement de moins de $\pm 10\%$ de l'affaiblissement cible pour un certain nombre de conditions définies lorsque le diamètre de cœur de la fibre du cordon d'amorce est égal à la valeur médiane spécifiée (valeur nominale pour les types de fibre).

Avec la méthode utilisant un OTDR, l'affaiblissement de mode différentiel se produit non seulement à partir du couplage de mode résultant d'une transmission directe à travers chaque connexion, mais également en raison du couplage de mode résultant de la puissance rétrodiffusée à travers chaque connexion en sens inverse. Les limites en champ proche du cordon d'amorce permettent un certain contrôle sur celui-ci mais il n'est pas aussi bien quantifié qu'il l'est pour les méthodes MPSL. Il peut également exister un certain affaiblissement de mode différentiel supplémentaire au niveau du séparateur situé dans l'OTDR situé sur le trajet vers le détecteur qui ne fait pas l'objet d'un essai extérieur. Un essai bidirectionnel (voir l'Article G.6) peut améliorer cette incertitude.

4.3.4 Source optique

Les sources d'incertitude suivantes sont pertinentes pour les mesures d'affaiblissement.

- Longueur d'onde de la source – elle produit des variations d'affaiblissement de la fibre entre la longueur d'onde de la source et la longueur d'onde de l'émetteur du système de câblage.
- Largeur spectrale – de plus grandes largeurs spectrales produisent des variations d'affaiblissement de la fibre entre la longueur d'onde de la source et la longueur d'onde de l'émetteur du système de câblage, des largeurs spectrales plus étroites peuvent introduire un bruit modal.
- Non linéarité du mesureur de puissance – erreur de linéarité du mesureur de puissance.

4.3.5 Référence de puissance de sortie

Pour les méthodes utilisant le MPSL, l'une des sources principales d'incertitude est le rendement de couplage variable entre la source lumineuse et le cordon d'amorce, dû aux tolérances mécaniques. Pour minimiser cette incertitude, il convient d'effectuer une lecture de puissance de référence à chaque fois que la connexion est perturbée par une contrainte sur le connecteur ou par une déconnexion.

Pour les méthodes MPSL, on doit effectuer une mesure de référence pour déterminer la puissance de sortie du cordon d'amorce couplé au câble ou à l'installation câblée à l'essai. Il convient d'effectuer cette mesure à chaque fois que le cordon d'amorce est relié à la source, car ce couplage peut être légèrement différent à chaque fois qu'il est effectué.

4.3.6 Référence de puissance reçue

Si le mesureur de puissance comporte un détecteur suffisamment grand pour recueillir toute la lumière incidente, le couplage du cordon de réception au mesureur de puissance est alors minimum et il doit être décompté. Dans les autres circonstances (pouvant inclure l'utilisation de détecteurs munis de fibres-amorces), l'incertitude introduite doit être incluse dans l'incertitude de mesure globale.

5 Appareillage

5.1 Généralités

On trouve les exigences relatives à l'appareillage qui sont spécifiques à des méthodes particulières dans les Annexes A à D. Certaines des exigences communes à l'appareillage des méthodes MPSL sont incluses dans le présent article.

5.2 Source lumineuse

5.2.1 Stabilité

La source lumineuse est définie à la sortie du cordon d'amorce. Ceci est réalisé en transmettant dans le cordon d'amorce la sortie d'une source rayonnante convenable, telle qu'une diode laser ou électroluminescente. La source doit être stable en position, en longueur d'onde et en puissance pendant toute la durée de la procédure de mesure.

5.2.2 Caractéristiques spectrales

La largeur du spectre de la source lumineuse doit satisfaire aux exigences du Tableau 3, mesurée selon la CEI 61280-1-3.

Tableau 3 – Exigences spectrales

Longueur d'onde au centre nm	Plage de largeur spectrale, largeur complète à la moitié du maximum nm
850 ± 30	30 ^a à 60
1 280 – 1 350	100 ^a à 140
^a Le minimum de la plage de largeur spectrale s'applique uniquement aux méthodes MPSL.	

5.2.3 Cordon d'amorce

La fibre optique qui compose le cordon d'amorce au niveau de la connexion avec l'installation de câblage soumise à l'essai doit être du même type, en termes de diamètre de cœur et d'ouverture numérique, mais pas nécessairement de bande passante, que la fibre optique qui constitue l'installation de câblage soumise à l'essai. À l'exception de la méthode par OTDR, le cordon d'amorce doit avoir une longueur de 1 m à 5 m. Pour la longueur du cordon d'amorce de l'OTDR, voir l'Annexe D.

On doit satisfaire les exigences relatives au profil en champ proche provenant du cordon d'amorce, que l'on trouve à l'Annexe E. On peut obtenir les conditions d'injection requises en incluant un appareil 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 ou le raccord terminant le cordon d'amorce doit être compatible avec l'installation de câblage et il convient qu'il soit de classe référence pour minimiser l'incertitude des résultats de mesure.

5.3 Cordon de réception ou de fin de fibre

La fibre optique qui compose le cordon de réception ou de fin de fibre doit être du même type, de même diamètre nominal de cœur et d'ouverture numérique nominale que la fibre optique qui constitue l'installation de câblage soumise à l'essai.

Le connecteur ou le raccord terminant le cordon d'amorce doit être compatible avec l'installation de câblage et il convient qu'il soit de classe de référence pour minimiser les résultats d'incertitude de mesure.

La terminaison d'un 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 unidirectionnel est effectué, aucune exigence relative à la terminaison de classe de référence n'est exigée pour l'extrémité distante du cordon de fin de fibre utilisé pour l'essai par OTDR. Lorsqu'un essai bidirectionnel est effectué, le cordon de fin de fibre devient le cordon d'amorce (voir l'Annexe I) et doit être conforme à 5.2.3.

5.4 Cordon de remplacement/fictif

La fibre optique constituant le cordon de remplacement/fictif doit être de la même catégorie, de mêmes diamètre nominal de cœur et ouverture numérique nominale que la fibre optique constituant l'installation de câblage à l'essai.

Le connecteur ou le raccord terminant le cordon d'amorce doit être compatible avec l'installation de câblage et il convient qu'il soit de classe de référence pour minimiser l'incertitude des résultats de mesure.

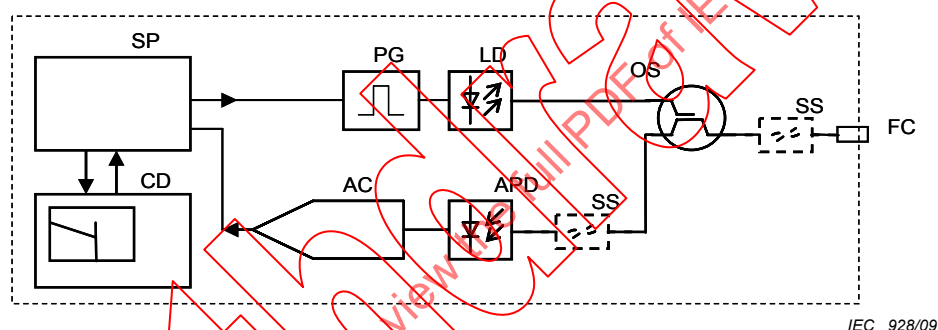
5.5 Mesureur de puissance – Méthodes MPSTL seulement

Le mesureur de puissance doit être capable de mesurer la plage de puissances normalement associée à l'installation de câblage, ce qui inclut les considérations relatives à la puissance injectée dans l'installation de câblage. Le mesureur de puissance doit satisfaire aux exigences d'étalonnage de la CEI 61315. L'appareil de mesure doit avoir une surface de détection d'une dimension suffisante pour recueillir toute la puissance provenant de la fibre à laquelle il est connecté. Si l'on utilise une fibre amorce, cette fibre amorce doit être suffisamment grande pour recueillir toute la puissance provenant du cordon d'essai.

5.6 Appareillage de l'OTDR

La Figure 3 est un schéma de l'appareillage de l'OTDR représenté avec un simple point de fixation. L'Annexe D contient un certain nombre d'exigences plus détaillées relatives à la longueur du cordon d'amorce et à d'autres aspects associés à la mesure par OTDR. Les autres exigences de 5.1 s'appliquent.

Pour obtenir une haute précision et des mesures reproductibles, sans que cela soit obligatoire, il est recommandé d'utiliser soit avant soit après le répartiteur, un brasseur de speckle fonctionnellement équivalent à l'agitateur de fibre décrit dans la CEI 61280-1-4 pour minimiser les effets du bruit modal de cohérence.



Légende

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

Figure 3 – Schéma de l'OTDR

5.7 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. On doit consulter les instructions des fabricants de connecteurs lorsqu'il existe un doute concernant la conformité de l'équipement et des méthodes de nettoyage particulières.

Un microscope compatible avec la méthode à faible résolution de la CEI 61300-3-35 est requis pour vérifier que les faces d'extrémité de la fibre et du connecteur des cordons d'essai sont propres et ne sont pas endommagées. Des microscopes avec des adaptateurs compatibles avec les connecteurs utilisés sont exigés.

