

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Fibre-optic communication subsystem test procedures –  
Part 4-2: Installed cable plant – Single-mode attenuation and optical return  
loss measurement**

**Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication à  
fibres optiques –  
Partie 4-2: Installations câblées – Mesure de l'affaiblissement de réflexion  
optique et de l'affaiblissement des fibres unimodales**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

#### IEC Catalogue - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

#### IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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

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

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

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

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

### A propos de l'IEC

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

### A propos des publications IEC

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

#### Catalogue IEC - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

#### Recherche de publications IEC - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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

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

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

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

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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

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

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Fibre-optic communication subsystem test procedures –  
Part 4-2: Installed cable plant – Single-mode attenuation and optical return  
loss measurement**

**Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication à  
fibres optiques –  
Partie 4-2: Installations câblées – Mesure de l'affaiblissement de réflexion  
optique et de l'affaiblissement des fibres unimodales**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XC**  
CODE PRIX

ICS 33.180.01

ISBN 978-2-8322-1665-1

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

## CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references .....	10
3 Terms, definitions, graphical symbols and abbreviations.....	11
3.1 Terms and definitions.....	11
3.2 Graphical symbols .....	13
3.3 Abbreviations.....	14
4 Measurement methods .....	15
4.1 General.....	15
4.2 Cabling configurations and applicable test methods .....	16
4.2.1 Cabling configurations and applicable test methods for attenuation measurements.....	16
4.2.2 Cabling configurations and applicable test methods for optical return loss measurements.....	18
4.3 Overview of uncertainties.....	18
4.3.1 General .....	18
4.3.2 Test cords .....	18
4.3.3 Reflections from other interfaces .....	18
4.3.4 Optical source .....	18
4.3.5 Output power reference .....	19
4.3.6 Received power reference .....	19
4.3.7 Mode field diameter variation.....	19
4.3.8 Bi-directional measurements.....	19
5 Apparatus.....	19
5.1 General.....	19
5.2 Light source .....	19
5.2.1 Stability.....	19
5.2.2 Spectral characteristics .....	20
5.2.3 Launch cord.....	20
5.3 Receive or tail cord.....	20
5.4 Substitution cord.....	21
5.5 Power meter – LSPM methods only.....	21
5.6 OTDR apparatus.....	21
5.7 Return loss test set.....	22
5.8 Connector end-face cleaning and inspection equipment.....	22
5.9 Adapters .....	22
6 Procedures.....	22
6.1 General.....	22
6.2 Common procedures.....	23
6.2.1 Care of the test cords .....	23
6.2.2 Make reference measurements (LSPM and OCWR methods only).....	23
6.2.3 Inspect and clean the ends of the fibres in the cabling.....	23
6.2.4 Make the measurements.....	23
6.2.5 Make the calculations .....	23
6.3 Calibration .....	23

6.4	Safety .....	24
7	Calculations.....	24
8	Documentation .....	24
8.1	Information for each test .....	24
8.2	Information to be made available .....	24
Annex A	(normative) One-cord reference method.....	25
A.1	Applicability of test method .....	25
A.2	Apparatus .....	25
A.3	Procedure .....	25
A.4	Calculation.....	26
A.5	Components of reported attenuation .....	26
Annex B	(normative) Three-cord reference method .....	27
B.1	Applicability of test method .....	27
B.2	Apparatus .....	27
B.3	Procedure .....	27
B.4	Calculations .....	28
B.5	Components of reported attenuation .....	28
Annex C	(normative) Two-cord reference method .....	29
C.1	Applicability of test method .....	29
C.2	Apparatus .....	29
C.3	Procedure .....	29
C.4	Calculations .....	31
C.5	Components of reported attenuation .....	31
Annex D	(normative) Optical time domain reflectometer.....	32
D.1	Applicability of test method .....	32
D.2	Apparatus .....	32
D.2.1	General .....	32
D.2.2	OTDR .....	32
D.2.3	Test cords .....	32
D.3	Procedure (test method) .....	33
D.4	Calculation of attenuation .....	34
D.4.1	General .....	34
D.4.2	Connection location .....	34
D.4.3	Definition of the power levels $F_1$ and $F_2$ .....	35
D.4.4	Alternative calculation.....	36
D.5	Calculation of optical return loss .....	37
D.6	Calculation of reflectance for discrete components .....	39
D.7	OTDR uncertainties .....	40
Annex E	(normative) Continuous wave optical return loss measurement – Method A .....	41
E.1	Applicability of test method .....	41
E.2	Apparatus .....	41
E.2.1	General .....	41
E.2.2	Light source.....	41
E.2.3	Branching device or coupler .....	41
E.2.4	Power meters .....	42
E.2.5	Connector interface .....	42
E.2.6	Low reflection termination.....	42
E.3	Procedure .....	42

E.3.1	Test set characterization.....	42
E.3.2	Measurement procedure.....	44
E.3.3	Calculations.....	44
E.3.4	Measurement uncertainty.....	45
Annex F (normative) Continuous wave optical return loss measurement – Method B.....		46
F.1	Applicability of test method.....	46
F.2	Apparatus.....	46
F.2.1	General requirements.....	46
F.2.2	Known reflectance termination.....	46
F.3	Procedure.....	46
F.3.1	Set-up characterization.....	46
F.3.2	Measurement procedure.....	47
F.3.3	Calculation.....	48
F.3.4	Measurement uncertainty.....	48
Annex G (informative) Measurement uncertainty examples.....		49
G.1	Reduction of uncertainty by using reference grade terminations and related issues.....	49
G.1.1	Motivations for using reference grade terminations on test cords.....	49
G.1.2	Adjusting acceptance limits to allow for different expected losses when using reference grade and standard grade connectors.....	49
G.2	Estimation of the measurement uncertainties.....	51
G.2.1	Measurement uncertainty.....	51
G.2.2	Uncertainty due to the instrument.....	51
G.2.3	Uncertainty due to the source.....	51
G.2.4	Uncertainty due to the device under test.....	52
G.2.5	Example of uncertainty accumulation using a single power meter.....	53
G.2.6	Example of uncertainty accumulation using two power meters.....	54
Annex H (informative) OTDR configuration information.....		55
H.1	Introductory remarks.....	55
H.2	Fundamental parameters that define the operational capability of an OTDR.....	56
H.2.1	Dynamic range.....	56
H.2.2	Pulse width.....	56
H.2.3	Averaging time.....	56
H.2.4	Dead zone.....	56
H.3	Other parameters.....	56
H.3.1	Index of refraction.....	56
H.3.2	Measurement range.....	57
H.3.3	Distance sampling.....	57
H.4	Other measurement configurations.....	57
H.4.1	General.....	57
H.4.2	Macro bend attenuation measurement.....	57
H.4.3	Splice attenuation measurement.....	58
H.4.4	Measurement with high reflection connectors or short length cabling.....	58
H.4.5	Ghost.....	60
H.5	More on the measurement method.....	61
H.6	Bidirectional measurement.....	62
H.7	OTDR bi-directional trace analysis.....	63
H.8	Non recommended practices.....	64
H.8.1	Measurement without tail cord.....	64

H.8.2	Cursor measurement .....	64
Annex I (informative)	Test cord attenuation verification .....	65
I.1	Introductory remarks .....	65
I.2	Apparatus .....	65
I.3	Procedure .....	65
I.3.1	General .....	65
I.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 .....	66
I.3.3	Test cord verification for the one-cord and two-cord reference test methods using pinned/unpinned or plug/socket style connectors .....	67
I.3.4	Test cord verification for the three-cord reference test method using non-pinned/unpinned and non-plug/socket style connectors .....	68
I.3.5	Test cord verification for the three-cord reference test method using pinned/unpinned or plug/socket style connectors .....	70
Annex J (informative)	Spectral attenuation measurement .....	72
J.1	Applicability of test method .....	72
J.2	Apparatus .....	72
J.2.1	Broadband light source .....	72
J.2.2	Optical spectrum analyser .....	72
J.3	Procedure .....	72
J.3.1	Reference scan .....	72
J.3.2	Measurement scan .....	73
J.4	Calculations .....	73
Bibliography	.....	74
Figure 1	– Connector symbols .....	13
Figure 2	– Symbol for cabling under test .....	14
Figure 3	– Configuration A – Start and end of measured losses in reference test method .....	16
Figure 4	– Configuration B – Start and end of measured losses in reference test method .....	17
Figure 5	– Configuration C – Start and end of measured losses in reference test method .....	17
Figure 6	– Typical OTDR schematic .....	21
Figure 7	– Return loss test set illustration .....	22
Figure A.1	– One-cord reference measurement .....	26
Figure A.2	– One-cord test measurement .....	26
Figure B.1	– Three-cord reference measurement .....	27
Figure B.2	– Three-cord test measurement .....	28
Figure C.1	– Two-cord reference measurement .....	30
Figure C.2	– Two-cord test measurement .....	30
Figure C.3	– Two-cord test measurement for plug-socket style connectors .....	30
Figure D.1	– Test measurement for method D .....	34
Figure D.2	– Location of the cabling under test ports .....	35
Figure D.3	– Graphic construction of $F_1$ and $F_2$ .....	36
Figure D.4	– Graphic construction of $F_1$ , $F_{11}$ , $F_{21}$ and $F_2$ .....	37

Figure D.5 – Graphic representation of OTDR ORL measurement.....	38
Figure D.6 – Graphic representation of reflectance measurement .....	39
Figure E.1 – Return loss test set illustration.....	41
Figure E.2 – Measurement of the system internal attenuation $P_{ref2}$ .....	43
Figure E.3 – Measurement of the system internal attenuation $P_{ref1}$ .....	43
Figure E.4 – Measurement of the system reflected power $P_{rs}$ .....	43
Figure E.5 – Measurement of the input power $P_{in}$ .....	44
Figure E.6 – Measurement of the reflected power .....	44
Figure F.1 – Return loss test set illustration .....	46
Figure F.2 – Measurement of $P_{rs}$ with reflections suppressed .....	47
Figure F.3 – Measurement of $P_{ref}$ with reference reflector .....	47
Figure F.4 – Measurement of the system reflected power $P_{rs}$ .....	47
Figure F.5 – Measurement of the reflected power .....	48
Figure H.1 – Splice and macro bend attenuation measurement.....	58
Figure H.2 – Attenuation measurement with high reflection connectors.....	59
Figure H.3 – Attenuation measurement of a short length cabling.....	60
Figure H.4 – OTDR trace with ghost.....	61
Figure H.5 – Cursor positioning.....	62
Figure H.6 – Bidirectional OTDR trace display .....	63
Figure H.7 – Bi-directional OTDR trace loss analysis .....	63
Figure I.1 – Obtaining reference power level $P_0$ .....	66
Figure I.2 – Obtaining power level $P_1$ .....	67
Figure I.3 – Obtaining reference power level $P_0$ .....	67
Figure I.4 – Obtaining power level $P_1$ .....	67
Figure I.5 – Obtaining reference power level $P_0$ .....	68
Figure I.6 – Obtaining power level.....	68
Figure I.7 – Obtaining reference power level $P_0$ .....	69
Figure I.8 – Obtaining power level $P_1$ .....	69
Figure I.9 – Obtaining power level $P_6$ .....	70
Figure I.10 – Obtaining reference power level $P_0$ .....	70
Figure I.11 – Obtaining power level $P_1$ .....	71
Figure J.1 – Result of spectral attenuation measurement .....	73
Table 1 – Cabling configurations.....	16
Table 2 – Test methods and configurations.....	17
Table D.1 – Typical launch and tail cord lengths .....	33
Table G.1 – Expected loss for examples (see NOTE 1).....	49
Table G.2 – Example of uncertainty accumulation using a single power meter .....	53
Table G.3 – Example of uncertainty accumulation using two power meters .....	54
Table H.1 – Example of effective group index of refraction values.....	57

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIBRE-OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –****Part 4-2: Installed cable plant –  
Single-mode attenuation and optical return loss 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 61280-4-2 has been prepared by subcommittee SC86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1999, and constitutes a technical revision.

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

- revision of optical time-domain reflectometer (OTDR) measurements;
- addition of optical return loss (ORL) measurements;
- addition of informative annexes on measurement uncertainties, OTDR configuration, test cord attenuation verification and spectral attenuation measurement.

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

FDIS	Report on voting
86C/1238/FDIS	86C/1261/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.

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

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

The committee has decided that the contents of this 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.**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

## INTRODUCTION

This second edition of IEC 61280-4-2 for testing single-mode cable plant follows on from the second edition of IEC 61280-4-1, dealing with multimode cable plants.

Cabling design standards such as ISO/IEC 11801 for commercial premises, ISO/IEC 24702 for industrial premises, ISO/IEC 24764 for data centres and ISO/IEC 15018 for residential cabling contain specifications for this type of cabling. These standards support cabling lengths of up to 2 km for commercial premises and data centres and up to 10 km for industrial premises. ISO/IEC 14763-3, which supports these design standards, makes reference to the test methods of this standard.

Various recommendations from ITU-T have requirements for longer distance applications including short haul (40 km), long haul (80 km) and ultra long haul (160 km). The testing of cable plant for these is covered in ITU-T Recommendation G.650.3, which makes reference to the test methods of this standard.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

## FIBRE-OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –

### Part 4-2: Installed cable plant – Single-mode attenuation and optical return loss measurement

#### 1 Scope

This part of IEC 61280 is applicable to the measurement of attenuation and optical return loss of installed optical fibre cable plant using single-mode fibre. This cable plant can include single-mode optical fibres, connectors, adapters, splices and other passive devices. The cabling may be installed in a variety of environments including residential, commercial, industrial and data centre premises, as well as outside plant environments.

This standard may be applied to all single-mode fibre types including those designated by IEC 60793-2-50 as Class B fibres.

The principles of this standard may be applied to cable plants containing branching devices (splitters) and at specific wavelength ranges in situations where passive wavelength selective components are deployed, such as WDMs, CWDM and DWDM devices.

This standard is not intended to apply to cable plant that includes active devices such as fibre amplifiers or dynamic channel equalizers.

#### 2 Normative references

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

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

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

IEC 60874-14-2, *Connectors for optical fibres and cables – Part 14-2: Detail specification for fibre optic connector type SC-PC tuned terminated to single-mode fibre type B1*

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

IEC 61300-3-35, *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 61746-1:2009, *Calibration of optical time-domain reflectometers (OTDR) – Part 1: OTDR for single-mode fibres*

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

### 3 Terms, definitions, graphical symbols and abbreviations

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

#### 3.1 Terms and definitions

##### 3.1.1

##### **adapter**

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

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.4]

##### 3.1.2

##### **attenuation**

measure of the reduction of optical power transmitted through the cabling under test

Note 1 to entry: Attenuation ( $L$ ) is determined as the ratio of the input power ( $P_{in}$ ) to output power ( $P_{out}$ ) of the cabling under test, given as

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

Alternatively attenuation may be expressed as  $L = -10 \times \log_{10} \times (P_{out}/P_{in})$ . Both equations are mathematically equivalent, resulting in positive decibel values.

Note 2 to entry: Loss and attenuation are equivalent.

##### 3.1.3

##### **bidirectional measurement**

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

##### 3.1.4

##### **configuration**

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

##### 3.1.5

##### **connector**

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

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.1]

##### 3.1.6

##### **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

##### 3.1.7

##### **optical return loss**

##### **ORL**

ratio of the input power ( $P_{in}$ ) of the cabling under test to the backward power ( $P_r$ ), reflected by the cabling under test, expressed in decibels:

$$ORL = 10 \times \log_{10}(P_{in}/P_r)$$

Note 1 to entry: Optical return loss is a positive number.