5.8 Raccords

Le cas échéant, les raccords 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.

6 Procédures

6.1 Généralités

On trouve les exigences relatives aux procédures spécifiques à des méthodes particulières dans les Annexes A à D.

Les méthodes MPSL nécessitent d'effectuer une mesure de référence avant de mesurer l'installation de câblage. Il convient d'évaluer les appareils avant de commencer l'essai pour vérifier la fréquence à laquelle il convient d'effectuer les mesures de référence. Il convient généralement d'effectuer cette évaluation avant que l'appareil n'ait dérivé de plus de 0,1 dB. L'environnement d'essai (en particulier la température) peut avoir une influence sur la fréquence d'un nouveau référencement.

6.2 Procédures courantes

6.2.1 Précautions relatives aux cordons d'essai

Les extrémités des cordons d'essai doivent être exemptes de poussières ou de salissures et doivent être exemptes de rayures conformément à la CEI 61300-3-35. Si l'on observe une contamination, effectuer un nettoyage en utilisant l'équipement et les méthodes de 5.7.

Lorsqu'on n'utilise pas de cordons d'essai, il convient de protéger leurs extrémités et de les ranger sans les vriller dans des bobines d'un diamètre supérieur à leurs diamètres de courbure minimum.

6.2.2 Effectuer des mesures de référence (méthodes MPSL seulement)

On doit mesurer la puissance de sortie du cordon d'amorce pour chaque longueur d'onde d'essai et on doit l'enregistrer avec un format approprié.

6.2.3 Vérifier et nettoyer les extrémités des fibres de l'installation de câblage

Les extrémités de l'installation de câblage doivent être exemptes de contamination (par exemple, poussières et salissures) conformément à la CEI 61300-3-35. Si l'on observe une contamination, on doit nettoyer la face d'extrémité du connecteur en utilisant l'équipement et les méthodes de 5.6.

6.2.4 Effectuer les mesures

Ceci constitue un procédé itératif pour chaque fibre de l'installation de câblage incluant:

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

NOTE Pour les méthodes MPSL, il peut s'avérer nécessaire de déplacer le mesureur de puissance et le cordon d'essai en réception à l'extrémité éloignée de l'installation de câblage ou on peut utiliser un deuxième mesureur de puissance et un deuxième cordon d'essai en réception.

6.2.5 Effectuer les 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.

6.3 Étalonnage

Les mesureurs de puissance et l'équipement de l'OTDR doivent être respectivement étalonnés conformément à la CEI 61315 et à la CEI 61746.

L'appareil 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.

6.4 Sécurité

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

NOTE Les sources lumineuses utilisées pour l'essai d'une installation de câblage à fibres optiques multimodales sont habituellement des produits de Catégorie 1 et en conséquence, elles sont considérées comme sûres.

7 Calculs

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

8 Documentation

8.1 Informations pour chaque essai

- Procédure et méthode d'essai
- Résultats de mesure incluant:
 - L'affaiblissement (dB)
 - Le niveau de puissance de référence (dBm) (méthodes MPSL uniquement)
 - Le ou les traces de l'OTDR (méthode par OTDR seulement, des deux directions lorsque des mesures bidirectionnelles ont été effectuées)
 - Longueur d'onde (nm)
 - Type de fibre
 - Emplacement de la terminaison
 - Identifiant de la fibre
 - Identifiant du câble
- Date de l'essai.

8.2 Informations devant être disponibles

- Détails des caractéristiques spectrales de la source lumineuse
- Enregistrements d'étalonnage
- Informations indiquant la conformité avec la condition d'injection exigée selon 5.2.3
- Détails relatifs aux cordons d'essai utilisés pour les mesures

Annexe A (normative)

Méthode de référence par cordon unique

A.1 Applicabilité de la méthode d'essai

La mesure par la méthode de référence par cordon unique comporte les pertes des deux connexions à l'installation de câblage soumise à essai. Il s'agit de la MER pour la mesure de l'installation câblée de la configuration A (voir 4.1).

Cette méthode a été rédigée pour le cas où l'on mesure une seule fibre à la fois. Si l'on mesure plusieurs fibres en même temps avec des connecteurs pour plusieurs fibres, les exigences relatives à chaque interface doivent être satisfaites comme s'il s'agissait d'un connecteur unique, comme indiqué dans le texte qui suit. Si des mesures bidirectionnelles sont exigées, les procédures sont répétées par injection par l'autre extrémité.

A.2 Appareillage

La source lumineuse, le mesureur de puissance et les cordons d'essai définis dans le texte principal sont requis.

Ceci est appelé « méthode de référence cordon unique » car on n'utilise qu'un seul cordon d'essai (celui d'amorce) pour la mesure de référence. Cependant, un second cordon d'essai (en réception) est nécessaire. Il convient de vérifier les performances des cordons d'essai avant de commencer l'essai. Ceci est réalisé en connectant le cordon de réception au cordon d'amorce et en mesurant les pertes de la connexion. Pour de plus amples informations, voir l'Annexe H.

Cette méthode nécessite que le cordon d'amorce soit directement relié au mesureur de puissance pour la mesure de référence. Ceci suppose que les connecteurs utilisés dans l'installation de câblage sont compatibles avec le connecteur utilisé dans le mesureur de puissance.

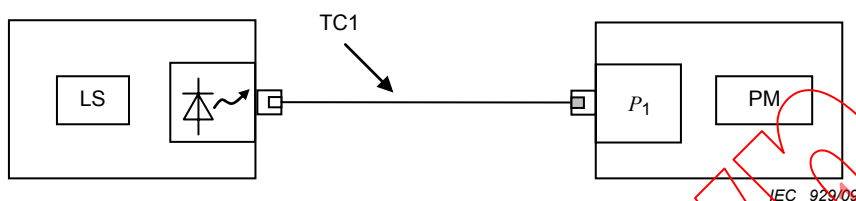
Cette méthode suppose également que:

- Le connecteur du mesureur de puissance est compatible avec celui de l'installation de câblage soumise à l'essai auquel est connecté le cordon d'amorce. Quand cela convient, on peut relier au mesureur de puissance un raccord n'ajoutant pas d'incertitude de mesure supplémentaire. On peut utiliser l'autre méthode (Annexe B) à condition d'identifier l'augmentation de l'imprécision de mesure de cette méthode, et d'appliquer des limites d'essai modifiées de manière appropriée.
- 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'appareil d'essai ou la conception de l'installation de câblage soumise à l'essai rend une telle déconnexion inévitable, on peut alors utiliser l'autre méthode (Annexe B), à condition de reconnaître l'augmentation de l'imprécision de mesure de cette méthode et d'appliquer des limites d'essai modifiées de manière appropriée.

A.3 Procédure

- Connecter la source lumineuse et le mesureur de puissance en utilisant le cordon d'amorce (TC1) comme indiqué sur la Figure A.1.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_1 , qui est la mesure de puissance de référence.

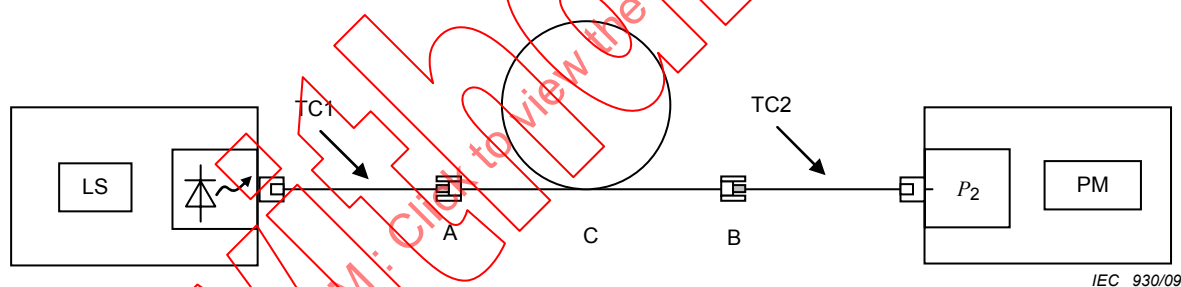
- Déconnecter le mesureur de puissance du TC1.
- NOTE Ne pas déconnecter TC1 de la source lumineuse sans avoir effectué une nouvelle mesure de référence.
- Connecter le mesureur de puissance au cordon de réception (TC2).
 - Connecter TC1 et TC2 à l'installation de câblage soumise à l'essai, comme indiqué à la Figure A.2.
 - Enregistrer la puissance optique mesurée, P_2 , qui est la mesure de la puissance d'essai.



Légende

LS source lumineuse
TC1 cordon d'amorce
PM mesureur de puissance

Figure A.1 – Mesure de référence



Légende

LS source lumineuse
TC1 cordon d'amorce
C câblage soumis à l'essai
TC2 cordon de réception
PM mesureur de puissance

Figure A.2 – Mesure d'essai

NOTE Les terminaisons de classe de référence sont en grisé.

A.4 Calcul

L'affaiblissement, L , est donné par:

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

A.5 Composantes de l'affaiblissement indiqué

Les éléments de l'affaiblissement sont identifiés sur les Figures A.1 et A.2. Ils sont constitués de l'affaiblissement de l'installation de câblage, C et de diverses valeurs d'affaiblissement de connexion, exprimés en dB. L'affaiblissement indiqué, L , est:

$$L = A + B + C \quad (\text{A.2})$$

Les différences entre le résultat indiqué par cette méthode et les autres méthodes MPSL sont illustrées à l'Article F.1.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61280-4-1:2009

Annexe B (normative)

Méthode de référence à trois cordons

B.1 Applicabilité de la méthode d'essai

La méthode de référence à trois cordons s'efforce d'exclure les pertes des deux connexions à l'installation de câblage soumise à l'essai. Il s'agit de la MER pour la mesure de l'installation câblée de la configuration B (voir 4.1) et dans certains cas ou comme le demandent certaines normes externes, on peut l'utiliser à la place des méthodes d'essai spécifiées à l'Annexe A et à l'Annexe C.

Cette méthode a été rédigée pour le cas où l'on mesure une seule fibre à la fois. Si l'on mesure plusieurs fibres en même temps avec des connecteurs à plusieurs fibres, les exigences relatives à chaque interface doivent être satisfaites comme s'il s'agissait d'un connecteur unique, comme indiqué dans le texte qui suit. Si des mesures bidirectionnelles sont exigées, les procédures sont répétées par injection par l'autre extrémité. Pour de plus amples informations, voir l'Annexe H.

B.2 Appareillage

La source lumineuse, le mesureur de puissance et les cordons d'essai définis dans le texte principal sont requis.

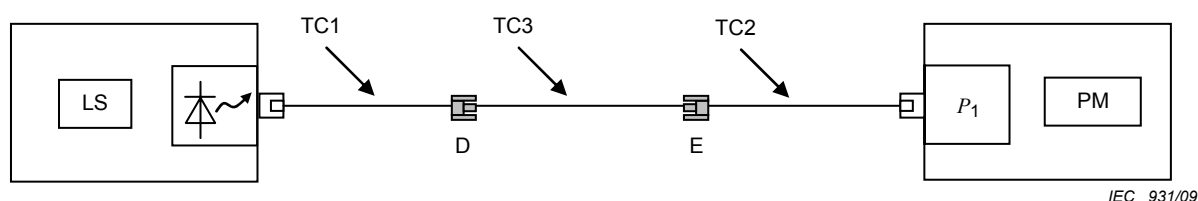
On utilise trois cordons d'essai. Les valeurs d'affaiblissement des connexions entre ces cordons sont critiques vis-à-vis de l'incertitude de la mesure.

B.3 Procédure

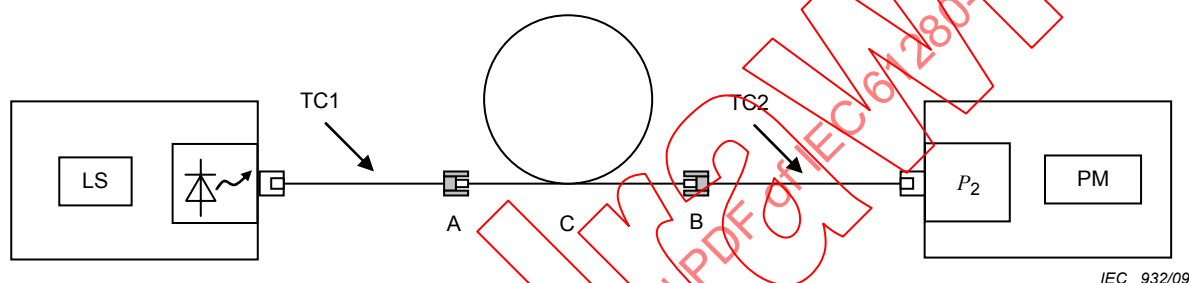
- Connecter le cordon d'amorce (TC1) et le cordon de réception (TC2) à la source lumineuse et au mesureur de puissance, comme indiqué sur la Figure B.1.
- Connecter le cordon de remplacement (TC3) entre TC1 et TC2.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_1 , qui est la mesure de puissance de référence.

NOTE Ne pas déconnecter TC1 de la source lumineuse sans avoir effectué une nouvelle mesure de référence.

- Remplacer le cordon de remplacement par l'installation de câblage soumise à l'essai (en laissant les raccords reliés à TC1 et TC2) comme indiqué sur la Figure B.2.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_2 , qui est la mesure de la puissance d'essai.
-

**Légende**

LS	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	PM	mesureur de puissance
TC3	cordon de remplacement		

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

LS	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	PM	mesureur de puissance
C	câblage soumis à l'essai		

Figure B.2 – Mesure d'essai

NOTE Les terminaisons de classe de référence sont en grisé.

B.4 Calculs

L'affaiblissement, L , est donné par:

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

B.5 Composantes de l'affaiblissement indiqué

Les éléments de l'affaiblissement sont identifiés sur les Figures B.1 et B.2. Ceux-ci sont les valeurs d'affaiblissement de l'installation de câblage, C et diverses valeurs d'affaiblissement de connexion, exprimés en dB. L'affaiblissement indiqué, L , est:

$$L = A + B + C - D - E \quad (\text{B.2})$$

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

Les différences entre le résultat indiqué par cette méthode et les autres méthodes MPSL sont illustrées dans l'Article F.1.

Annexe C (normative)

Méthode de référence 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 assemblage fiche-raccord et l'autre se termine par une fiche. Elle comporte les pertes de l'une des connexions à l'installation de câblage soumise à l'essai. Il s'agit de la MER pour la mesure de l'installation câblée de la configuration C (voir 4.1).

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 comporte les pertes des deux connexions à l'installation de câblage soumise à l'essai. Il s'agit d'une méthode alternative pour la mesure de l'installation câblée de la configuration A (voir 4.1).

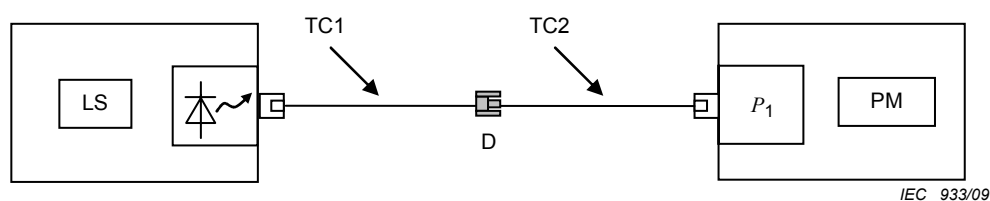
Cette méthode a été rédigée pour le cas où l'on mesure une seule fibre à la fois. Si l'on mesure plusieurs fibres en même temps avec des connecteurs pour plusieurs fibres, les exigences relatives à chaque interface doivent être satisfaites comme s'il s'agissait d'un connecteur unique, comme indiqué dans le texte qui suit. Si des mesures bidirectionnelles sont exigées, les procédures sont répétées par injection par l'autre extrémité. Pour de plus amples informations, voir l'Annexe H.

C.2 Appareillage

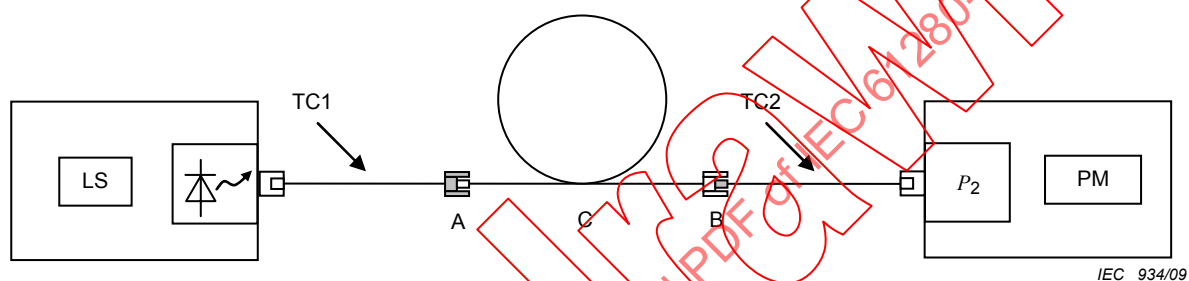
La source lumineuse, le mesureur de puissance et les cordons d'essai définis dans le texte principal sont requis.