**3.1.8**  
**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 and optical return loss of installed cable plant and specific elements within that cable plant

**3.1.9**  
**plug**  
 free connector  
 male part of a connector

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.2]

**3.1.10**  
**reference grade termination**

connector plug with tightened tolerances terminated onto a single-mode 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 0,2 dB

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

Note 2 to entry: This definition is consistent with the reference grade 2 connections defined in IEC 61755-2-4 for non-angled (PC) and IEC 61755-2-5 for angled (APC) cylindrical ferrule connectors. These standards may be referenced for further information.

**3.1.11**  
**reference test method**  
**RTM**

test method used in the resolution of a dispute

**3.1.12**  
**reflectance**

for a discrete component in the cabling, the ratio of the backward power ( $P_r$ ) reflected by the component to the input power ( $P_{in}$ ) into the component, expressed in decibels:

$$\text{Reflectance} = 10 \times \log_{10}(P_r / P_{in})$$

Note 1 to entry: Reflectance is a negative number.

Note 2 to entry: Alternatively, this is referred to (e.g. by IEC 61300-3-6) as the return loss of individual components and is expressed as  $RL = -10 \times \log_{10}(P_r / P_{in})$ , which is a positive number.

**3.1.13**  
**return loss test set**  
**RLTS**

test system consisting of a light source (LS) and internal power meter (PM), directional coupler and additional external power meter and associated test cords used to measure the optical return loss of an installed cabling plant

**3.1.14**  
**socket-style connector**

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

Note 1 to entry: Examples include the SG (IEC 61754-19) and many harsh environment connectors.

### 3.1.15 test cord

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

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

- launch cord: used to connect the light source to the cabling;
- receive cord: used to connect the cabling to the power meter (LSPM only);
- tail cord: attached to the far end of the cabling when an OTDR is used at the near end. This provides a means of evaluating attenuation and optical return loss 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.

### 3.2 Graphical symbols

The following graphical symbols, as shown in Figure 1, for different connection options have been adapted from IEC 61930.

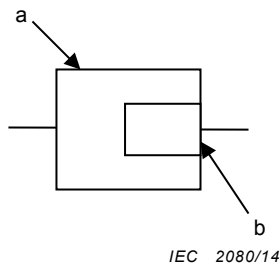


Figure 1a – Socket and plug assembly

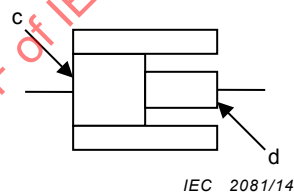


Figure 1b – Connector set (plug, adapter, plug)

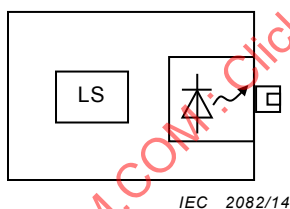


Figure 1c – Light source

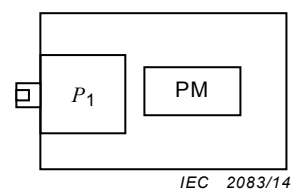


Figure 1d – Power meter

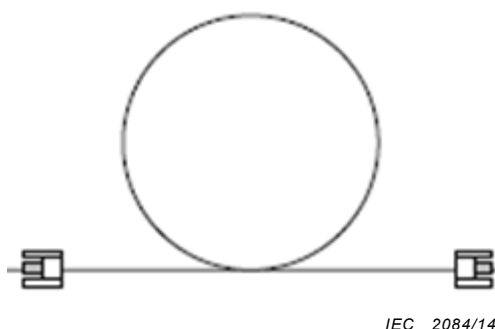
#### Key

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

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 1 – Connector symbols



**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 1 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 Abbreviations

This standard uses the following abbreviations:

APC	angled physical contact (description of connector style)
BBS	broadband source
CW	continuous wave
CWDM	coarse wavelength division multiplexing
DWDM	dense wavelength division multiplexing
FTTH	fibre to the home
LS	light source
LSA	least squares approximation
LSPM	light source power meter
OCWR	optical continuous wave reflectometer
ORL	optical return loss
OSA	optical spectrum analyser
OTDR	optical time domain reflectometer
PC	physical contact (description of connector style that is not angled)
PM	power meter
PON	passive optical network
ROADM	reconfigurable optical add drop multiplexer
RLTS	return loss test set
RTM	reference test method
WDM	wavelength division multiplexing

## 4 Measurement methods

### 4.1 General

Four attenuation measurement methods are designated. The four measurement methods use test cords to interface with 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."

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 produces results that include the attenuation associated with connections at both ends of the cabling under test. The three-cord reference method produces results that attempt to exclude the attenuation of the connections of both ends of the cabling under test. The two-cord reference method normally produces results that include 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.

This standard also defines two types of test methods that can be used for measuring the optical return loss of installed cabling:

- OTDR based method;
- continuous wave method using a return loss test set.

The OTDR method allows the optical return loss of the entire cabling to be measured as well as providing measurements of the reflectance of discrete components or the optical return loss of specific sections of the cabling. The measurement may be carried out in one step from each end of the cabling under test. This method is described in detail in Clause D.5.

The continuous wave method as described in Annex E directly measures the forward power into the cabling under test as an initial measurement step and then compares this with the reflected power measured back through a directional coupler. Additional reference or calibration measurements are required to quantify the attenuation through the directional coupler and to cancel out any internal reflections in the measurement apparatus.

An alternative continuous wave test method is described in Annex F. The forward power level is calculated from indirect measurements and the reflected power measured in a similar way

to the method described in Annex E. Another additional reference measurement of a known reflectance termination is needed to implement this method.

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 F. The main text also includes related procedures such as connector end face cleaning and inspection.

**4.2 Cabling configurations and applicable test methods**

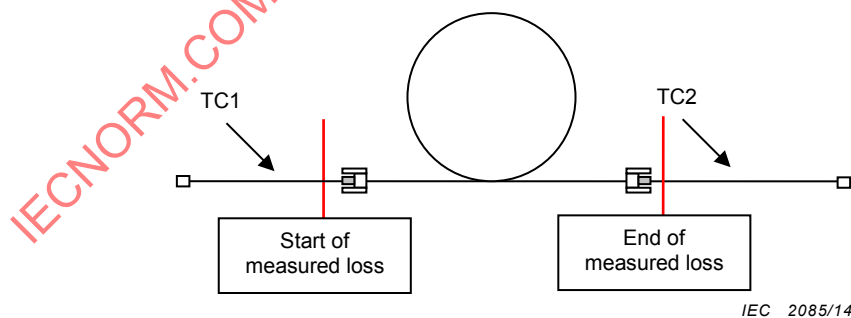
**4.2.1 Cabling configurations and applicable test methods for attenuation measurements**

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

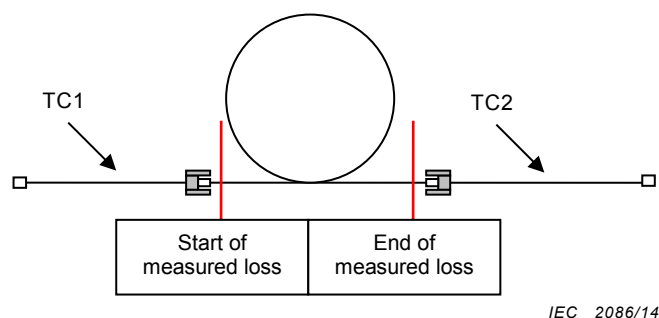
The variations in test method used to measure the cabling are dependent on the cabling configuration. For example, a common cabling configuration is that of having adapters or sockets on both ends of the cabling (e.g. within patch panels) awaiting connection to electronic equipment with an equipment 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 as illustrated in Figure 3.



**Figure 3 – Configuration A – Start and end of measured losses in reference test method**

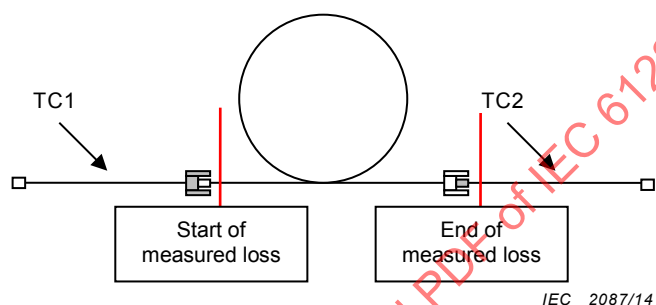
NOTE 1 Figure 3 is an example of cabling in configuration A with test cords TC1 and TC 2 attached, illustrating the start and end point of the measured losses when the reference test method is used (the one-cord reference method as detailed in Annex A).

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.



**Figure 4 – Configuration B – Start and end of measured losses in reference test method**

NOTE 2 Figure 4 is an example of cabling in configuration B with test cords attached, illustrating the start and end point of the measured losses when the reference test method is used (the three-cord reference method as detailed in Annex B).



**Figure 5 – Configuration C – Start and end of measured losses in reference test method**

NOTE 3 Figure 5 shows an example of cabling in configuration C with test cords attached, illustrating the start and end point of the measured losses when the reference test method is used (the two-cord reference method as detailed in Annex C).

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*, Annex D
B	Annex B	Annex D
C	Annex C	Annex B, Annex D
<p>* For situations where pinned/unpinned or plug/socket style connectors are used such as MTRJ, SG or another harsh environment connector where the power meter does not accept the unpinned or plug connector of the launch cord, the method illustrated in Figure C.3 may be used.</p> <p>* Where information is required about the discrete components installed within the cabling under test, Annex D is the only one of these test methods that provides this.</p>		
<p>NOTE These configurations, RTMs and annexes are ordered according to the frequency in which different configurations are typically encountered.</p>		

#### **4.2.2 Cabling configurations and applicable test methods for optical return loss measurements**

Any of the cabling configurations described in 4.2.1 can be measured using any of the three defined ORL test methods in Annexes D, E and F.

The OTDR ORL test method as described in Clause D.5 requires no separate reference measurements to be taken and is least likely to be affected by measurement errors. When the cabling is tested using a suitable launch cord and tail cord, then it is easy to define the start and end points of the ORL measurement as shown in Figure D.5.

The continuous wave ORL test method described in Annex E is likely to provide the most accurate ORL results, provided that reference measurements are carried out correctly and that unwanted reflections are suppressed. In particular, care needs to be taken if a short (<10 km) length of cable is tested with a PC (non-angled) connector at the far end. If this connector is left open, the unwanted reflection from this glass/air interface will dominate the total ORL. Hence the use of a tail cord with PC connection at one end and APC connection at the other in Figure E.1 to suppress the glass/air reflection whilst providing a contribution from a representative reflectance from a connector pair at the far end of the system.

The alternative configuration of CW ORL measurement described in Annex F has no direct measurement of the forward power going into the system under test, and reference measurements are required on known reflectance terminations.

#### **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 G 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 and reflectance associated with the test cord connections may be different from the attenuation and reflectance 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 attenuation is changed as listed in Table G.1.

##### **4.3.3 Reflections from other interfaces**

When conducting optical return loss measurements, reflections from other interfaces can be a significant cause of measurement uncertainty, particularly for the continuous wave method. It is important to configure the cabling under test such that unwanted reflections are suppressed. For example, when testing a short length of cable, a test cord should be coupled to the far end of the cabling under test with an angled connector at the remote end of the test cord. It is also usual for the connector interface to the return loss test set to be an angled connector.

For the OTDR based return loss method, the use of suitably long launch and tail leads can be used to eliminate the effect of unwanted reflections.

##### **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 coherent interference effects.

#### 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 the coupling may be slightly different each time it is carried out.

#### 4.3.6 Received power reference

If the power meter has a detector large enough to capture all 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.

#### 4.3.7 Mode field diameter variation

If the test interfaces have fibres with significant differences in mode field diameters, then additional attenuation may be introduced that will affect the measurement accuracy. The single-mode optical interface standards give details of the attenuation introduced by mode field diameter mismatches, e.g. IEC 61755-2-1 for non-angled interfaces and IEC 61755-2-2 for 8-degree angled interfaces.

#### 4.3.8 Bi-directional measurements

For the LSPM methods of measuring attenuation, the test results from each end should be very similar. Comparing the results from each end to make sure that they are within a certain tolerance (for example 0,5 dB) of each other is a good way to make sure that the measurement results are valid and that no additional uncertainty is present due to measurement errors.

## 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 performance of the light source is defined at the output of the launch cord. This is achieved by transmitting the output of a suitable radiation source, usually a laser, into the launch cord. The source shall be stable in position, wavelength and power over the duration of the entire measurement procedure.

It is recommended that the stability of the source be verified by repeating the reference measurement at the end of the measurement procedure. It should remain within a certain tolerance (typically no more than 0,5 dB) of the initial reference value.

The stability of the light source will directly affect the measurement uncertainty. For measuring low loss systems, a lower value may be required to achieve the required measurement certainty.

### 5.2.2 Spectral characteristics

The wavelengths used for the attenuation measurement should be representative of the wavelengths at which systems will operate over the fibre. For premises cabling and many other applications, this measurement is carried out at nominal wavelengths of 1 310 nm and 1 550 nm.

If other wavelengths are to be used for transmission, additional test wavelengths may also be required. For example, if DWDM applications using the L-band (1 565 nm to 1 625 nm) are to be used, then testing at 1 625 nm as well is recommended; if a passive optical network for FTTH is being tested, then 1 490 nm testing may be required.

If the cabling under test may be used for CWDM systems that cover an extended wavelength range, then either the cabling could be tested at each wavelength individually, or alternatively, a spectral attenuation measurement may be taken to cover the entire wavelength range of interest using a suitable broadband light source and an optical spectrum analyser in place of the light source and power meter. See Annex J for further information.

It is recommended that OTDR testing be carried out on single-mode cabling using at least two wavelengths. This allows attenuation that is due to bending of the fibre to be identified by comparing the traces at the two wavelengths. See H.4.2 for further information on bending loss measurement. Often the wavelengths used are nominally 1 310 nm and 1 550 nm for shorter routes (<40 km) or 1 550 nm and 1 625 nm for longer routes. The wavelength of 1 650 nm, which is sometimes used for maintenance channels, is also very effective for detecting the presence of bends.

If the cabling under test includes wavelength selective elements such as WDM, DWDM or CWDM devices, optical filters, etc., then the spectral width of the light source shall be compatible with the filtering to be used; this may require a very narrow spectral width. Alternatively, the spectral response of the system may be evaluated using a broadband light source and optical spectrum analyser using the procedure described in Annex J.

### 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 as the optical fibre within the cabling under test. Except for the OTDR method, the launch cord shall be no shorter than 2 m, not so long that the attenuation of the fibre has a significant effect on the measurement. See Annex D for the length of the OTDR launch cord.

The connector or adapter terminating the launch cord shall be compatible with the cabling and the termination 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 as the optical fibre within the cabling under test.

The receive cord shall be no shorter than 2 m and not so long that the attenuation of the fibre has a significant effect on the measurement.

The connector or adapter terminating the receive or tail cord shall be compatible with the cabling and the termination 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 cord

The optical fibre within the substitution cord shall be of the same type as the optical fibre within the cabling under test.

The substitution cord shall be no shorter than 2 m and not so long that the attenuation of the fibre has a significant effect on the measurement.

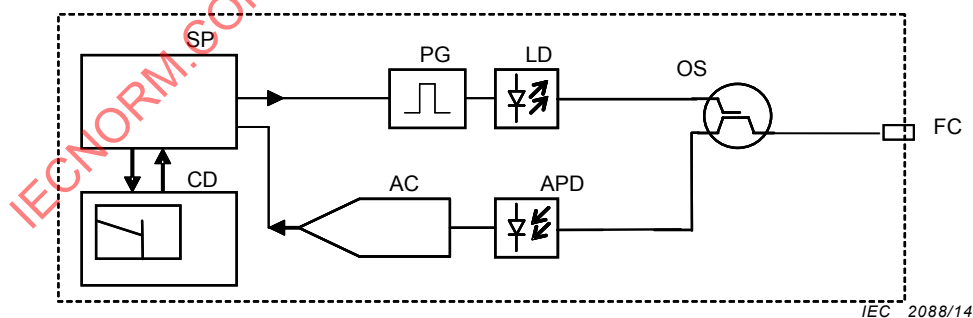
The connectors or adapters terminating the substitution cord shall be compatible with the cabling and the terminations should be of reference grade to minimize the uncertainty of measurement results.

#### 5.5 Power meter – LSPM methods only

The power meter shall be capable of measuring the range of power at wavelengths 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 6 is a schematic of the typical OTDR apparatus shown with a simple attachment point. The OTDR shall meet the calibration requirements of IEC 61746-1. Annex D has some more detailed requirements for the length of the launch cord and other aspects related to the OTDR measurement.



#### Key

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

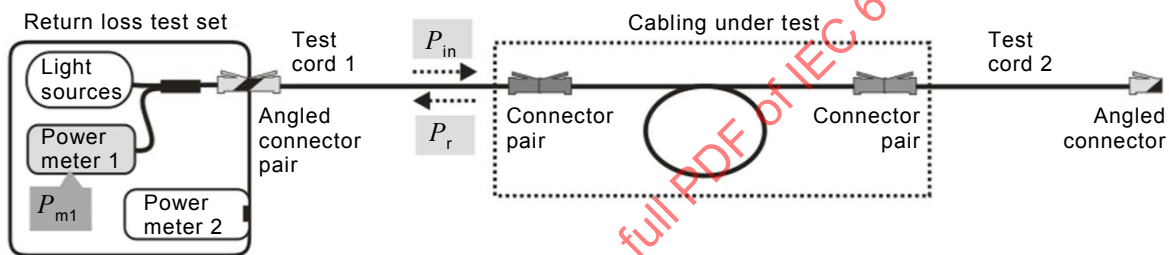
Figure 6 – Typical OTDR schematic

### 5.7 Return loss test set

A return loss test set typically comprises one or more stabilized laser sources. The output from the source passes through a directional coupler to the output port of the RLTS that should be fitted with a low reflectance connection. This should have reflectance that is 10 dB better than the ORL of the cabling under test; an angled connector interface can usually achieve this. The other leg of the directional coupler directs reflected light back to the internal power meter ( $P_{m1}$  on the diagram). A second power meter ( $P_{m2}$  on the diagram) with an external connector interface is often also fitted to measure the power level that is input to the cabling under test.

Alternative configurations are possible, including the use of a second return loss test set to measure the power input to the cabling under test, provided that the attenuation through the connector interface and the directional coupler can be calibrated out.

In a typical measurement configuration as shown, test cords are required to interface to the cabling under test and to suppress unwanted reflections through the use of angle polished connectors.



IEC 2089/14

Figure 7 – Return loss test set illustration

### 5.8 Connector end-face cleaning and inspection equipment

Cleaning equipment (including apparatus, materials, and substances) and the methods to be used shall be in accordance with IEC TR 62627-01. 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.

The use of a video microscope is recommended to avoid any risk associated with direct viewing of energized fibre end faces.

### 5.9 Adapters

Where appropriate, adapters shall be compatible with the connector style being used and shall allow the required performance of reference grade terminations to be achieved.

## 6 Procedures

### 6.1 General

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

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, a new measurement reference should be taken 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**

Connectors on test cords shall be inspected using procedures of IEC 61300-3-35. The connector end faces shall be free of contamination (e.g. dust and dirt) and shall meet the requirements of the relevant table in IEC 61300-3-35. If contamination is seen, clean using the equipment and methods of 5.8.

NOTE The requirement of connector end face quality depends upon the connector specification and/or the optical fibre communication system performance requirements.

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 and OCWR methods only)**

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

For OCWR measurements, other reference power levels shall be taken and recorded as required by the test method used.

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

Connectors on installed cabling shall be inspected using the procedures of IEC 61300-3-35. They shall be free from contamination (e.g. dust and dirt). If contamination is seen, the connector end face shall be cleaned using the equipment and methods of 5.8 and then re-inspected.

NOTE The requirement of connector end face quality depends upon the connector specification and/or the optical fibre communication system performance requirements.

### **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.

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 61746-1, 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 in a test set, shall be carried out with the safety precautions in accordance with IEC 60825-2.

### **7 Calculations**

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

### **8 Documentation**

#### **8.1 Information for each test**

- a) test procedure and method;
- b) measurement results including
  - attenuation (dB)
    - reference power level (dBm) (LSPM and OCWR 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 made available**

- details of the spectral characteristics of the light source;
- calibration records;
- 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 attenuation of both connections to the cabling under test. It is the RTM for measurement of installed cabling plant of configuration A (see 4.2).

This method is written for the case when a single fibre is 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 used shall meet the requirements specified in Clause 5 of this standard.

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 attenuation of the connection. See Annex I 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.

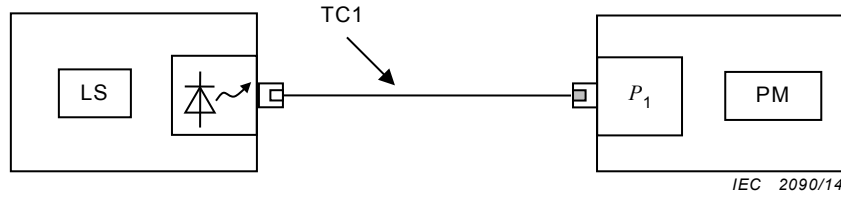
This method also assumes that

- 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. 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.

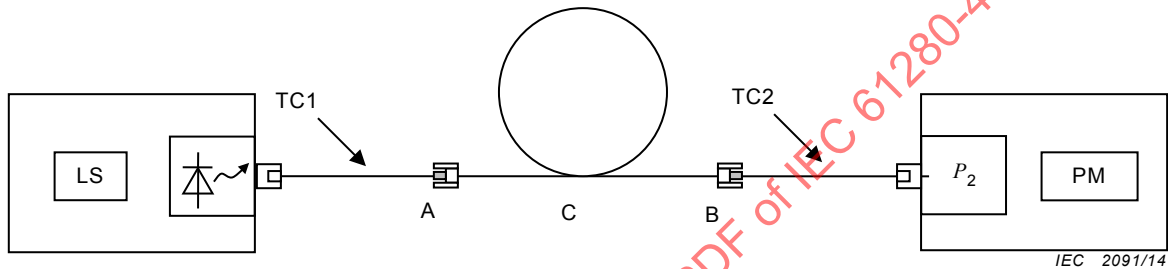
- Record the measured optical power,  $P_2$ , which is the test power measurement.



**Key**

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

**Figure A.1 – One-cord reference measurement**



**Key**

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

NOTE Reference grade terminations are shaded.

**Figure A.2– One-cord test measurement**

**A.4 Calculation**

The attenuation,  $L$ , is given by

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

**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

$$L = A + B + C \tag{A.2}$$

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

## Annex B (normative)

### Three-cord reference method

#### B.1 Applicability of test method

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

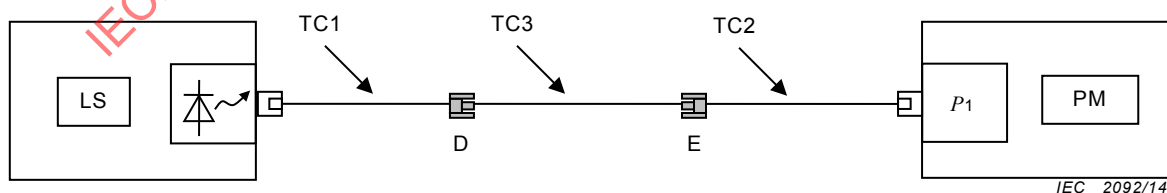
This method is written for the case when a single fibre is being measured at a time. If multiple fibres are measured simultaneously with multi-fibre connectors, the requirements of each interface shall be met as though it were a single connector as referenced in the following text. If bidirectional measurements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

#### B.2 Apparatus

The light source, power meter and test cords used shall meet the requirements specified in Clause 5 of this standard. Three test cords are used. The attenuation values of the connections between these cords are critical to the uncertainty of the measurement. The performance of the test cords should be verified before testing commences. This is done by connecting the substitution cord and the receive cord to the launch cord and measuring the attenuation of the connections. See Annex I for more information.

#### B.3 Procedure

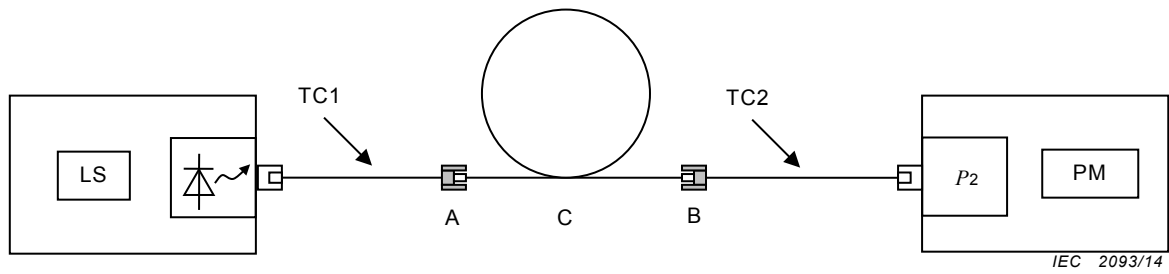
- Connect the launch cord (TC1) and receive cord (TC2) to the light source and power meter as shown in Figure B.1.
- Connect the substitution cord (TC3) between TC1 and TC2.
- Record the measured optical power,  $P_1$ , which is the reference power measurement.
- Do not disconnect TC1 from the light source 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.



#### Key

LS	light source
TC1	launch cord
TC2	receive cord
TC3	substitution cord
PM	power meter

Figure B.1 – Three-cord reference measurement



**Key**

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

NOTE Reference grade terminations are shaded.

**Figure B.2 – Three-cord test measurement**

**B.4 Calculations**

The attenuation,  $L$ , is given by

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

**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

$$L = A + B + C - D - E \tag{B.2}$$

$D$  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 G.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 attenuation of one of the connections to the cabling under test. It is the RTM for measurement of installed cabling plant of configuration C (see 4.2).

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

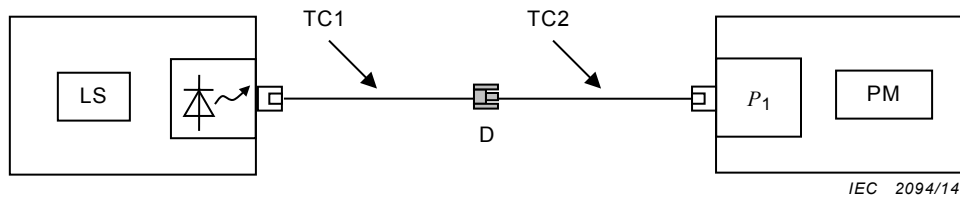
This method is written for the case when a single fibre is being measured at a time. If multiple fibres are measured simultaneously with multi-fibre connectors, the requirements of each interface shall be met as though it were a single connector as referenced in the following text. If bidirectional measurements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

#### C.2 Apparatus

The light source, power meter and test cords used shall meet the requirements specified in Clause 5. The attenuation values of the connections between these test cords are critical to the uncertainty of the measurement. 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 attenuation of the connection. See Annex I for more information.

#### C.3 Procedure

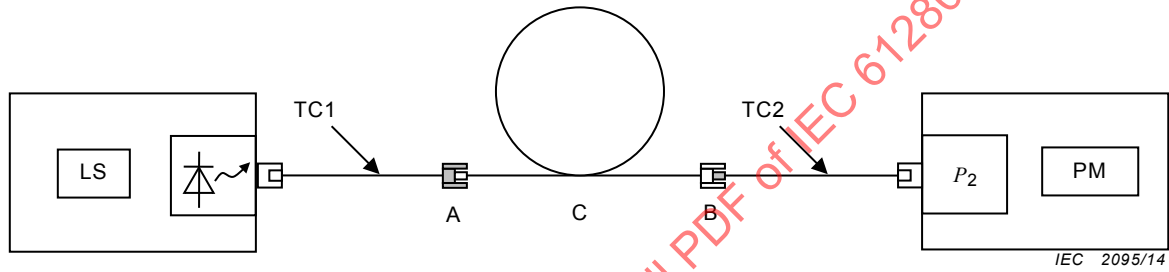
- Connect the launch cord (TC1) and receive cord (TC2) to the light source and power meter and to each other as shown in Figure C.1.
- Record the measured optical power,  $P_1$ , which is the reference power measurement.
- Disconnect TC1 and TC2 from each other. Do not disconnect TC1 from the light source 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
- TC1 launch cord
- TC2 receive cord
- PM power meter

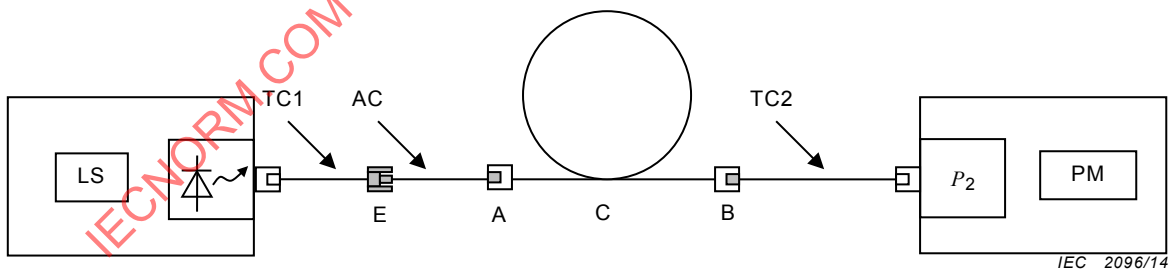
**Figure C.1 – Two-cord reference measurement**



**Key**

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

**Figure C.2 – Two-cord test measurement**



**Key**

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

NOTE Reference grade terminations are shaded.

**Figure C.3 – Two-cord test measurement for plug-socket style connectors**

#### 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 G.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

## 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. It is usual for these measurements to be carried out bi-directionally, in which case 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, optical return loss and length measurements on the installed cabling. See Figure 6 for a schematic of the OTDR equipment.

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

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

The use of the tail cord allows the attenuation of the remote end connection to be measured and therefore the attenuation of the entire cabling section can be measured. If no tail cord is used 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 ( $\leq 20$  ns) to qualify short links or the beginning of a link or to separately resolve features that are close together and longer pulse widths to have sufficient dynamic range to achieve a measurement over the required length of cabling.

The OTDR should have an attenuation dead zone (with  $\Delta F = \pm 0,5$  dB) (see H.2.4) less than 10 m following standard connectors (IEC 61753-1 Grade 2), i.e. reflectance of  $-45$  dB.

##### D.2.3 Test cords

The fibre type and geometrical characteristics of the launch and tail 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 launch and tail 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. Table D.1 gives some typical examples for premises cabling and for outside plant cabling.

**Table D.1 – Typical launch and tail cord lengths**

Application	Typical maximum length of cabling under test km	Example pulse width	Typical length of launch and tail cords m
Premises cabling	2	20 ns	100
Outside plant – Access network	10	100 ns	500
Outside plant – Core network	80	500 ns	1 000
Outside plant – Ultra long haul network	120	1 $\mu$ s	2 000

The following apply to the preparation of the test cords:

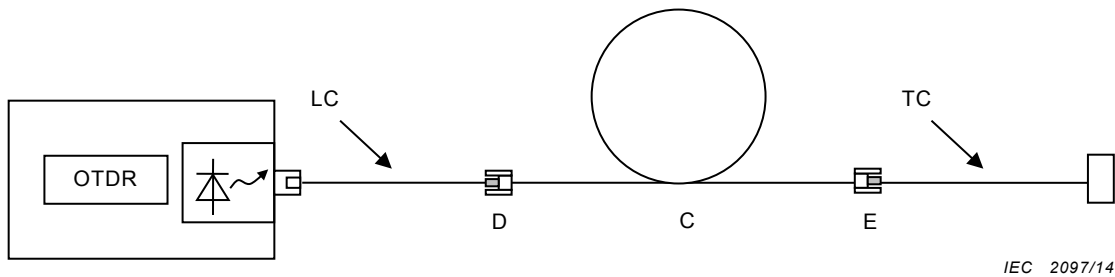
- the attenuation due to induced winding loss should be minimized. To do this, use a minimum radius of 45 mm;
- the cords are terminated at one end with a connector suitable for attachment to the OTDR;
- they are terminated at the other end according to 5.2.3;
- use ruggedized fibre test cords with, for example, the ends protected by 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 provide poor results on longer systems;
  - refer to Annex H for a better understanding of the OTDR settings.
- Select the appropriate wavelengths.
- Record the backscattered traces.
- Repeat from the other direction.