C.3 Procédure

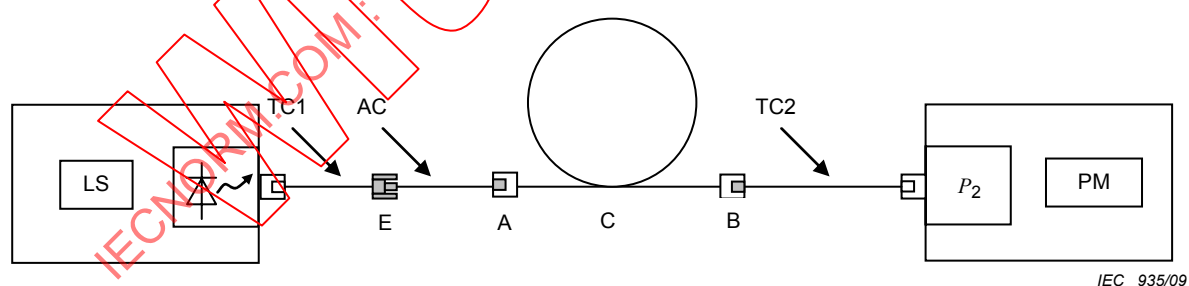
- Connecter le cordon d'amorce (TC1) et le cordon de réception (TC2) à la source lumineuse et au mesureur de puissance et aussi l'un à l'autre, comme indiqué à la Figure C.1.
- Enregistrer la puissance optique mesurée, P_1 , qui est la mesure de puissance de référence.
- Déconnecter TC1 et TC2.
NOTE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

**Légende**

LS	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	PM	mesureur de puissance

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

LS	source lumineuse	TC2	cordon de réception
TC1	cordon d'amorce	PM	mesureur de puissance
C	câblage soumis à l'essai		

Figure C.2 – Mesure d'essai**Légende**

LS	source lumineuse	AC	cordon d'adaptation
TC1	cordon d'amorce	TC2	cordon de réception
C	câblage soumis à l'essai	PM	mesureur de puissance

Figure C.3 – Mesure d'essai pour les connecteurs de type mâle-femelle

NOTE Les terminaisons de classe de référence sont en grisé.

C.4 Calculs

L'affaiblissement, L , est donné par:

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

C.5 Composantes de l'affaiblissement indiqué

Les éléments de l'affaiblissement sont identifiés sur les Figures C.1, C.2 et C.3. Ils sont constitués de l'installation de câblage, C et de diverses pertes de connexion, exprimés en dB.

Dans le cas de la Figure C.2, l'affaiblissement indiqué, L , est:

$$L = A + B + C - D \quad (\text{C.2})$$

Dans le cas de la Figure C.3, l'affaiblissement indiqué, L , est:

$$L = A + B + C + E - D \quad (\text{C.3})$$

Les différences entre le résultat indiqué par cette méthode et les autres méthodes MPSL sont illustrées dans l'Article F.1.

Annexe D (normative)

Réflectomètre optique dans le domaine temporel

D.1 Applicabilité de la méthode d'essai

Cette méthode a été rédigée pour le cas où l'on mesure une seule fibre au moyen d'un réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR) depuis une extrémité d'une liaison ou d'un canal à fibres. Lorsque des mesures bidirectionnelles sont spécifiées (voir l'Article G.6), les procédures de cette annexe sont répétées, mais depuis l'extrémité opposée de l'installation de câblage soumise à l'essai.

D.2 Appareillage

D.2.1 Généralités

Pour effectuer des mesures d'affaiblissement et de longueur sur l'installation câblée, un OTDR, des cordons d'essai et des raccords sont requis. Pour un schéma de l'appareil OTDR, voir 5.4.

Le montage d'essai nécessite un cordon d'essai d'amorce et un cordon d'essai de fin de fibre. Il convient de minimiser la réflectance associée aux connecteurs des cordons d'essai (d'amorce et de fin de fibre) ainsi qu'à l'installation de câblage.

On ne doit pas utiliser de liquides ou de gels d'adaptation 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 en conséquence, on peut mesurer les pertes de la totalité de la section de câblage. Si l'on n'utilise aucun cordon de fin de fibre, il n'y a alors aucune information relative au connecteur d'extrémité distante. En fait, la continuité régulière de la fibre n'est pas assurée, car il peut exister une rupture près de l'extrémité éloignée, ou les fibres peuvent être connectées de manière incorrecte en un point de leur longueur.

D.2.2 OTDR

L'OTDR doit pouvoir utiliser une largeur d'impulsion courte (≤ 20 ns) et avoir une plage dynamique suffisante (> 20 dB) pour réaliser une mesure sur des longueurs allant généralement jusqu'à 2 000 m.

Il convient que l'OTDR ait une zone morte d'affaiblissement inférieure à 10 m (voir G.2.4) derrière les connecteurs standard (c'est-à-dire, un facteur 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 E.

D.2.3 Cordons d'essai

Le type de fibre et les caractéristiques géométriques des cordons d'essai d'amorce et de fin de fibre doivent être les mêmes que ceux de la fibre de l'installation de câblage soumise à l'essai et ils doivent être recouverts de manière à éliminer la lumière de gaine. La longueur à la fois du cordon d'essai 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 à mesurer. Il convient que les fabricants de matériel OTDR recommandent des longueurs. De

plus, ces longueurs doivent être suffisamment grandes pour une adaptation en ligne droite fiable du tracé de rétrodiffusion qui suit la zone morte.

En l'absence d'autres informations, la longueur minimale des cordons d'amorce et de fin de fibre peut être déterminée de façon que leur retard de retour soit égal à la largeur de l'impulsion de l'OTDR multipliée par un facteur approprié. Un facteur de 50 par exemple, multiplié par une largeur d'impulsion générale de 20 ns fournit 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.

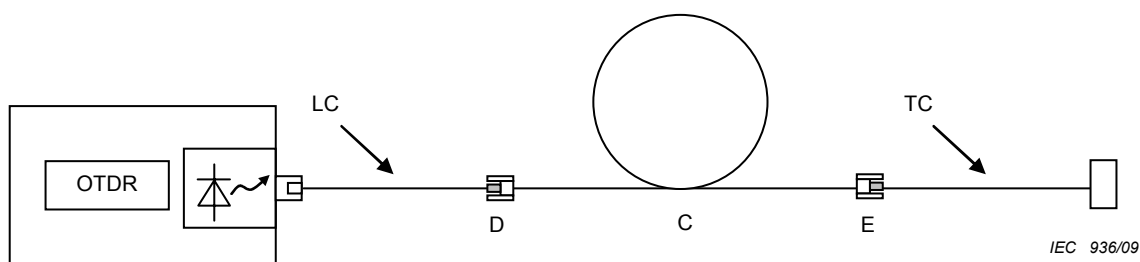
NOTE Un essai bidirectionnel est requis si les caractéristiques de la fibre du cordon d'essai sont différentes de celles de l'installation de câblage à l'essai (voir l'Annexe I).

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

- Il convient de minimiser l'affaiblissement dû aux pertes du fait de l'enroulement induit. Pour ce faire, utiliser un rayon minimum de 45 mm.
- 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 à 5.2.3.
- Utiliser des cordons d'essai de fibre renforcés, par exemple par une gaine extérieure de 3 mm avec un réducteur de tension.
- Il convient de protéger la fibre utilisée dans le cordon. Ceci peut être réalisé en enfermant la majeure partie de la longueur du cordon dans une enceinte ou en utilisant des cordons d'essai entièrement renforcés. Une longueur de fibre du cordon d'essai allant jusqu'à 2 m peut sortir du conteneur pour la connexion à l'OTDR et à l'installation de câblage soumise à l'essai.

D.3 Procédure (méthode d'essai)

- Connecter les cordons d'essai et la source de l'OTDR comme indiqué sur la Figure D.1.
- Configurer l'OTDR en utilisant les règles suivantes:
 - Il convient de sélectionner la largeur d'impulsion la plus courte possible cohérente avec l'acquisition d'un tracé dans une échelle de temps raisonnable, qui soit suffisamment régulière (c'est-à-dire, avec un rapport signal sur bruit suffisant) pour permettre une analyse efficace.
 - Il n'est pas nécessaire que le temps pour effectuer la moyenne soit supérieur à 3 min par tracé. Toutefois, des temps de calcul de la moyenne courts (par exemple, <10 s) donnent généralement des résultats médiocres.
 - Pour mieux comprendre les réglages de l'OTDR, se référer à l'Annexe I.
- Sélectionner la longueur d'onde appropriée.
- Enregistrer le tracé rétrodiffusé.



Légende

OTDR	réflectomètre dans le domaine temporel
LC	cordon d'amorce:
C	câblage soumis à l'essai
TC	cordon d'essai de fin de fibre

Figure D.1 – Mesure d'essai pour la méthode D

NOTE 1 Les terminaisons de classe de référence sont en grisé.

NOTE 2 La Figure D.1 montre le montage pour une installation de câblage se terminant par des assemblages fiche-raccord. D'autres aménagements sont équivalents à condition d'utiliser aux mêmes points les connecteurs correspondants de classe de référence.

D.4 Calcul

D.4.1 Généralités

L'affaiblissement est donné par:

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

Où F_1 et F_2 sont les niveaux de puissance affichés aux ports d'entrée et de sortie de l'installation de câblage soumise à l'essai (voir l'Article D.3).