Bi-directional OTDR testing is recommended on single-mode cabling so that variations in loss measurements that are due to changes in the backscattering characteristics of different fibres can be cancelled out see Clauses H.6 and H.7 for further information on bi-directional testing and analysis.

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



**Key**

- OTDR optical time domain reflectometer
- LC launch cord
- C cabling under test
- TC tail cord
- NOTE Reference grade terminations are shaded.

**Figure D.1 – Test measurement for method D**

**D.4 Calculation of attenuation**

**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 Figure D.3).

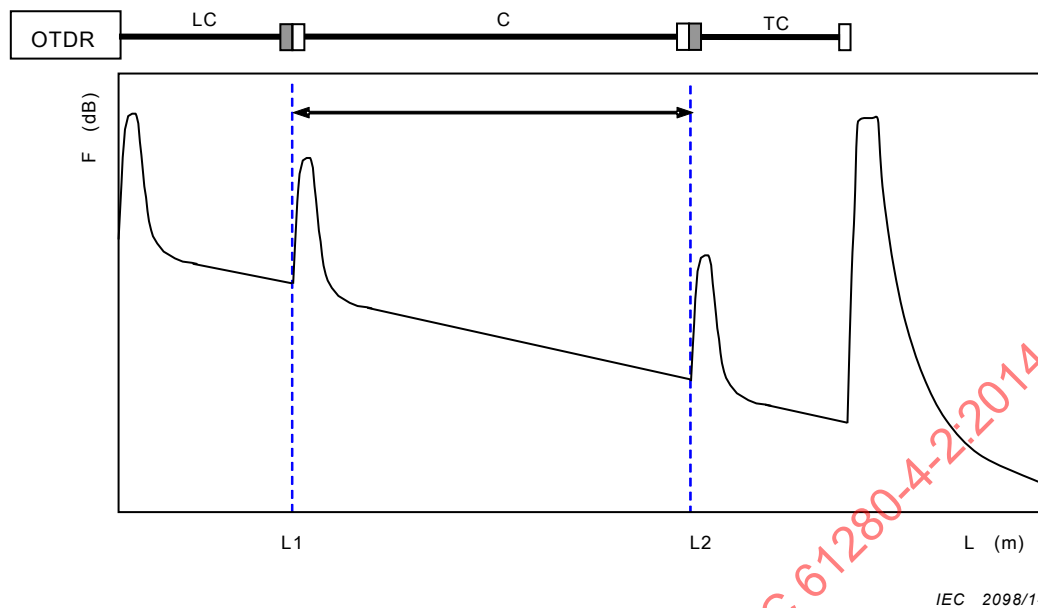
NOTE The OTDR vertical scale displays five times the logarithm of the received power, plus a constant offset. The OTDR horizontal scale displays distance along the fibre. This is calculated by dividing the measured time delay for the round trip by two, and by the speed of light in the fibre defined by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

LC	launch test cord
C	cabling under test
TC	tail cord
L1, L2	cabling port locations

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

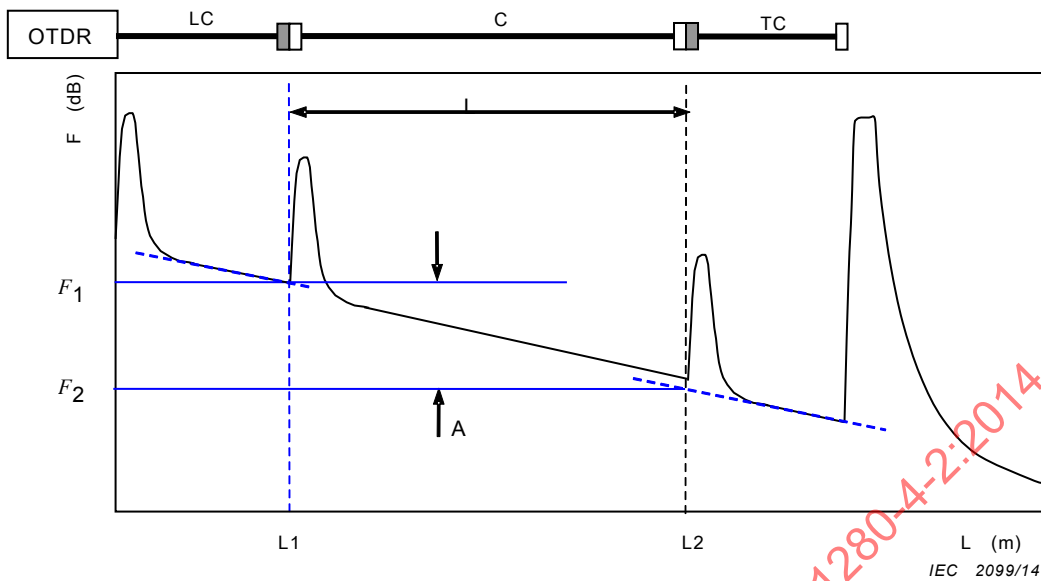
#### D.4.3 Definition of the power levels $F_1$ and $F_2$

The displayed power level  $F_1$  at location L1 is defined at the intercept of the linear regression (LSA) obtained from the linear part of the backscattering power provided by the launch test cord and the vertical axis at location L1.

The displayed power level  $F_2$  at location L2 is defined at the intercept of the linear regression (LSA) obtained from the linear part of the backscattering power provided by the tail cord and the vertical axis at location L2.

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 H for more details.



**Key**

- LC launch test cord
- TC tail cord
- C cabling under test
- L1, L2 cabling port locations
- $F_1, F_2$  displayed power level at L1 and L2
- A attenuation of cabling under test

**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 L1 is defined at the intercept of the linear regression (LSA) obtained from the linear part of the backscattering power provided by the cabling under test and the vertical axis at location L1.

The displayed power level  $F_{21}$  at location L2 is defined at the intercept of the linear regression (LSA) obtained from the linear part of the backscattering power provided by the cabling under test and the vertical axis at location L2.

Three other attenuations are given by

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

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

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

where

$A_1$  is the attenuation of the near-end connector;

$A_2$  is the attenuation of the far-end connector;

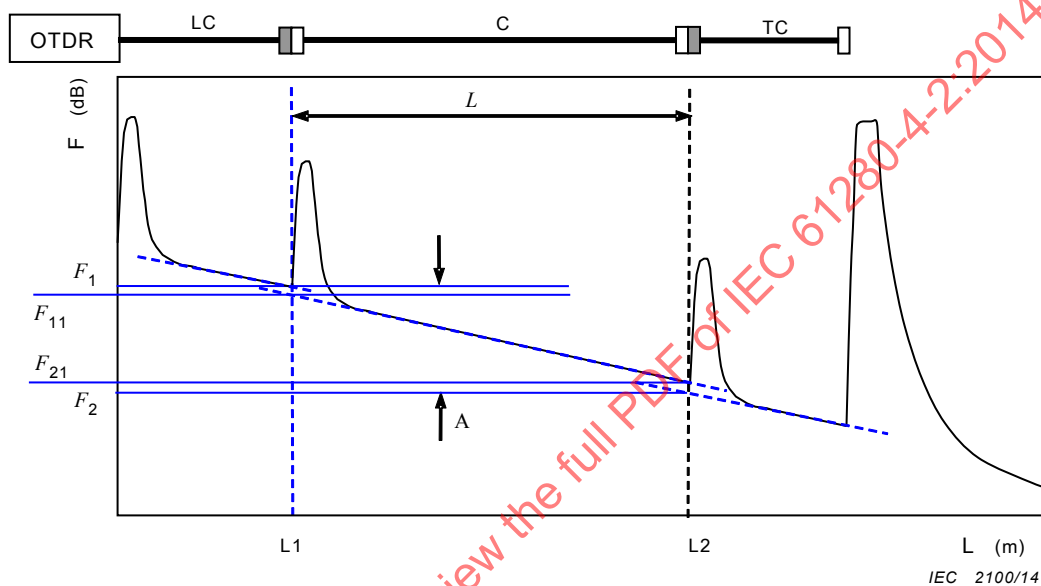
$A_c$  is the attenuation of the cabling without connectors;

leading to

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

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

LC	launch test cord
C	cabling under test
TC	tail cord
L1, L2	cabling port locations
$F_1, F_2$	displayed power level at L1 and L2
$F_{11}, F_{21}$	displayed power level at L1 and L2 internal side
A	attenuation of cabling under test

**Figure D.4 – Graphic construction of  $F_1$ ,  $F_{11}$ ,  $F_{21}$  and  $F_2$**

### D.5 Calculation of optical return loss

The ORL is the ratio of the power input to the cabling under test to the sum of the power reflected and scattered back by the cabling under test. The recommended test configuration for both attenuation and ORL measurements uses a long launch cord and a long tail cord; this allows the OTDR to eliminate unwanted reflections from the ORL calculation and also allows ORL measurements to be made on very short sections of cable under test.

The input power to the cabling under test  $P_i$  is a function of the OTDR laser power and the attenuation of the launch cord.

The returning power is the integral of the returning power ( $P_r$ ) as a function of distance along the cabling under test. This distance runs from the start of the cabling under test, at the end of the OTDR launch cord up until the beginning of the OTDR tail cord and therefore includes the reflectance of the connections at both ends of the cabling under test.

This is illustrated graphically as the shaded area on the OTDR trace in Figure D.5

Expressed mathematically the ORL is calculated as follows

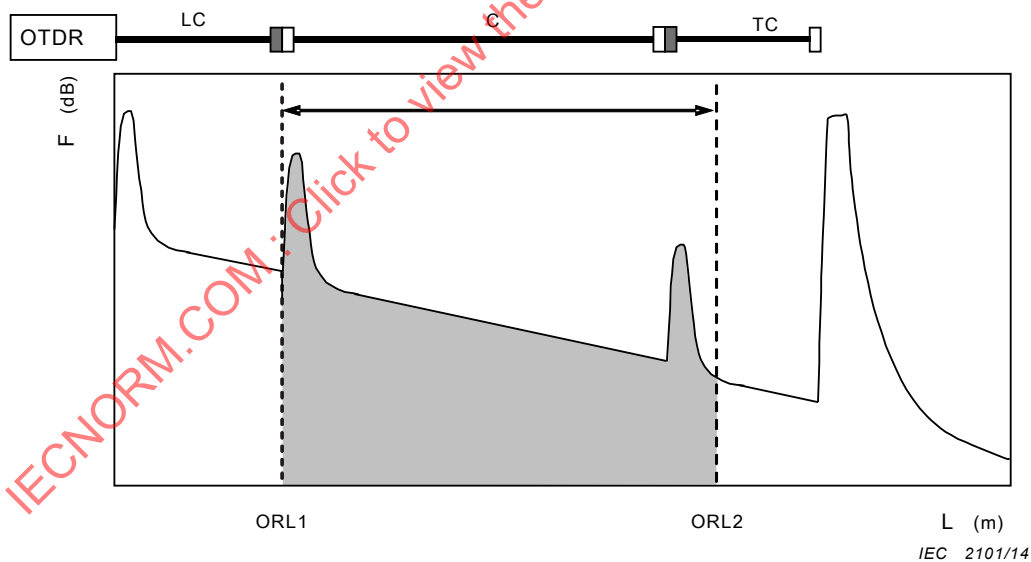
$$ORL = 10 \log_{10} \left( \frac{P_i}{\int P(z) dz} \right) \tag{D.6}$$

On a general basis, the vertical scale of an OTDR is not calibrated for absolute optical power measurements. When an OTDR is used for ORL measurements, the backscatter parameter,  $K$ , effectively acts as reference level for the vertical scale. See Annex G of IEC 61746-1:2009 for more details.

Therefore, ORL can be calculated as follows

$$ORL = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{K} \frac{P_{t=ORL1}}{t=ORL2} \int_{t=ORL1} P(t) dt \right) \tag{D.7}$$

where  $K$  is the backscatter parameter (see 3.3. and 3.4 of IEC 61746-1:2009).



**Key**

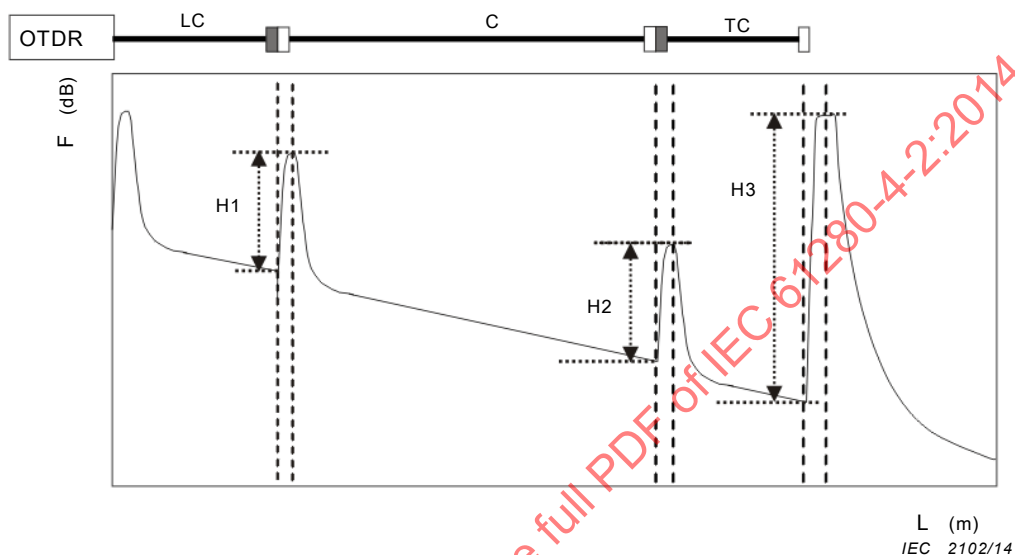
- LC launch test cord
- C cabling under test
- TC tail cord
- ORL1 cursor defining start of ORL integration
- ORL2 cursor defining end of ORL integration

**Figure D.5 – Graphic representation of OTDR ORL measurement**

## D.6 Calculation of reflectance for discrete components

The reflectance of a component is the ratio of the power reflected back by that component to the power input to that component. On the OTDR trace, this is related to the height of the peak ( $H_n$  on Figure D.6) that represents the amount of light reflected back from that component, but it is also a function of the backscatter coefficient of the fibre under test and the pulsewidth used for the measurement.

IEC 61300-3-6 covers measuring the related parameter of return loss of components.



### Key

LC	launch test cord
C	cabling under test
TC	tail cord
H1	height of peak from first connection
H2	height of peak from end connection
H3	height of peak from far end of tail cord

**Figure D.6 – Graphic representation of reflectance measurement**

The reflectance ( $R$ ) of a cabling component under test is calculated from the height of the reflected peak ( $H_1$  or  $H_2$ ) in Figure D.6 as follows

$$R = 10 \times \log_{10} \left( 10^{\frac{H}{5}} - 1 \right) + 10 \times \log_{10}(t) + B \quad (\text{D.8})$$

where

- $H$  is the height of peak ( $H_1$  or  $H_2$ ) (dB);
- $B$  is the Rayleigh backscattering coefficient;
- $t$  is the pulsewidth in nanoseconds.

Typical values of backscattering coefficient for single-mode fibres (e.g. type B1.3 of IEC 60793-2-50) are as follows:

$$B \approx -80 \text{ dB at } 1\,310 \text{ nm}; \quad B \approx -82,5 \text{ dB at } 1\,550 \text{ nm for a timebase in nanoseconds}$$

The detector in some OTDRs saturates at large values of  $H$  (as shown in H3 in Figure D.6) where the peak has a flat top. It is necessary to use an OTDR with sufficient dynamic range for accurate reflectance measurements. This type of signal saturation may be avoided by adding a variable attenuator between the OTDR and the cabling component under test.

## D.7 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.

NOTE The effect of variations in the backscatter coefficient on loss measurements may be cancelled out by taking measurements from both ends of the cabling and averaging the values. See Clauses H.6 and H.7 for further information on bi-directional testing and analysis.

- Strong reflection – Non-linear effects of strong reflections cause attenuation errors, attenuation coefficient errors and dead zone widening.
- 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 analyser 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)

### Continuous wave optical return loss measurement – Method A

#### E.1 Applicability of test method

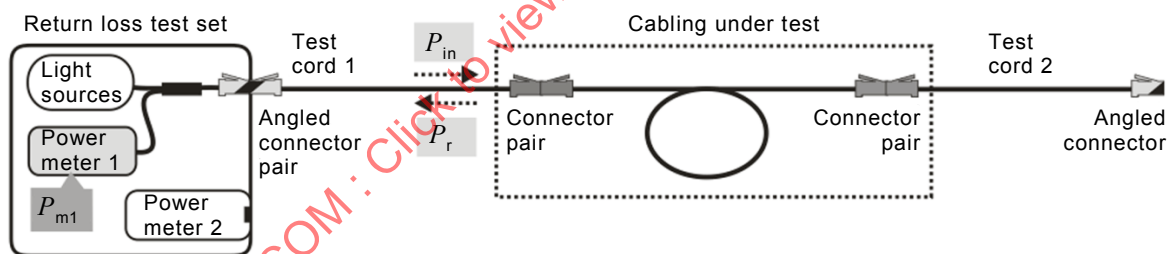
This test method is closest to the definition of optical return loss given in 3.1.7. It directly measures the input power to the cabling under test; the reflected power is also measured, although a correction factor is needed to take into account the internal attenuation of the branching device and other sources of reflections.

This method has some limiting factors: it cannot resolve spatially different sources of reflections, so unwanted reflections have to be suppressed; the dynamic range is limited by the characteristics of the directional coupler used and the reflectance of the connector used to interface the return loss test set to the first test cord. This can limit the accuracy of the measurement when short cabling systems terminated with angle polished connectors are being measured.

#### E.2 Apparatus

##### E.2.1 General

The details have been adapted from IEC 61300-3-6 for testing installed cabling and that standard may be referred to for further information.



IEC 2103/14

Figure E.1 – Return loss test set illustration

##### E.2.2 Light source

The source consists of an optical emitter, (usually a laser) and its associated drive electronics, with the output being a fibre pigtail or connector. A second source may be used for calibration, as illustrated in Figure E.3. Where a second source is used, the central wavelength and spectral width shall be the same as the first.

The source(s) should be stable as described in 5.2.1.

##### E.2.3 Branching device or coupler

The splitting ratio of the coupler shall be stable and be insensitive to polarization (< 0,1 dB). The directivity should be at least 10 dB higher than the maximum optical return loss to be measured.

#### **E.2.4 Power meters**

The power meters used consist of an optical detector, the associated electronics, and a means of connecting to an optical fibre. The connection to the internal power meter will be permanent; the interface to the external power meter should be with interchangeable adapter caps that allow the use of connectors compatible with the cabling under test.

The linearity of the detectors in the power meters shall be specified and sufficient for the dynamic range of the measurements to be undertaken. Since all of the measurements are differential, however, it is not necessary that the calibration be absolute.

#### **E.2.5 Connector interface**

The connector interface on the RLTS shall be very low reflection. The attenuation of this connection shall be stable and the magnitude of the reflectance should be at least 10 dB greater than the magnitude of the maximum optical return loss to be measured.

NOTE The reflectance of this connector interface may limit the accuracy of this measurement method when the cabling under test is terminated with angle polished connectors and there are no other significant sources of optical return loss in the cabling under test.

#### **E.2.6 Low reflection termination**

In order to suppress unwanted reflections (typically from flat connectors open to air) the remote end of the cabling under test may require termination with a test cord such that the connector interface to the cabling under test is representative of a connection made with an equipment connection cord and the reflection from the remote end of the test cord is suppressed. Reflections may be suppressed using an angle polished connector, an angled cleave, a non-reflective terminator, index matching material or by wrapping the cord tightly round a mandrel (provided that the fibre in the test cord is not bending loss insensitive (IEC 60793-2-50 type B6 or ITU-T Recommendation G.657 types)).

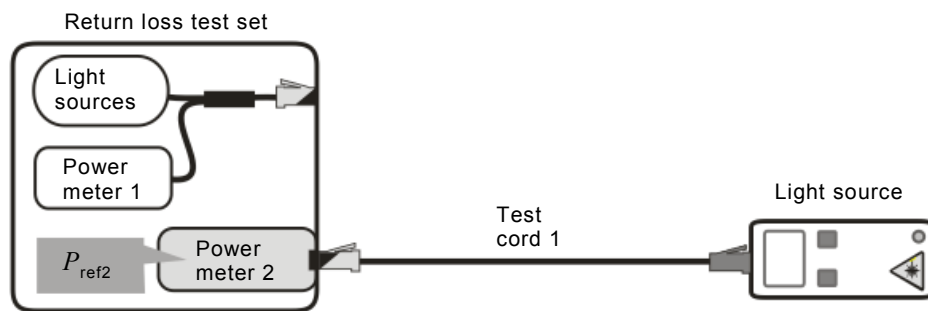
A similar low reflection termination is required when calibrating the internal reflections of the test system (see Figure E.3). This termination should have a reflectance of at least 20 dB magnitude greater than the magnitude of the maximum optical return loss to be measured.

### **E.3 Procedure**

#### **E.3.1 Test set characterization**

In order to perform the measurement, it is necessary to characterize the measurement system by measuring its internal losses and reflections including the connection between the test equipment and test cord 1 to be used for the measurement. This should be repeated whenever these may have changed, for example on changing test cord 1.

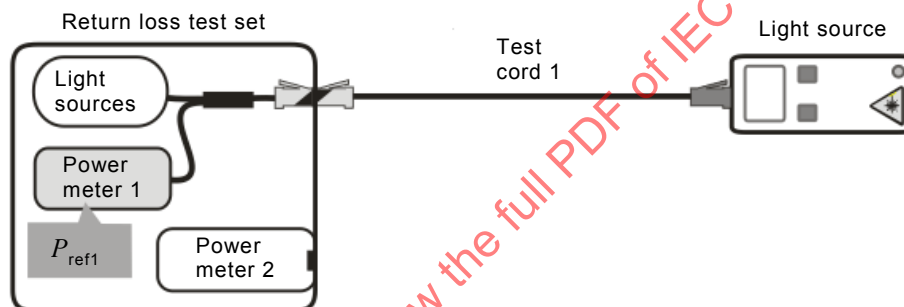
The system internal attenuation shall be measured on the return path between the cabling under test and the internal power meter (1). This will include the attenuation of the connector interface and the attenuation of the coupler. Using an external source, with similar characteristics to the internal source, connect the remote end of test cord 1 to the source and the near end of test cord 1 (angled) to the external power meter, as shown in Figure E.2. Record the power level ( $P_{ref2}$ ) on power meter 2.



IEC 2104/14

**Figure E.2 – Measurement of the system internal attenuation  $P_{ref2}$**

Next, connect the near end of test cord 1 into the output port of the RLTS and record the power level ( $P_{ref1}$ ) on power meter 1 as shown in Figure E.3.

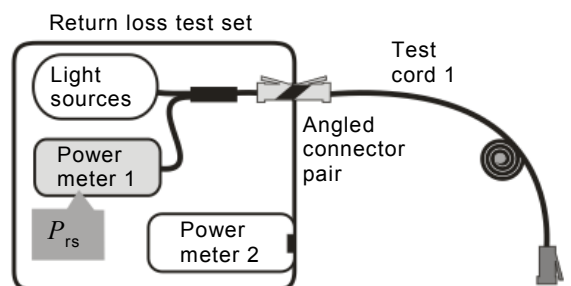


IEC 2105/14

**Figure E.3 – Measurement of the system internal attenuation  $P_{ref1}$**

The difference between these two power levels is the internal attenuation of the system.

Next, the system reflected power needs to be measured. Leaving test cord 1 connected to the output port of the RLTS, suppress the reflection coming from the connector at the far end of test cord 1. This is done with a low reflection termination (see E.2.5). The amount of light reflected internally within the measurement system including the interface connector may now be measured on power meter 1 ( $P_{rs}$ ) as shown in Figure E.4.

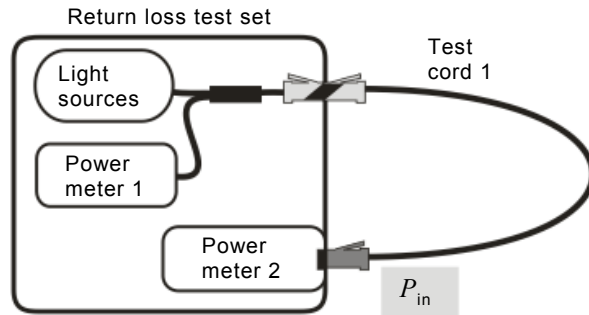


IEC 2106/14

**Figure E.4 – Measurement of the system reflected power  $P_{rs}$**

**E.3.2 Measurement procedure**

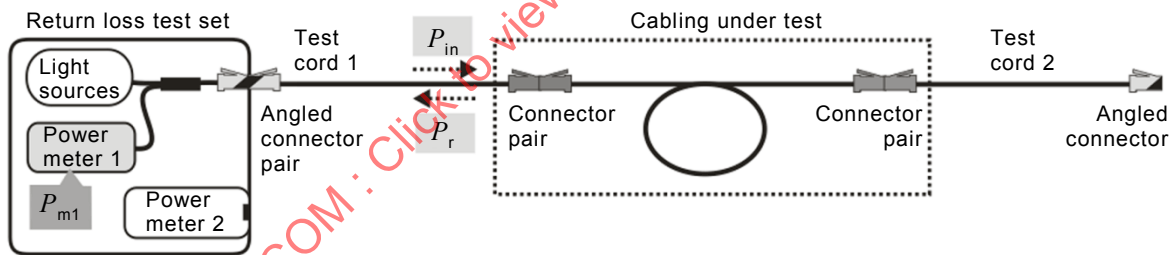
The optical return loss is the difference between the input power to the cabling under test ( $P_{in}$ ) and the reflected power back from the cabling under test ( $P_r$ ). Therefore, two power levels are required. First, the power into the cabling under test ( $P_{in}$ ) is measured directly by connecting the far end of test cord 1 into power meter 2 as shown in Figure E.5



IEC 2107/14

**Figure E.5 – Measurement of the input power  $P_{in}$**

Then, test cord 1 is connected into the cabling under test and any unwanted reflections from the far end should be suppressed by using a low reflection termination (see E.2.5), as shown in Figure E.6. The power level on power meter 1 should now be recorded ( $P_{m1}$ ) and used to determine the reflected power by making allowances for the internal losses and reflections of the measurement system.



IEC 2108/14

**Figure E.6 – Measurement of the reflected power**

**E.3.3 Calculations**

From our definition of optical return loss in 3.1.7:

$$ORL = 10\log_{10}(P_{in}/P_r) \tag{E.1}$$

where  $P_{in}$  is measured directly as shown in Figure E.5.

$P_r$  is calculated by taking the measured reflected power ( $P_{m1}$ ) and subtracting from this the contribution from the internal reflections of the measurement system ( $P_{rs}$ ) that will still be present and then compensating for the attenuation that will be suffered by the reflected light as it passes from test cord 1 back through the connector interface on the RLTS, through the coupler and on to the internal power meter i.e.

$$P_r = (P_{m1} - P_{rs}) \times (P_{ref2}/P_{ref1}) \tag{E.2}$$

Substituting for  $P_r$  in Equation (E.1) gives

$$\text{ORL} = 10 \log_{10} (P_{\text{in}} / ((P_{\text{m1}} - P_{\text{rs}}) \times (P_{\text{ref2}} / P_{\text{ref1}}))) \text{ in dB} \quad (\text{E.3})$$

#### **E.3.4 Measurement uncertainty**

A full assessment of the measurement uncertainty is for further study.

Some contributions on uncertainty include

- absolute power measurement uncertainty for two (independent) power meters (see G.2.6 for details),
- uncertainties induced from spectral properties difference between internal and external sources.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

**Annex F**  
(normative)

**Continuous wave optical return loss measurement – Method B**

**F.1 Applicability of test method**

Compared with the method A described in Annex E, this method utilizes a known reflectance to characterize the measurement set-up. Rewriting Equation (E.3) as

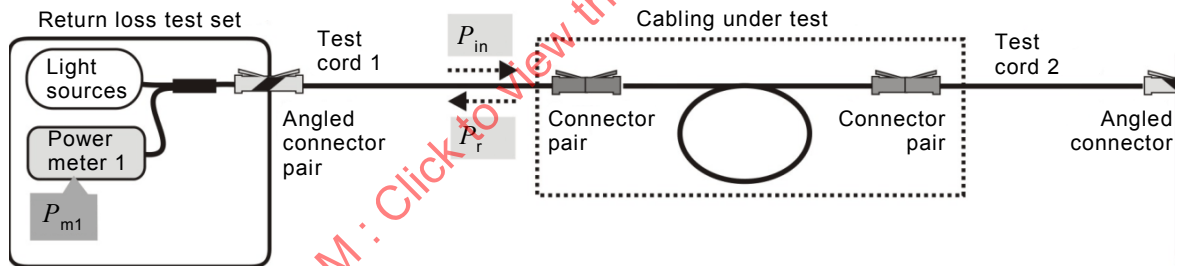
$$\begin{aligned}
 \text{ORL} &= 10\log_{10}(P_{\text{in}}/((P_{\text{m1}} - P_{\text{rs}}) \times (P_{\text{ref2}}/P_{\text{ref1}}))) \\
 &= 10\log_{10}(P_{\text{in}}/L_{\text{ret}}) - 10\log_{10}(P_{\text{m1}} - P_{\text{rs}}) \\
 &= C_f - 10\log_{10}(P_{\text{m1}} - P_{\text{rs}})
 \end{aligned}
 \tag{F.1}$$

where

$L_{\text{ret}}$  is the attenuation of the coupler between  $P_r$  and  $P_{\text{m1}}$ ,

$C_f = 10\log_{10}(P_{\text{in}}/L_{\text{ret}})$  is the characterization factor.

**F.2 Apparatus**



IEC 2109/14

**Figure F.1 – Return loss test set illustration**

**F.2.1 General requirements**

In addition to the apparatus described in Annex E the following is also required.

**F.2.2 Known reflectance termination**

A termination with known reflectance is required to determine the internal losses and reflections of the measurement system. Commonly a flat ended (PC but not angled) connector, open to air is used with an assumed reflectance of -14,6 dB.

**F.3 Procedure**

**F.3.1 Set-up characterization**

In order to perform the measurement, it is necessary to characterize the measurement system by determining  $C_f$ .

$C_f$  can be characterized by taking two measurements, the first with reflections suppressed and the second using a reference reflector with known reflection  $R_{ref}$ .