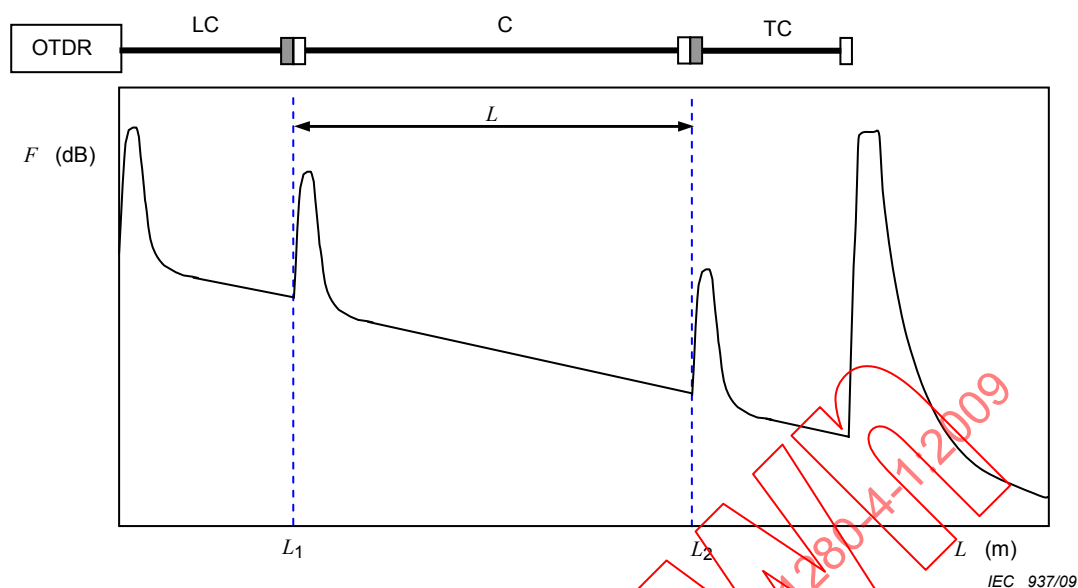
NOTE L'échelle verticale de l'OTDR affiche cinq fois le logarithme de la puissance reçue, plus un décalage constant. L'échelle horizontale de l'OTDR affiche la distance sur la fibre. Celle-ci est calculée en divisant par deux le retard de temps mesuré pour l'aller et retour et par la vitesse de la lumière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

Il est important de localiser convenablement la position des deux connexions et de définir convenablement les niveaux de puissance affichés.

D.4.2 Emplacement des connexions

Les deux connexions de l'installation de câblage soumise à l'essai sont situées au changement de courbure avant les deux crêtes qui représentent les deux connecteurs.

La Figure D.2 représente l'emplacement des connecteurs sur un tracé typique.



Légende

OTDR	réflectomètre optique dans le domaine temporel	F	niveau de la puissance réfléchie
LC	cordon d'amorce	L_1, L_2	emplacements des ports du câblage
C	câblage soumis à l'essai	L	distance depuis le port de sortie de l'OTDR
TC	cordon d'essai de fin de fibre		

Figure D.2 – Emplacement des ports de l'installation de câblage à l'essai

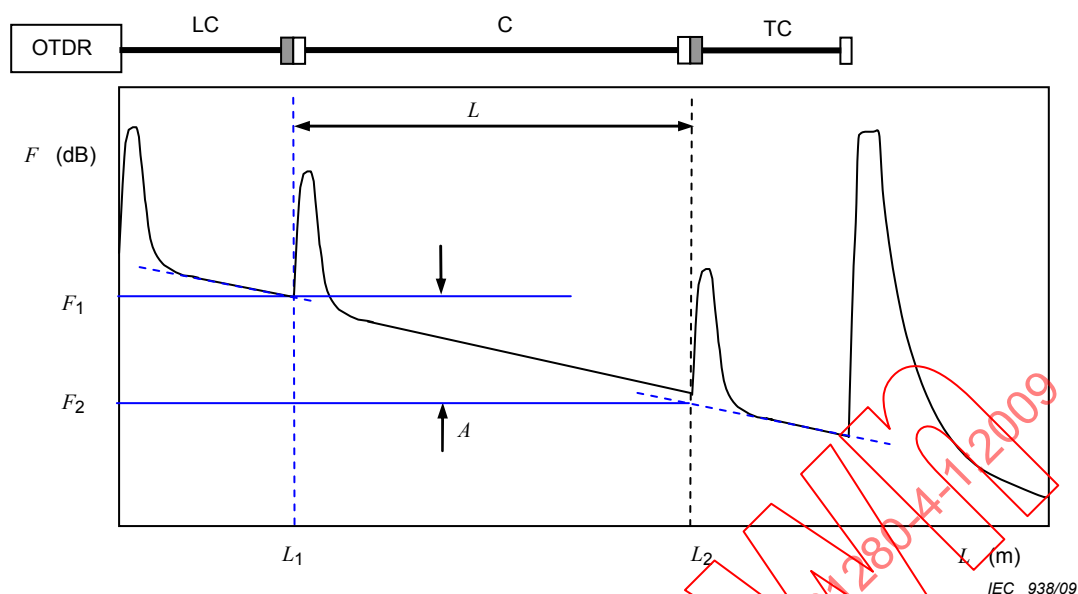
D.4.3 Définition des niveaux de puissance F_1 et F_2

Le niveau de puissance F_1 affiché à l'emplacement L_1 est défini comme l'intersection de la régression linéaire (AMC) obtenue à partir de la partie linéaire de la puissance de rétrodiffusion fournie par le cordon d'essai 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 (AMC) obtenue à partir de la partie linéaire de la puissance de rétrodiffusion fournie par le cordon d'essai de fin de fibre et l'axe vertical à l'emplacement L_2 .

La Figure D.3 représente la position des niveaux F_1 et F_2 sur un tracé typique.

Ce procédé de mesure est également appelé analyse en cinq points avec AMC. Voir également l'Annexe G pour plus de détails.



Légende

OTDR	réflectomètre optique dans le domaine temporel	F	niveau de puissance réfléchi
LC	cordon d'essai d'amorce	L_1, L_2	emplacements des ports de l'installation de câblage
C	câblage soumis à l'essai	L	distance depuis le port de sortie de l'OTDR
TC	cordon d'essai de fin de fibre	F_1, F_2	niveau de puissance affiché en L_1 et L_2
		A	affaiblissement

Figure D.3 – Construction graphique de F_1 et F_2

D.4.4 Calcul alternatif

En variante, l'OTDR peut fournir deux autres niveaux d'affichage F_{11} et F_{12} pour indiquer une analyse détaillée du tracé. Voir la Figure D.4.

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

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

Trois autres affaiblissements sont donnés par:

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

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

$$A_c = F_{11} - F_{21} \text{ (dB)} \quad (\text{D.4})$$

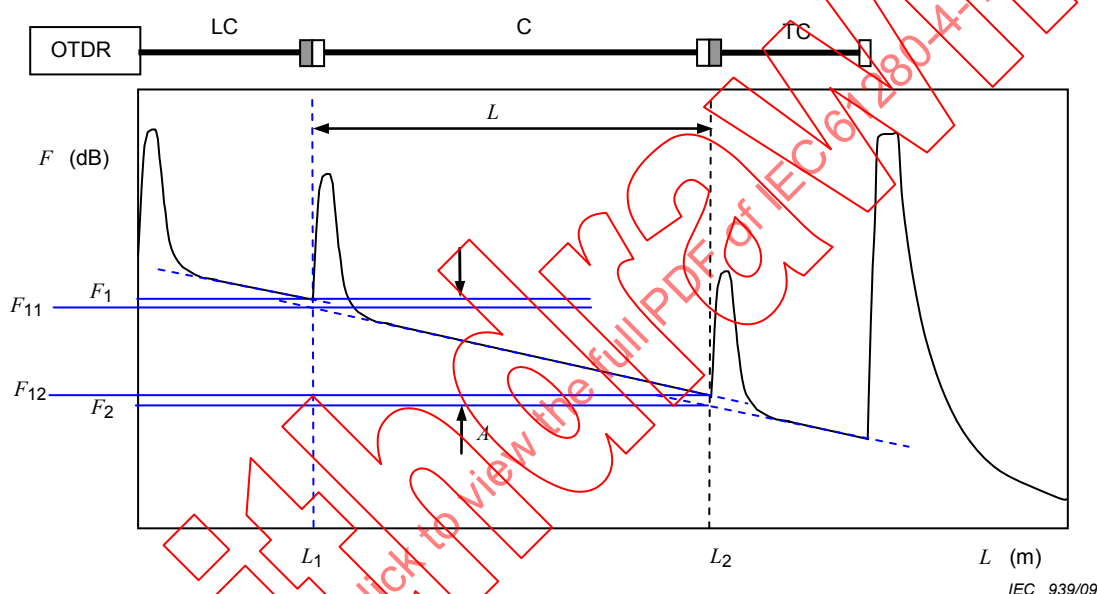
où A_1 est l'affaiblissement du connecteur à l'extrémité proche, A_2 l'affaiblissement du connecteur à l'extrémité éloignée et A_c l'affaiblissement de l'installation de câblage sans connecteurs.