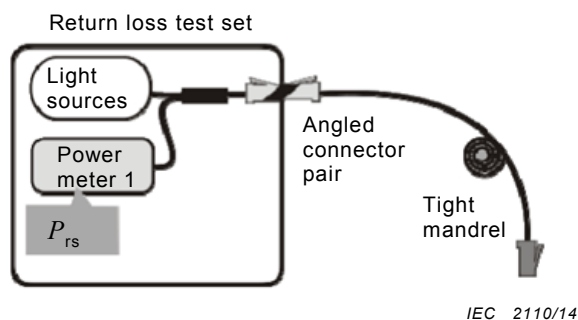


Figure F.2 – Measurement of  $P_{rs}$  with reflections suppressed

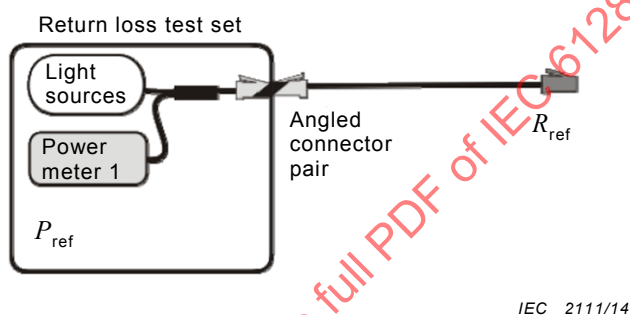


Figure F.3 – Measurement of  $P_{ref}$  with reference reflector

The characterization factor can now be determined as  $C_f = 10\text{Log}[(P_{ref} - P_{rs})/R_{ref}]$ .

Where  $R_{ref}$  is much higher than the reflectance from the connector and coupler, i.e.  $P_{ref} \gg P_{rs}$ ,  $C_f$  determination can be simplified by taking one measurement as shown in Figure F.3.

### F.3.2 Measurement procedure

The system reflected power needs to be measured suppressing the reflection coming from the connector at the far end of test cord 1. This is done with a low reflection termination (see E.2.5). The amount of light reflected internally within the measurement system including the interface connector may now be measured on power meter 1 ( $P_{rs}$ ) as shown in Figure F.4.

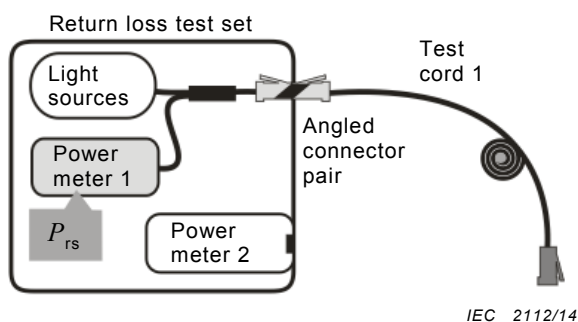
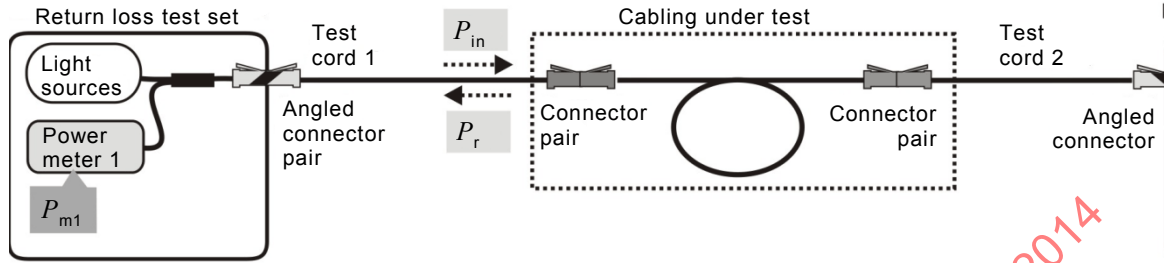


Figure F.4 – Measurement of the system reflected power  $P_{rs}$

Then test cord 1 can be connected into the cabling under test and any unwanted reflections from the far end can be suppressed by using a low reflection termination (see E.2.5), as shown in Figure F.5. The power level on power meter 1 can now be recorded ( $P_{m1}$ ) and used to determine the reflected power by making allowances for the internal losses and reflections of the measurement system.



IEC 2113/14

**Figure F.5 – Measurement of the reflected power**

**F.3.3 Calculation**

From our definition of optical return loss in 3.1.7

$$ORL = 10\log_{10}(P_{in}/P_r)$$

and the relation shown in Equation (F.1), ORL is calculated by taking the measured reflected power ( $P_{m1}$ ) and subtracting from this the contribution from the internal reflections of the measurement system ( $P_{rs}$ ) that will still be present, and applying of the characterization factor  $C_f$ , as

$$ORL = C_f - 10\log_{10}(P_{m1} - P_{rs}) \tag{F.2}$$

**F.3.4 Measurement uncertainty**

A full assessment of the measurement uncertainty is for further study.

Some contributions on uncertainty include

- connection repeatability between the unit and reference reflector jumper. See Clause G.1 for details.
- uncertainty on  $R_{ref}$ .

## Annex G (informative)

### Measurement uncertainty examples

#### G.1 Reduction of uncertainty by using reference grade terminations and related issues

##### G.1.1 Motivations for using reference grade terminations on test cords

Reference grade terminations are used, where possible, to reduce measurement uncertainty. If a connector with an off-centre optical fibre were to be used, the results would vary depending on the particular orientation of the fibre in the launch cord connector to the orientation of the offset of the fibre in 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 cords 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.

These uncertainties are particularly significant when short lengths of cabling are being tested, as the losses associated with the connections are much higher than the losses of the fibre itself. For long haul systems, the loss of the fibre dominates the total loss and this uncertainty is less critical.

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

**Table G.1 – Expected loss for examples** (see NOTE 1)

Termination 1	Termination 2	Attenuation requirement
SM reference grade	SM reference grade	≤0,2 dB
SM reference grade	SM standard grade	≤0,5 dB
SM standard grade	SM standard grade	≤0,75 dB

NOTE 1 Table G.1 shows the required performance of standard and reference grade SC connectors in accordance with IEC 60874-14-2. These values are found in other, but not all, performance standards for connecting hardware.

NOTE 2 Current studies by JWG8 of IEC SC86A and SC86B on reference grade terminations may produce values for other connector styles.

#### G.1.2 Adjusting acceptance limits to allow for different expected losses when using reference grade and standard grade connectors

##### G.1.2.1 General

The following examples are given to illustrate the impact on the test results obtained when reference grade connectors are used on the test cords. If the acceptance limits (pass/fail

criteria) are based on the assumption of standard grade connector performance then these limits need to be adjusted when reference grade test cords are used to obtain the test results. These examples are based on using SC connectors in accordance with IEC 60874-14-2, where the expected losses in Table G.1 have been defined by IEC SC86B.

Other connector styles may have different values for expected losses in the different configurations illustrated in Table G.1.

#### **G.1.2.2 Example 1 (for one-cord reference)**

A single-mode 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 1,60 dB, assuming 1,0 dB/km cabled optical fibre loss and 0,75 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 cords, then the loss will be up to 1,10 dB (0,1 dB for the 100 m of optical fibre plus 0,5 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 0,25 dB should be subtracted from the acceptance figure that is based on the assumption of using standard grade connectors.

#### **G.1.2.3 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 expected loss excluding the terminal connectors will be the same as in example 1, i.e. up to 1,60 dB.

If this is tested as a cabling system terminated with connector plugs using the three-test-cord reference method, the measured loss will be up to 2,10 dB. This assumes up to 1,60 dB for the cabling as before, plus  $2 \text{ dB} \times 0,3 \text{ dB}$ , since two reference-grade-to-reference-grade connections were included in the reference measurement (each with a loss of up to 0,2 dB), which are replaced by two reference-grade-to-standard grade connections (each with a loss of up to 0,5 dB) 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 0,3 dB should be added to the acceptance figure that is based on the assumption of using standard grade connectors.

#### **G.1.2.4 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 termination 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  $2 \text{ dB} \times 0,25 \text{ dB} = 0,5 \text{ dB}$ .

#### **G.1.2.5 Example 4 – Long haul system (one cord reference)**

A link 80 km long is terminated at optical distribution frames by splicing on pigtails. The route is made up of 16 drums of cable each 5 km long with fusion splices between them. The expected loss of the link at 1 550 nm, assuming standard grade connectors, is 20,8 dB

assuming 0,22 dB/km for the fibre loss, average 0,1 dB for the 17 splices and 0,75 dB for each of the terminations at the ODFs.

When tested using the one cord reference method, the expected loss at the terminations, assuming that reference grade termination are used on the test cords, will be up to 20,3 dB.

It can be seen that the variance in this case is much less significant than for the above cases where there are short lengths of fibre.

## G.2 Estimation of the measurement uncertainties

### G.2.1 Measurement uncertainty

When conducted based on ISO/IEC Guide 98-3, the determination of the measurement uncertainty is a complicated process that should take into account all the parameters involved with the measurement, including: the source, the reference cable, the power meter and the operator.

The following analysis and calculation is intended to be used to identify the parameters that really contribute to the measurement uncertainty. The example is based on the three-cord reference method (Annex B).

The measurement uncertainty of the attenuation  $L$  can be calculated from the contribution of each of the contributing elements using the standard formula for accumulation of the uncertainties

$$u_A \approx \sqrt{u_{\text{instr.}}^2 + u_{\text{source}}^2 + u_{\text{DUT}}^2} \quad (\text{G.1})$$

where

- $u_{\text{instr.}}$  is uncertainty due to the instrument;
- $u_{\text{source}}$  is uncertainty due to the source;
- $u_{\text{DUT}}$  is uncertainty due to the device under test.

### G.2.2 Uncertainty due to the instrument

The following uncertainties may come from the instrument and the total uncertainty calculated as follows:

$$u_{\text{inst}}^2 = 2 u_{\text{TypeA}}^2 + 2 u_{\text{PDR}}^2 + 2 u_{\text{Displ}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_{\text{unif}}^2 \quad (\text{G.2})$$

where

- $u_{\text{TypeA}}$  is the type A uncertainty;
- $u_{\text{PDR}}$  is the uncertainty due to polarization dependent reflectance;
- $u_{\text{Displ}}$  is the uncertainty due to the display resolution;
- $u_{\text{lin}}$  is the uncertainty due to the linearity of the detector;
- $u_{\text{unif}}$  is the uncertainty due to the uniformity of the detector.

### G.2.3 Uncertainty due to the source

The uncertainty associated with the source is mainly due to the source stability and is calculated as follows:

$$u_{\text{source}}^2 = 2u_{\text{stab.}}^2 \quad (\text{G.3})$$

where

$u_{\text{source}}$  is the uncertainty associated with the source;  
 $u_{\text{stab.}}$  is the uncertainty due to the source stability.

#### G.2.4 Uncertainty due to the device under test

The uncertainties associated with the device under test are due to the uncertainty due to polarization dependent loss, the mating loss of the connectors and the referencing process and is calculated as follows:

$$u_{\text{DUT}}^2 = 2u_{\text{PDL}}^2 + u_{\text{mating}}^2 + u_{\text{REF}}^2 \quad (\text{G.4})$$

where

$u_{\text{DUT}}$  is the uncertainty associated with the device under test;  
 $u_{\text{PDL}}$  is the uncertainty from polarization dependent loss;  
 $u_{\text{mating}}$  is the uncertainty from the variations in the mating of the connectors;  
 $u_{\text{REF}}$  is the uncertainty associated with the reference.

The fibre manipulations generate some random variations of the connector's loss.

The amplitude of such variations can be estimated using more than 10 repetitive measurements of the reference power  $P_{r,k}$ , associated with repetitive connection and disconnection of the substitution cord. Then the estimation of the uncertainty  $u_{\text{manip}}$  is provided by the following calculation process.

First calculate the arithmetic mean of the power  $\bar{P}$

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n P_k \quad (\text{G.5})$$

Then calculate the experimental standard deviation:

$$s_{\text{typeA}} = \left[ \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_i - y_{\text{mean}})^2 \right]^{1/2} \quad (\text{G.6})$$

where

$\bar{P}$  is the arithmetic mean of the reference power;  
 $P_k$  are the measurements of the reference power;  
 $n$  is the number of measurements.

The uncertainty  $u_{\text{manip}}$  is the experimental standard deviation of the mean:

$$\sigma_{\text{typeA}} = \frac{s_r}{\sqrt{n}} \quad (\text{G.7})$$

Repeat the preceding procedure at the test measurement step (see Figure B.2) to determine the uncertainty of the manipulation in the measurement configuration.

### G.2.5 Example of uncertainty accumulation using a single power meter

The following example provides a typical presentation of the results obtained when the same power meter is used for both power level measurements.

**Table G.2 – Example of uncertainty accumulation using a single power meter**

Other light source instability	0,005 dB	Maximum
Power meter linearity	0,04 dB	K=2
Power meter polarization error	0,005 dB	Maximum
Power meter resolution	0,001 dB	Maximum
Uncertainty of DUT P1	0,04 dB	K=1
Uncertainty of DUT P2	0,08 dB	K=1

Source	Units	Dist.	Value <i>U</i> or <i>a</i>	Divisor	$u_i$	$(u_i c_i)^2$
Light source stability	dB	Normal	6,932E-03	2,0000	3,466E-03	1,20E-05
Light source connector stability	dB	Rectangular	2,305E-03	1,7321	1,331E-03	1,77E-06
Other light source instability	dB	Rectangular	1,152E-03	1,7321	6,651E-04	4,42E-07
Sum						1,42E-05

Source	Units	Dist.	Value <i>U</i> or <i>a</i>	Divisor	$u_i$	$(u_i c_i)^2$
Power meter linearity	dB	Normal	9,253E-03	2,0000	4,626E-03	2,14E-05
Power meter polarization error	dB	Rectangular	1,152E-03	1,7321	6,651E-04	4,42E-07
Power meter resolution	dB	Rectangular	2,303E-04	1,7321	1,330E-04	1,77E-08
Sum						2,19E-05

Source	Units	Dist.	Value <i>U</i> or <i>a</i>	Divisor	$u_i$	$(u_i c_i)^2$
Uncertainty of DUT P1	dB	Normal	9,253E-03	1,0000	9,253E-03	8,56E-05
Uncertainty of DUT P2	dB	Normal	1,859E-02	1,0000	1,859E-02	3,46E-04
Sum						4,31E-04

Combined standard uncertainty, $u(L)$	2,16E-02
Expanded uncertainty, $U = ku(L)$ , with $k=2$	4,32E-02
Expanded uncertainty expressed in dB	0,18

**G.2.6 Example of uncertainty accumulation using two power meters**

The following example provides a typical presentation of the results obtained when two different power meters are used for measuring the two power levels.