Ce qui conduit à:

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

En supposant que les erreurs de calcul sont négligeables, l'Equation (D.5) a la même validité que l'Equation (D.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 l'installation de câblage
LC	cordon d'amorce	L	distance depuis le port de sortie de l'OTDR
C	câblage soumis à l'essai	F_1, F_2	niveau de puissance affiché en L_1 et L_2
TC	cordon d'essai de fin de fibre	F_{11}, F_{12}	niveau de puissance affiché côté interne de L_1 et L_2
F	niveau de puissance réfléchi	A	affaiblissement

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

D.5 Incertitudes de l'OTDR

En indiquant la mesure, il convient de considérer les sources d'incertitude suivantes:

- Contribution du niveau de bruit – erreurs dues à une grande quantité de bruit gaussien ou due au bruit du système; le bruit est toujours plus élevé à mesure que le niveau de rétrodiffusion s'approche du bruit de fond 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 pour effectuer la moyenne ou en augmentant la largeur des impulsions. Lorsque la

pente de la régression linéaire est disponible (par exemple, en dB/km), une faible pente ou une forte pente sont généralement associées à un niveau de bruit excessif.

- Coefficient de rétrodiffusion – les différences de propriétés intrinsèques entre les cordons d'essai et l'installation de câblage soumise à l'essai peuvent provoquer des variations des pertes apparentes de chacune des connexions. Lorsque par exemple une fibre 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 ayant le coefficient de rétrodiffusion le plus grand. Ceci peut être interprété comme une diminution des pertes apparente et peut même apparaître comme un gain (pertes négatives). Cet effet est appelé amplificateur.
- Forte réflexion – les effets non linéaires dus aux fortes réflexions produisent des erreurs d'affaiblissement, des erreurs de coefficient d'affaiblissement et un élargissement de la zone morte.
- Conditions d'injection – erreurs résultant d'une injection ou de lumière de gaine trop faible ou saturée.
- Longueur d'onde centrale du laser de l'OTDR – elle produit des variations d'affaiblissement dans les fibres entre la longueur d'onde du laser de l'OTDR et la longueur d'onde de l'émetteur du système de câblage.
- Largeur spectrale – associée à la longueur d'onde centrale, des largeurs spectrales plus grandes produisent des variations d'affaiblissement dans les fibres entre la longueur d'onde du laser de l'OTDR et la longueur d'onde de l'émetteur du système de câblage.
- Erreur d'emplacement des curseurs – erreur de placement des curseurs de l'analyseur logiciel ou du traitement manuel des curseurs. Ceci peut conduire à une certaine erreur lorsque les pentes des différentes fibres sont très différentes.

Annexe E (normative)

Exigences relatives aux caractéristiques de la source pour une mesure multimodale

E.1 Flux inscrit

La définition du flux inscrit se trouve en 3.1.5. Il est déterminé d'après la mesure en champ proche de la lumière provenant de l'extrémité du cordon d'amorce.

La mesure en champ proche est réalisée selon la CEI 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 utilisé pour générer la fonction de flux inscrit (EF, *encircled flux*) sous la forme:

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

Où R est une limite d'intégration définie dans la CEI 61280-1-4.

E.2 Limites du flux inscrit

Ces exigences conviennent pour une installation de câblage utilisant des fibres multimodales de catégorie A1a et A1b qui sont définies dans la CEI 60793-2-10 comme des fibres de cœur de 50 μm et 62,5 μm , toutes deux avec un diamètre de gaine de 125 μm . Les exigences concernant les autres catégories de fibres multimodales sont à l'étude.

Les limites relatives au flux inscrit sont déterminées d'après un champ proche cible et un ensemble de conditions aux limites conçues pour limiter la variation d'affaiblissement à partir des variations dans la source à la plus grande des deux valeurs à $\pm 10\%$ ou à $\pm X$ dB, à la valeur qui serait obtenue si on avait utilisé l'injection cible. Seules les pertes de couplage sont prises en compte pour ces valeurs d'affaiblissement.

La théorie conduisant aux limites de flux inscrit est basée sur des hypothèses comportant:

- L'indice de réfraction, les dimensions et la forme du cœur de fibre.
- La largeur spectrale.
- 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 considération. La méthode utilisant un OTDR est basée sur la lumière rétrodiffusée qui est couplée différemment. En conséquence, la compréhension de la relation de la variance de l'affaiblissement obtenue d'un OTDR jusqu'aux limites du flux inscrit est incomplète.

NOTE Les conditions d'injection de la source sont décrites à la sortie du cordon d'amorce. On comprendra que la source, telle qu'elle est fournie, a été vérifiée par le fabricant de l'appareil d'essai pour produire l'injection spécifiée en utilisant un cordon d'essai avec certaines spécifications. Dans le cas où il est nécessaire de remplacer le

cordon d'amorce, on doit obtenir un cordon compatible avec les recommandations du fournisseur de l'appareil d'essai ou le vérifier à l'aide de l'une des procédures de l'Article F.2.

La variable X est un seuil de tolérance qui varie avec la taille du cœur de la fibre et la longueur d'onde conformément aux valeurs du Tableau E.1.

Tableau E.1 – Seuil de tolérance

Seuil dB	Longueur d'onde nm	
Diamètre nominal du cœur de la fibre (μm)	850	1 300
50	0,08	0,12
62,5	0,10	0,15

Le Tableau E.1 est référencé par rapport au diamètre nominal du cœur. Le diamètre du cœur de la fibre dans le cordon d'amorce réel est critique pour obtenir de bonnes performances. Une tolérance meilleure que $\pm 1,0 \mu\text{m}$, à savoir, $\pm 0,7 \mu\text{m}$ est recommandée.

Un exemple de modèle du flux inscrit pour une fibre de $50 \mu\text{m}$ à 850 nm est représenté sur la Figure E.1. Le flux inscrit cible ainsi que le flux inscrit qui serait obtenu par une injection saturée sont également représentés.

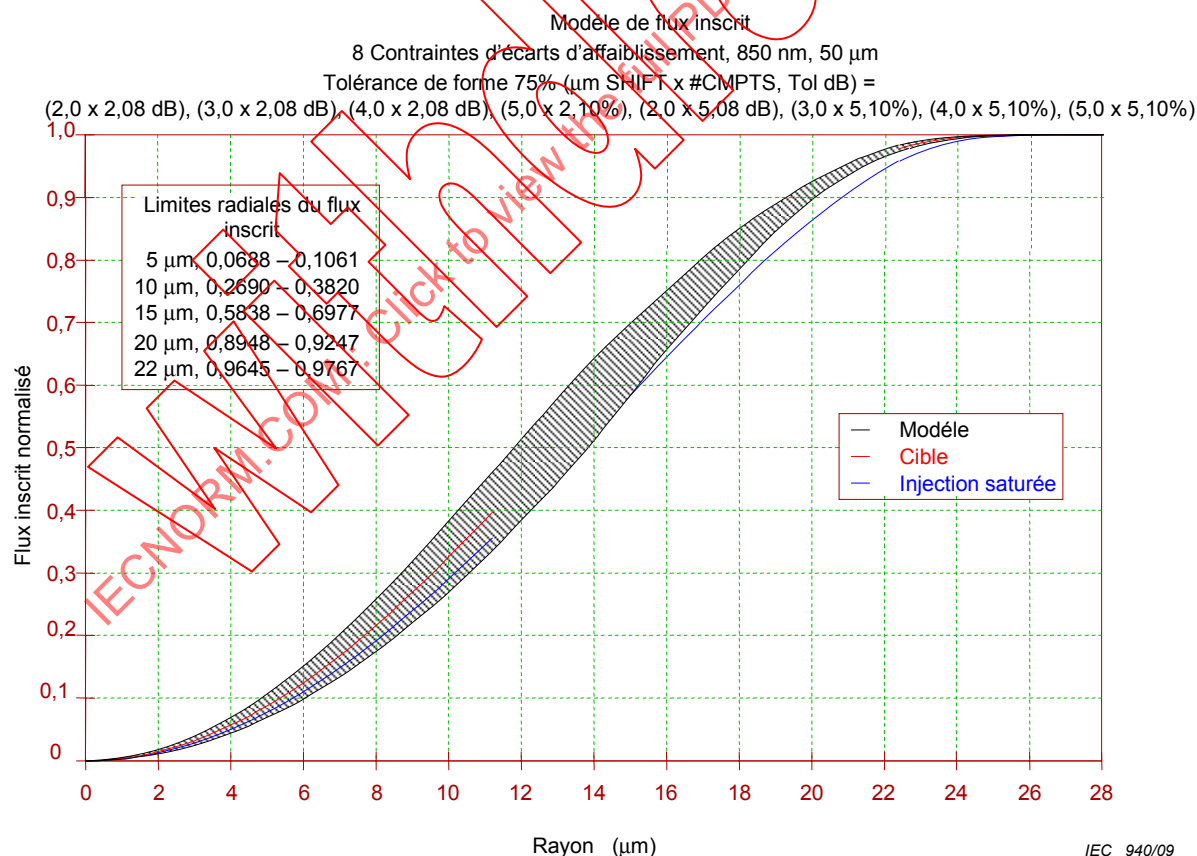


Figure E.1 – Exemple de modèle de flux inscrit

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 et de longueur d'onde. Ces valeurs limites sont données dans les Tableaux E.2 à E.5.