**Table G.3 – Example of uncertainty accumulation using two power meters**

**UNCERTAINTY COMPONENTS**

Light source stability	0,03 dB	K=2
Light source connector stability	0,01 dB	Maximum
Other light source instability	0,005 dB	Maximum
Power meter A linearity	0,04 dB	K=2
Power meter A uncertainty	0,2 dB	K=2
Power meter B linearity	0,04 dB	K=2
Power meter B uncertainty	0,2 dB	K=2
Power meter polarization error	0,005 dB	Maximum
Power meter resolution	0,001 dB	Maximum
Uncertainty of DUT P1	0,04 dB	K=1
Uncertainty of DUT P2	0,08 dB	K=1

Source	Units	Dist.	Value	Divisor	$u_i$	$(u_i c_i)^c$
Light source stability	dB	Normal	6,932E-03	2,0000	3,466E-03	1,20E-05
Light source connector stability	dB	Rectangular	2,305E-03	1,7321	1,331E-03	1,77E-06
Other light source instability	dB	Rectangular	1,152E-03	1,7321	6,651E-04	4,42E-07
Sum						1,42E-05

Source	Units	Dist.	Value $U$ or $a$	Divisor	$u_i$	$(u_i c_i)^2$
Power meter A linearity	dB	Normal	9,253E-03	2,0000	4,626E-03	2,14E-05
Power meter A uncertainty	dB	Normal	4,713E-02	2,0000	2,356E-02	5,55E-04
Power meter B linearity	dB	Normal	9,253E-03	2,0000	4,626E-03	2,14E-05
Power meter B uncertainty	dB	Normal	4,713E-02	2,0000	2,356E-02	5,55E-04
Power meter polarization error	dB	Rectangular	1,152E-03	1,7321	6,651E-04	4,42E-07
Power meter resolution	dB	Rectangular	2,303E-04	1,7321	1,330E-04	1,77E-08
Sum						1,15E-03

Source	Units	Dist.	Value $U$ or $a$	Divisor	$u_i$	$(u_i c_i)^2$
Uncertainty of DUT P1	dB	Normal	9,253E-03	1,0000	9,253E-03	8,56E-05
Uncertainty of DUT P2	dB	Normal	1,859E-02	1,0000	1,859E-02	3,46E-04
Sum						4,31E-04

Combined standard uncertainty, $u(L)$	4,00E-02
<b>Expanded uncertainty, <math>U = ku(L)</math>, with <math>k=2</math></b>	<b>8,00E-02</b>
<b>Expanded uncertainty expressed in dB</b>	<b>0,33</b>

## Annex H (informative)

### OTDR configuration information

#### H.1 Introductory remarks

Annex H provides information regarding OTDRs and their configuration. It also provides additional diagrams to help in the application of Annex D. Refer to IEC 61746-1 on the calibration of single-mode OTDRs for further details and definitions on OTDR performance parameters.

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:

- a) 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.”
- b) 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,
- 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 cords and tail cords,
- measurement good practices – cleanliness of connectors etc.,

- the use of bidirectional measurement (see Clause H.6).

## **H.2 Fundamental parameters that define the operational capability of an OTDR**

### **H.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 61746-1 for a formal definition of dynamic range.

### **H.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.

### **H.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.

### **H.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 most 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 returned to be within a certain tolerance ( $\Delta F$ ) of a linear fit to the backscatter trace and loss measurements can be made. Refer to IEC 61746-1 for a full definition of the attenuation dead zone.

## **H.3 Other parameters**

### **H.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 H.1.

**Table H.1 – Example of effective group index of refraction values**

Centre wavelength	1 310 nm	1 550 nm	1 625 nm	1 650 nm
SMF (IEC B.1 nominal single-mode fibre)	1,467	1,468	1,469	1,469

If fibre types other than B.1 are being used and if accurate length measurements are required, the fibre manufacturer should be consulted for appropriate refractive index figures.

### H.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.

### H.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.

## H.4 Other measurement configurations

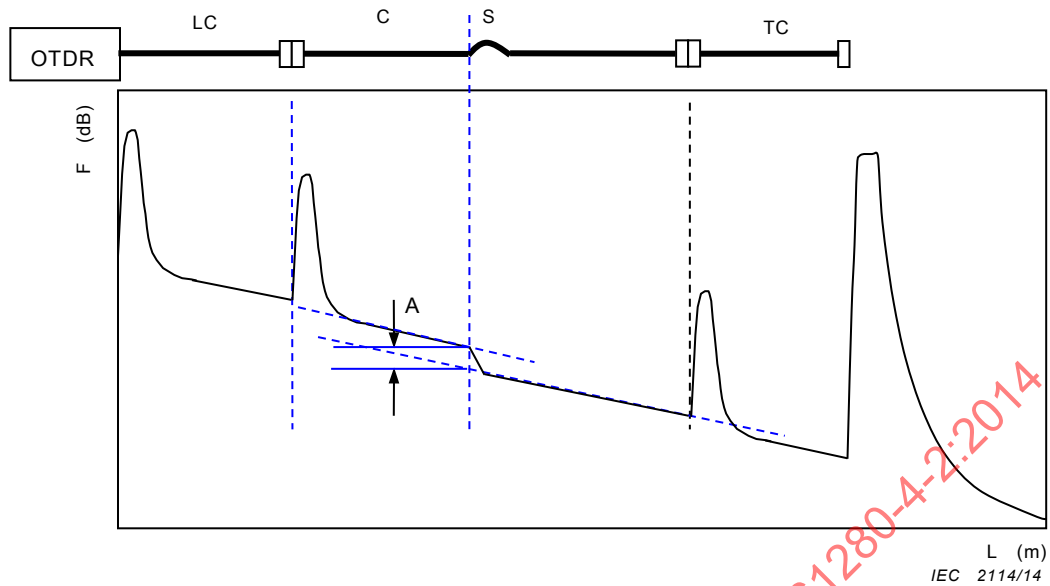
### H.4.1 General

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

### H.4.2 Macro bend attenuation measurement

Figure H.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.

Note that on single-mode fibres the amount of loss introduced by a macrobend increases at longer wavelengths. Therefore, comparison of traces at two or more different wavelengths may help identify the presence of bends.



**Key**

- LC launch test cord
- TC tail cord
- C cabling under test
- A splice attenuation
- S macrobend or fusion splice

**Figure H.1 – Splice and macro bend attenuation measurement**

**H.4.3 Splice attenuation measurement**

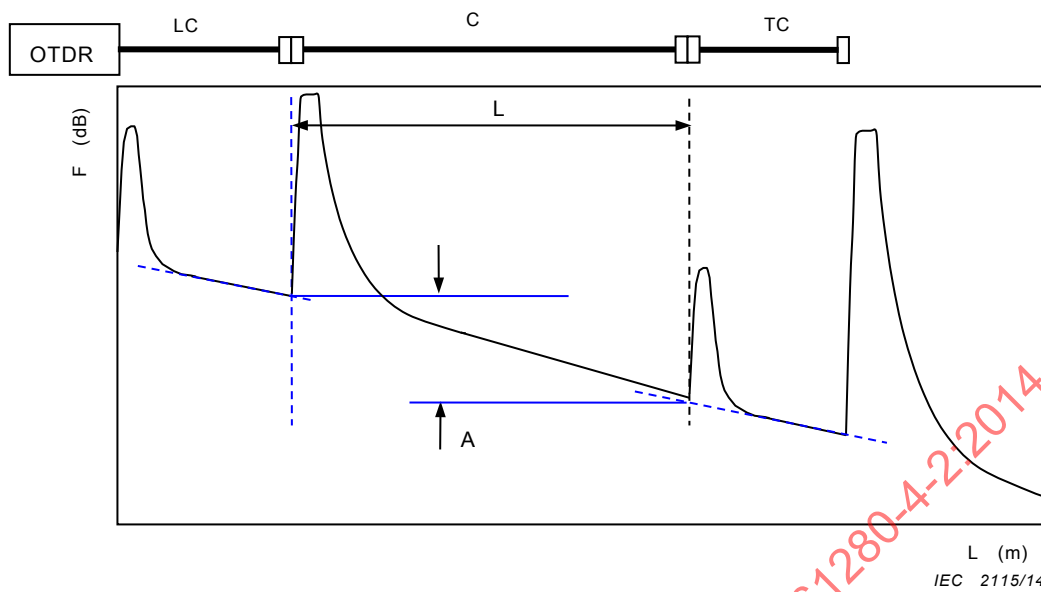
Use the same process as previously defined for a macro bend within a cabling.

**H.4.4 Measurement with high reflection connectors or short length cabling**

Figure H.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.

Tailing is a good indication that a connector is dirty and should be cleaned before making further tests.

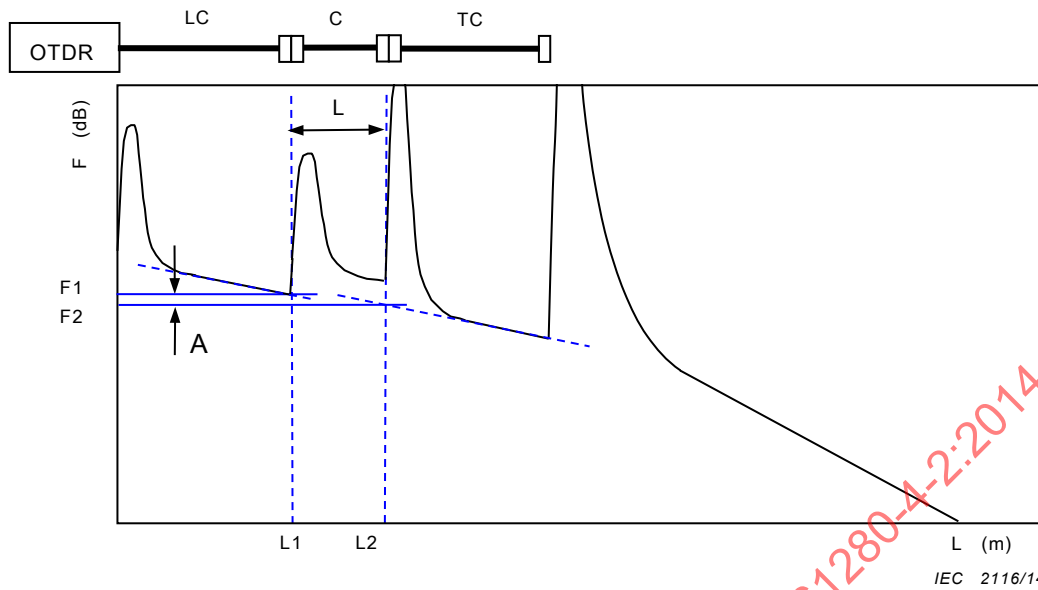
**Key**

LC	launch test cord
A	attenuation
C	cabling under test
TC	tail cord

**Figure H.2 – Attenuation measurement with high reflection connectors**

Figure H.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**

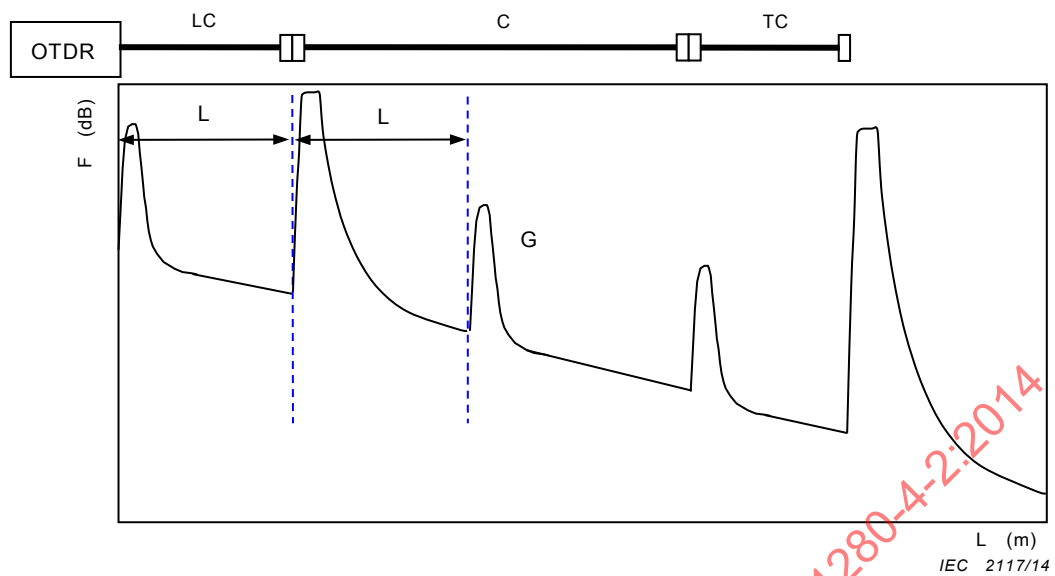
- LC launch test cord
- C cabling under test
- TC tail cord
- A attenuation

**Figure H.3 – Attenuation measurement of a short length cabling**

**H.4.5 Ghost**

Figure H.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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

**Key**

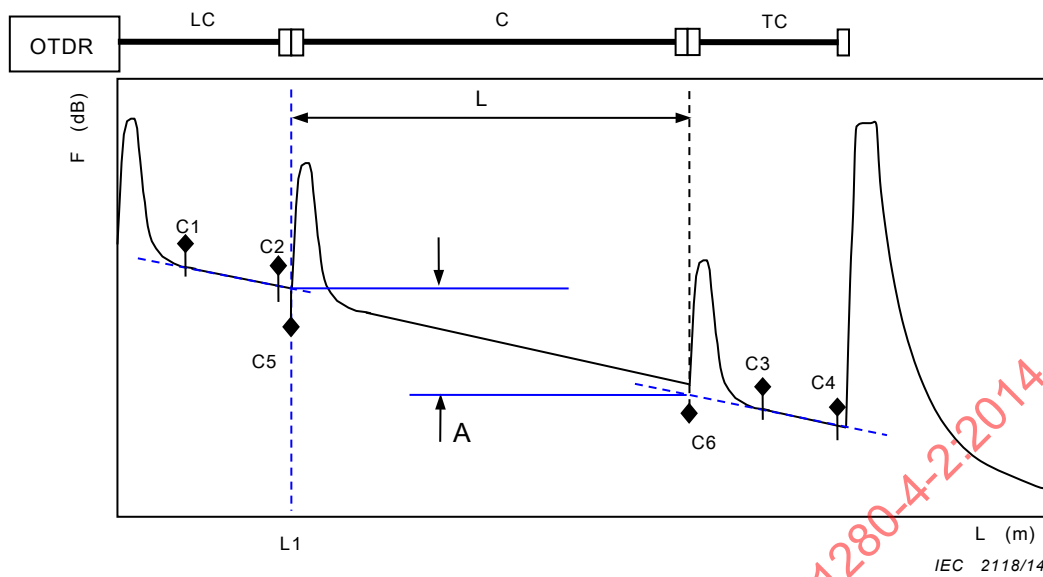
- LC launch test cord
- L length of the launch test cord (duplicated)
- C cabling under test
- G ghost reflection
- TC tail cord

**Figure H.4 – OTDR trace with ghost**

### H.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 H.5 shows cursors positioning on the backscattering trace. C1 and C2 define the area of linear regression in the launch test cable. C3 and C4 define the area of linear regression in the tail test cable. C5 is positioned to define the start of the measured attenuation, and C6 is placed to define the end of the measured attenuation. Often the instrument will calculate and display this attenuation as part of an event table.



**Key**

- LC launch test cord
- C cabling under test
- C1, C2, C3, C4 cursors for linear regression definition
- C5 cursor at attenuation start location
- C6 cursor at attenuation end location
- TC tail cord
- A attenuation

**Figure H.5 – Cursor 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.

**H.6 Bidirectional measurement**

For cabling containing splices or additional connectors, OTDR testing is 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.