Tableau E.2 – Exigences de flux inscrit pour un câblage de fibres 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 E.3 – Exigences de flux inscrit pour un câblage de fibres 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 E.4 – Exigences de flux inscrit pour un câblage de fibres 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 E.5 – Exigences de flux inscrit pour un câblage de fibres 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

Annexe F (informative)

Exemples d'incertitudes de mesure

F.1 Incertitudes associées à l'utilisation d'une terminaison de classe de référence

Chaque fois que possible, on utilise des connecteurs de classe de référence pour diminuer l'incertitude de mesure. Si un connecteur avec une fibre optique excentrée devait être utilisé, les résultats varieraient en fonction de l'orientation particulière du connecteur du cordon d'amorce par rapport à l'orientation du décalage du connecteur dans l'installation de câblage.

Il est vraisemblable que l'interprétation des pertes de l'installation de câblage mesurées est basée sur une comparaison avec une valeur d'acceptation spécifiée pour fournir un résultat de réussite/échec. Cette valeur d'acceptation peut être basée sur une valeur de pertes totales pour l'installation de câblage ou elle peut être basée sur l'addition des contributions d'affaiblissement de chacun des composants.

L'utilisation de terminaisons de classe de référence sur les cordons d'essai signifie que les pertes de l'installation de câblage mesurées seront généralement inférieures par rapport à l'utilisation de terminaisons de classe standard. Ceci peut signifier que si la valeur d'acceptation est basée sur l'hypothèse de terminaisons de classe standard pour le système final configuré par exemple, alors un certain réglage de la valeur d'acceptation est nécessaire.

Le tableau suivant montre des exemples de pertes entre les différentes combinaisons possibles de terminaisons de classe de référence et de classe standard.

Tableau F.1 – Exemples de pertes attendues (Note 1)

Terminaison 1	Terminaison 2	Exigence d'affaiblissement
Classe de référence MM	Classe de référence MM	$\leq 0,1$ dB
Classe de référence MM	Classe standard MM	$\leq 0,3$ dB
Classe standard MM	Classe standard MM	$\leq 0,5$ dB (note 2)
NOTE 1 Le Tableau F.1 indique les performances requises des terminaisons de classe standard et de classe de référence selon la CEI 60874-19-1. Ces valeurs se retrouvent dans d'autres normes de performances de matériel de connexion, mais pas dans toutes. NOTE 2 Il est requis que 97 % des connexions individuelles satisfassent à cette limite d'affaiblissement. Puisque deux connexions au minimum sont présentes dans l'installation câblée, une valeur de 0,5 dB est citée sur une base statistique.		

Exemple 1 (pour référence à cordon unique)

Un système de câblage multimodal d'une longueur de 100 m se termine sur un panneau de brassage à chaque extrémité. En supposant des connecteurs de classe standard, les pertes attendues atteindraient au total jusqu'à 1,35 dB, en supposant des pertes des fibres optiques câblées de 3,5 dB/km et 0,5 dB par connexion.

Si ce système est mesuré en utilisant la méthode de référence à cordon d'essai unique comme décrit, et en utilisant les terminaisons de classe de référence sur les cordons d'essai, les pertes atteindraient alors jusqu'à 0,95 dB (0,35 dB pour les 100 m de fibre optique plus 0,3 dB pour chaque connexion entre les terminaisons de classe de référence et de classe standard).

Pour chaque connexion entre la classe de référence et la classe standard, c'est-à-dire dans la configuration de mesure, il convient de soustraire un ajustement de 0,2 dB du chiffre d'acceptation.

Exemple 2 (pour référence à trois cordons)

On considère le système de câblage ci-dessus mais avec des cordons de connexion des appareils avec des terminaisons de classe standard connectées aux panneaux de brassage. Les pertes à l'exclusion des connecteurs terminaux sont les mêmes que dans l'exemple 1, c'est-à-dire, 1,35 dB.

Si ceci est soumis à essai en tant que système de câblage se terminant par des fiches en utilisant la méthode de référence à trois cordons d'essai, alors les pertes mesurées seront de 1,75 dB. Ceci suppose 1,35 dB pour l'installation de câblage comme auparavant, plus $2 \times 0,2$ dB, car deux connexions entre classe de référence à classe de référence sont incluses dans la mesure de référence, qui sont remplacées par deux connexions entre classe de référence à classe standard dans le niveau de puissance mesuré à travers l'installation de câblage.

Pour chaque connexion de classe de référence à classe de référence dans la mesure de référence qui est remplacée par une connexion de classe de référence à classe standard dans la configuration de mesure, il convient d'ajouter un ajustement de 0,2 dB au chiffre d'acceptation.

Exemple 3 (Référence à deux cordons, Figure C.3)

On considère le système de câblage ci-dessus, mais avec des cordons de connexion avec des connecteurs de classe standard de type mâle/femelle, tels que MTRJ, connectés à des panneaux de brassage. Pour l'essai de ces systèmes, il est nécessaire d'utiliser la méthode de référence à deux cordons en ajoutant un cordon adaptateur de classe de référence pour terminer la configuration d'essai. Ce cordon adaptateur permet la connectivité mais ajoute également les pertes de la paire de connecteurs accouplés pris comme facteur dans la procédure de référencement, car tous les connecteurs impliqués sont de classe de référence. Toutefois, l'interface du connecteur de classe de référence avec les connecteurs de panneaux de brassage de classe standard ont généralement des pertes inférieures à celles des cordons de brassage de l'équipement. En conséquence, il est nécessaire de réduire les critères d'acceptation de $2 \times 0,2$ dB = 0,4 dB.

F.2 Vérification du champ proche en sortie du cordon d'amorce

F.2.1 Vérification directe

Dans cette approche, on mesure directement à la sortie du cordon d'amorce. Une incertitude principale par rapport aux mesures d'affaiblissement associées à une injection conforme est définie par rapport au diamètre du cœur de la fibre optique dans le cordon d'amorce.

Lorsqu'une fibre optique avec un diamètre de cœur plus grand que la valeur nominale est utilisée, et que l'injection cible est réalisée, les résultats d'affaiblissement seront inférieurs aux résultats que l'on obtiendrait si une fibre optique nominale était utilisée.

Lorsqu'une fibre optique avec un diamètre de cœur plus petit que la valeur nominale est utilisée, et que l'injection cible est réalisée, les résultats d'affaiblissement seront supérieurs aux résultats que l'on obtiendrait si une fibre optique nominale était utilisée.

F.2.2 Vérification vis-à-vis du fabricant de l'appareil d'essai

Pour les méthodes MPSL, l'appareil d'essai comporte généralement une source lumineuse avec un connecteur femelle dans lequel est inséré la fiche d'un cordon d'amorce. Le cordon

d'amorce peut être utilisé directement sans conditionneur de mode auxiliaire, ou il peut inclure un conditionneur de mode fixe, tel qu'un mandrin ou un autre dispositif. Le flux inscrit émis par le cordon d'amorce dépend des caractéristiques de la source lumineuse émergeant de l'extrémité du connecteur femelle, de la connexion du cordon d'amorce au connecteur femelle, de la fibre optique dans le cordon d'amorce, et de tout conditionnement de mode appliqué.

Il convient que le fabricant de l'appareil d'essai fournisse des spécifications relatives au cordon d'essai, compatibles avec la mise en œuvre de la source particulière utilisée. Lorsque la spécification concernant le cordon est satisfaite et qu'il est utilisé avec l'appareil d'essai, il convient d'assurer les exigences relatives au flux inscrit.

F.2.3 Contrôle sur site avec artefact physique

F.2.3.1 Généralités

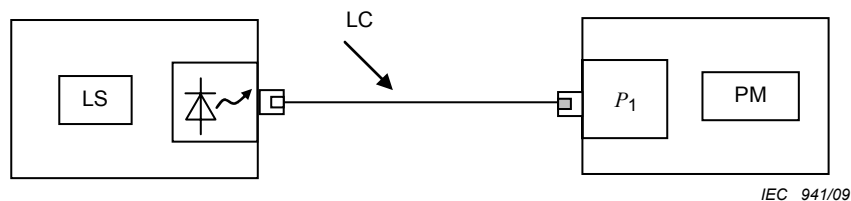
Les techniciens effectuant des mesures sur site peuvent ne pas avoir accès à l'appareil de mesure en champ proche nécessaire pour confirmer les exigences de l'Annexe E. Même si l'appareil d'essai a été qualifié par le fabricant, il peut y avoir des variantes concernant le cordon d'amorce utilisé ou certaines autres variables modifiées. Cet article souligne une procédure pouvant fournir une mesure de contrôle de champ raisonnable. Sur site, la procédure est basée sur des mesures d'affaiblissement d'artefacts physiques. Un fournisseur d'artefacts a caractérisé l'affaiblissement de ces artefacts en utilisant les conditions d'amorce qualifiées par des mesures de flux inscrit.

Le but des mesures d'affaiblissement sur site des artefacts est de procurer un contrôle pouvant fournir une confirmation raisonnable du fait qu'il convient que les mesures de l'installation de câblage soient satisfaisantes. La conformité de cette approche, prenant en compte toutes les variables, reste un point à l'étude.

Le reste de cet article fournit des lignes directrices sur la construction d'un artefact ayant été vérifié expérimentalement. D'autres solutions peuvent exister.

Les limites du flux inscrit sont basées sur des simulations de deux ou cinq concaténations de différentes connexions à décalage d'amplitudes fixe. Celles-ci fournissent des limites qui mettent en évidence un besoin de contrôler de manière plus étroite les variations du rayon extérieur du flux inscrit. Ceci est dû au fait que les connexions à décalage que l'on trouve dans l'installation de câblage produisent un affaiblissement modal différentiel, l'affaiblissement le plus grand étant dans les groupes modaux supérieurs, contribuant de la façon la plus significative à la partie supérieure du rayon du flux inscrit. Les variations de la puissance d'injection de ces groupes modaux supérieurs fournissent les variations les plus grandes dans l'affaiblissement mesuré de l'installation de câblage. En conséquence, un artefact physique doit sonder les groupes modaux supérieurs qui sont émis par le cordon d'amorce.

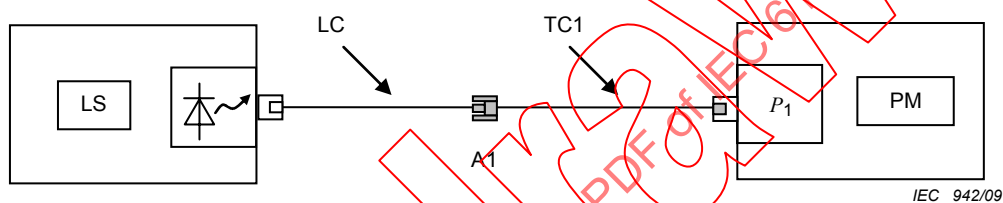
Pour ce faire, une façon consiste à construire certains cordons d'essai avec des terminaisons de classe de référence aux extrémités, et avec une série d'épissures entre les extrémités. Ceci est illustré sur les Figures F.1 à F.4.



Légende

LS source lumineuse
LC cordon d'amorce
PM mesureur de puissance

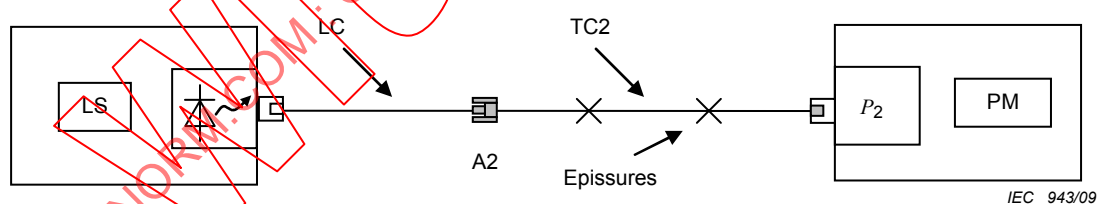
Figure F.1 – Mesure de puissance initiale



Légende

LS source lumineuse
LC cordon d'amorce
A1 ensemble connecteur
TC1 cordon d'essai
PM mesureur de puissance

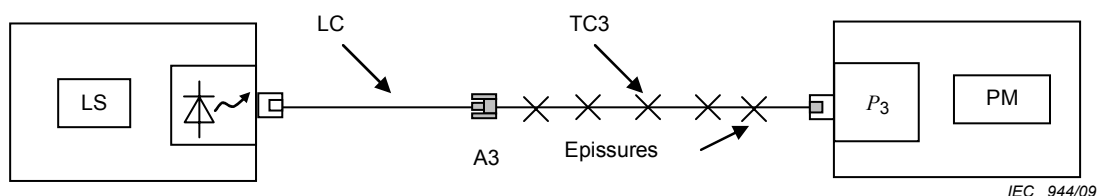
Figure F.2 – Vérification de la connexion en classe de référence



Légende

LS source lumineuse
LC cordon d'amorce
A2 ensemble connecteur
TC2 cordon d'essai
X épissures
PM mesureur de puissance

Figure F.3 – Jonctions à deux épissures



Légende

LS source lumineuse	TC3 cordon d'essai
LC cordon d'amorce	X épissures
A3 ensemble connecteur	PM mesureur de puissance

Figure F.4 – Jonctions à cinq épissures

F.2.3.2 Procédure de caractérisation de l'affaiblissement des artefacts

La procédure suivante s'applique:

- En utilisant un conditionneur de mode sur les mesures de LC et de flux inscrit, amener le flux inscrit sur la cible.
- Relier le LC au PM comme sur la Figure F.1 et mesurer P_0 (toutes les mesures de puissance sont en dBm).
- Relier TC1 au LC et au PM comme sur la Figure F.2 et mesurer P_1 .
- Calculer $L_1 = P_0 - P_1$.
- Vérifier que $L_1 \leq 0,1$ dB.
- Enlever TC1 et fixer TC2 comme sur la Figure F.3 et mesurer P_2 .
- Calculer $L_2 = P_0 - P_2$ et $L_{2ADJ} = L_2 - L_1$.
- Enlever TC2 et fixer TC3 comme sur la Figure F.4 et mesurer P_3 .
- Calculer $L_3 = P_0 - P_3$ et $L_{3ADJ} = L_3 - L_1$.

L_{2ADJ} et L_{3ADJ} sont les affaiblissements cible pour TC2 et TC3.

Répéter la procédure après avoir réglé le flux inscrit aux valeurs de modèle maximale et minimale pour produire les extrêmes d'affaiblissement pour les deux cordons d'essai.

F.2.3.3 Détails de construction

Le flux inscrit est spécifié pour un certain nombre de valeurs de rayon de référence avec une cible, une limite supérieure et une limite inférieure, qui peuvent être considérées comme une cible et des tolérances. La valeur mesurée peut être convertie dans une métrique normalisée fournissant le pourcentage de tolérance totale utilisée (PTU). Le signe de cette métrique est normalement positif pour une saturation par rapport à la cible et négatif pour un sous-remplissage. Une saturation par rapport à la cible se produit lorsque le flux inscrit mesuré est inférieur à la cible.

Dans la procédure, il existe une prescription pour régler le conditionneur de mode de façon que le flux inscrit de sortie soit sur la cible. Pour obtenir les meilleurs résultats, ceci peut être satisfait lorsque le PTU pour le rayon de référence maximum est à moins de $\pm 5\%$ et les autres à moins de $\pm 35\%$. Lorsque le flux inscrit est réglé au maximum ou au minimum du modèle de flux inscrit, il convient que la valeur du rayon de référence maximal du flux inscrit

soit la principale préoccupation. Il est difficile de réaliser un contact avec les limites de modèle de flux inscrit pour tous les rayons de commande.

Il convient que la fibre optique dans les cordons d'essai ait un diamètre de cœur nominal ou simplement légèrement supérieure ($<1\text{ }\mu\text{m}$). Il convient que la longueur de la fibre optique entre les épissures ou les connecteurs soit comprise entre 2 m et 4 m. Dans les résultats expérimentaux, 3 m furent utilisés. Il convient que les épissures aient des décalages compris entre $3\text{ }\mu\text{m}$ et $4\text{ }\mu\text{m}$, correspondant à des pertes de connexion individuelles comprises approximativement entre 0,2 dB et 0,3 dB. Dans les résultats expérimentaux, on a utilisé un appareil à réaliser les épissures avec caractéristique de décalage. Le décalage cible était de $3,5\text{ }\mu\text{m}$.

Toutes les terminaisons doivent être de classe de référence.

F.2.3.4 Exemples de résultats

Les résultats expérimentaux suivants ont été obtenus à partir d'une fibre optique de $50\text{ }\mu\text{m}$ à 850 nm.

On a utilisé deux sources à base de LED avec une pleine largeur à mi-hauteur d'approximativement 35 nm. On a utilisé deux approches de conditionnement différentes pour régler le flux inscrit.

- mandrin – généralement de 25 mm et spires partielles ;
- mandrin plus dispositif de conditionnement de mode.

Avec le mandrin plus le dispositif de conditionnement de mode, on n'a pas pu obtenir le degré de saturation autorisé maximal.

Les Figures F.5 à F.7 montrent les résultats de flux inscrit en termes de pourcentage de tolérance utilisé pour les différents rayons de commande et les deux dispositifs aux limites médiane, inférieure et supérieure du flux inscrit.