In order to accurately measure the first and last connection for bi-directional averaging, one should 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

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

where

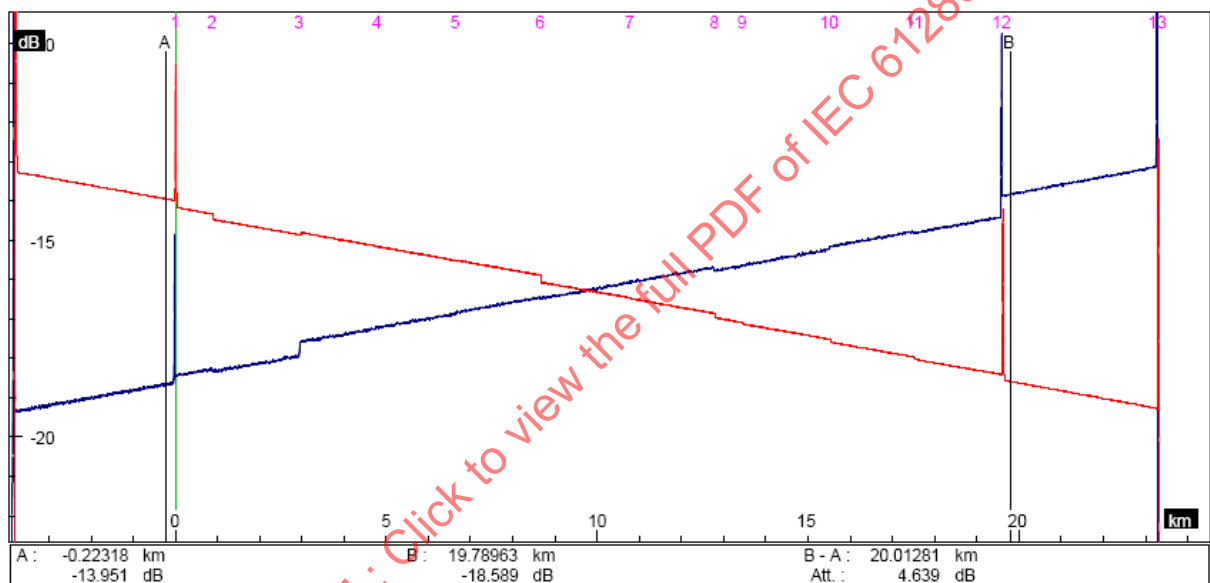
$A_{oe}$  is the attenuation measured in the direction from the origin to the extremity;

$A_{eo}$  is the attenuation measured in the direction from the extremity to the origin

See also IEC TR 62316 for more details.

## H.7 OTDR bi-directional trace analysis

Figure H.6 shows a typical bi-directional OTDR display. The trace from one end is shown reversed and superimposed on the trace from the opposite end of the same fibre so that the position of all of events correlates. The event table shows the results bi-directionally averaged. Note, for example, the high loss splice on the reversed trace at event 3, where there is a "gainer" (apparent negative splice loss) when measured from the opposite end. Note also that the loss of the connector (event 12) is much less when measured in the forward direction, significantly reducing the bi-directionally averaged connector loss.



IEC 2119/14

Figure H.6 – Bidirectional OTDR trace display

Way C→E (13)	Way O→E (13)	Distance (km)	Attenuation (dB)	Attenuation (dB)	Average (dB)	Slope (dB/km)	Slope (dB/km)	Average (dB/km)
13*	13*							
1*	12*	0.00000	0.169			0.193	0.193	0.193
2*	11	0.91447	0.136	-0.062	0.037	0.195	0.187	0.191
3*	10	2.97362	-0.062	0.362	0.150	0.190	0.190	0.190
4*	9	4.81407	0.009	0.025	0.017	0.192	0.184	0.188
5*	8	6.67754	-0.006	0.029	0.011	0.190	0.190	0.190
6*	7	8.67659	0.177	-0.034	0.071	0.190	0.192	0.191
7*	6	10.79521	0.014	0.004	0.009	0.188	0.194	0.191
8*	5	12.81600	0.110	-0.094	0.008	0.191	0.191	0.191
9*	4	13.47659	0.034	0.007	0.021	0.186	0.203	0.195
10*	3	15.53191	0.077	0.076	0.077	0.187	0.196	0.191
11*	2	17.52776	0.067	-0.038	0.014	0.187	0.190	0.189
12*	1	19.62528	0.136	0.534	0.335	0.182	0.198	0.190
13*						0.197	0.200	0.199

IEC 2120/14

Figure H.7 – Bi-directional OTDR trace loss analysis

## **H.8 Non recommended practices**

### **H.8.1 Measurement without tail cord**

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

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

### **H.8.2 Cursor measurement**

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

The use of such a 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

## Annex I (informative)

### Test cord attenuation verification

#### I.1 Introductory remarks

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

Test cord attenuation performance verification involves measuring the attenuation of the test cords, and possibly performing steps to obtain acceptably low attenuation performance prior to measuring the installed cabling. The maximum acceptable attenuation may be established in a number of ways, 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 attenuation) permitted by cabling standards, as the magnitude of this allowance, typically up to 0,75 dB, contributes directly to uncertainty of the measured cabling attenuation.

#### I.2 Apparatus

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

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

- a) by using a compatible socket on the power meter, or
- b) 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.

#### I.3 Procedure

##### I.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:

- a) One-cord and two-cord methods
  - use I.3.1 for test cord interfaces that are non-pinned/unpinned and non-plug/socket connector styles such as LC, SC or other plug/adapter/plug types;
  - use I.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.

## b) Three-cord method

- use I.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 I.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 attenuation formulae assume that power readings are made in absolute linear units such as microwatts ( $\mu\text{W}$ ) or milliwatts (mW) that have to 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 attenuation is determined by subtraction of the reading from the reference. For example, if the reference is  $-12$  dBm and the reading is  $-12,5$  dBm, the attenuation is  $(-12 \text{ dBm}) - (-12,5 \text{ dBm}) = 0,5 \text{ dB}$ .

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

### I.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

The procedure is as follows:

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

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

- Disconnect TC2 from the power meter and adapter, interchange the ends, reinsert between adapter and power meter and record a second power level,  $P_2$ .
- Determine the attenuation as  $10 \log(P_0/P_2)$ (dB). Verify attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapter A1, or replace TC1, TC2 and A1 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step a).
- 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 a) through e), obtaining a new reference reading  $P_3$  and power readings  $P_4$  and  $P_5$  as above.

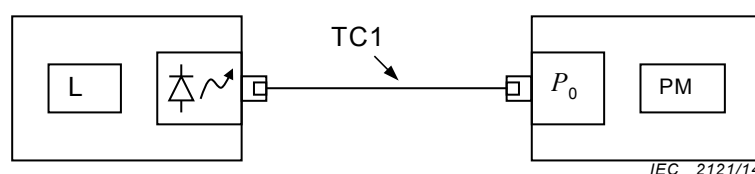


Figure I.1 – Obtaining reference power level  $P_0$

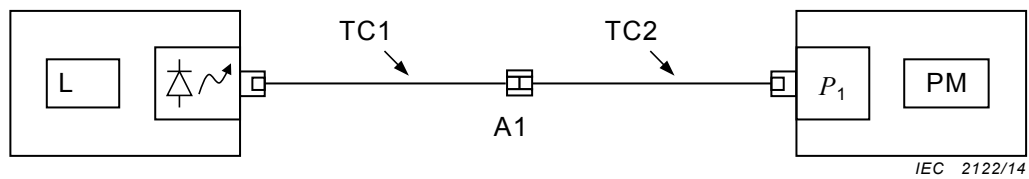


Figure I.2 – Obtaining power level  $P_1$

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

#### I.3.3.1 General

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

#### I.3.3.2 Compatible interfaces

This procedure differs from that of I.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 I.3.1 are recommended so that bi-directional test cord verification can be established. In cases where bi-directional verification may be possible power meters that can accept both pinned and unpinned plugs shall be included.

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

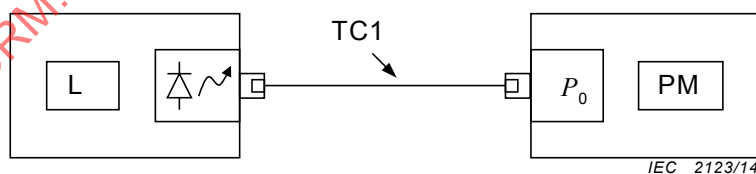


Figure I.3 – Obtaining reference power level  $P_0$

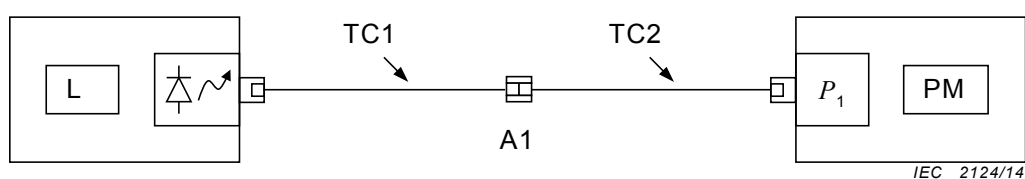


Figure I.4 – Obtaining power level  $P_1$

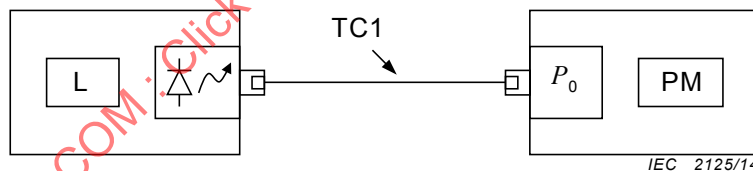
**I.3.3.3 Incompatible interfaces**

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

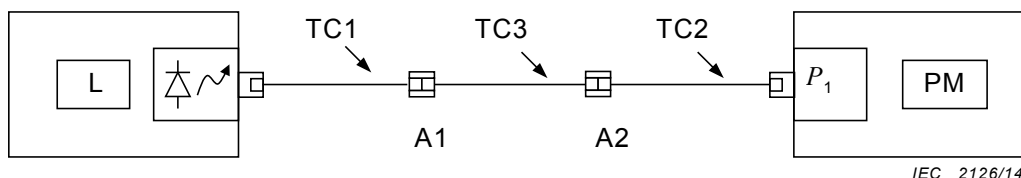
- a) Obtain reference power measurement  $P_0$  with launch cord TC1 as shown in Figure I.5.
- b) Insert adapters A1, A2, cord TC3, and receive cord TC2 between TC1 and power meter as shown in Figure I.6 and record  $P_1$ . For plug/socket styles, the adapters are replaced by sockets on the ends of TC3.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

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

- d) 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,  $P_2$ .
- e) Determine the attenuation as  $10\log(P_0/P_2)$ (dB). Verify attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC2, TC3 and adapter A2 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step a).
- f) 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 a) through c).



**Figure I.5 – Obtaining reference power level  $P_0$**



**Figure I.6 – Obtaining power level**

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

The procedure is as follows:

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

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

- d) Disconnect TC2 from the power meter and adapter, interchange the ends, reinsert between adapter and power meter, and record a second power level,  $P_2$ .
- e) Determine the attenuation as  $10 \log(P_0/P_2)$ (dB). Verify that the attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapter A1, or replace TC1, TC2 and A1 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step a). If step f) is not performed,  $P_2$  becomes the new reference power level  $P_{ref}$  in step h).
- f) 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 a) through 5), obtaining a new reference reading  $P_3$  and power readings  $P_4$  and  $P_5$  as above, then proceed to step g).  $P_5$  becomes the new reference power level  $P_{ref}$  in step h).
- g) Insert substitution cord TC3 and adapter A2 between A1 and TC2 as shown in Figure I.9 and record power level  $P_6$ .
- h) Determine the loss as  $10 \log(P_{ref}/P_6)$ (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 a).
- i) Disconnect TC3 from the adapters, interchange the ends, reinsert and record power level  $P_7$ .
- j) Determine the attenuation as  $10 \log(P_{ref}/P_7)$ (dB). Verify attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC3 and adapters as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step a).

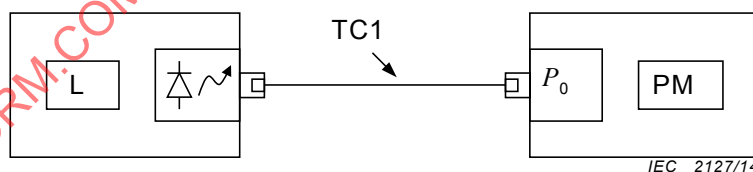


Figure I.7 – Obtaining reference power level  $P_0$

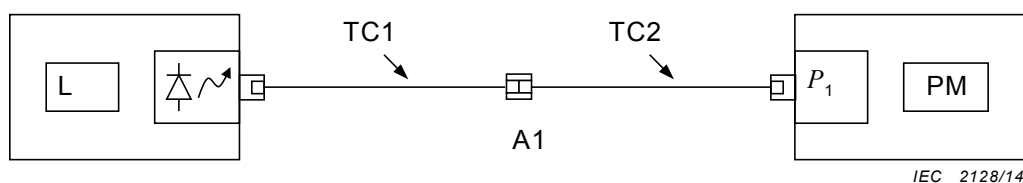


Figure I.8 – Obtaining power level  $P_1$

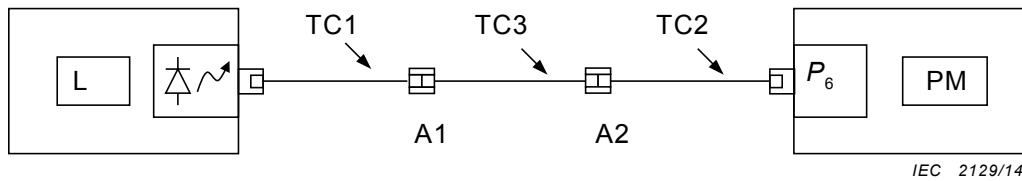


Figure I.9 – Obtaining power level  $P_6$

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

The procedure is as follows:

- a) Obtain reference power measurement  $P_0$  with launch cord TC1 as shown in Figure I.10.
- b) Insert adapters A1, A2, substitution cord TC3, and receive cord TC2 between TC1 and power meter as shown in Figure I.11 and record  $P_1$ . For plug/socket styles, the adapters are replaced by sockets.
- c) Determine the attenuation as  $10\log(P_0/P_1)$ (dB). Verify attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC1, TC2, TC3 and adapters as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step a).
- d) 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 e).
- e) Determine the attenuation as  $10\log(P_0/P_2)$ (dB). Verify attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC1, TC2, TC3 and adapters as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step a).

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

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

- f) 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,  $P_3$ .
- g) Determine the attenuation as  $10\log(P_0/P_3)$ (dB). Verify attenuation is within acceptable limits. If not, clean the plugs and adapters, or replace TC2, TC3 and adapter A2 as necessary before continuing. After cleaning or replacement, repeat from step a).
- h) 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 a) through e).

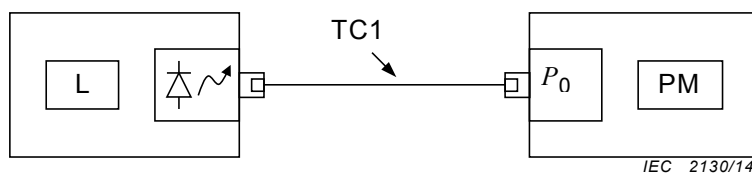


Figure I.10 – Obtaining reference power level  $P_0$

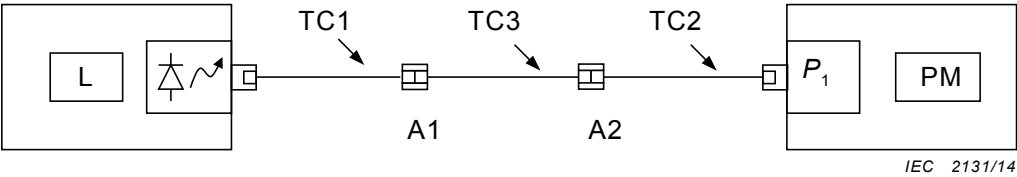


Figure I.11 – Obtaining power level  $P_1$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

## **Annex J** (informative)

### **Spectral attenuation measurement**

#### **J.1 Applicability of test method**

The spectral attenuation of installed cabling is a measure of the attenuation of the cabling as a function of wavelength over a broad wavelength range. Whereas the measurements described in Annexes A through D are typically performed at a few discrete wavelengths (for example 1 310 nm and 1 550 nm plus 1 625 nm for long distance systems), a spectral attenuation measurement may cover a wide wavelength range (for example the S, C and L bands (1 450 nm to 1 625 nm) or the full wavelength range covering the O, E, S, C and L bands from 1 260 nm to 1 625 nm).

These measurements are useful where extended wavelength operation may be required (as in CWDM systems for example), or if it is required to identify the category of fibre in the installed cabling (i.e. whether it is a category with or without a water peak). In particular, there are wavelength ranges where the loss of installed cabling may vary significantly such as around the water peak centred in the E-band at 1 383 nm. It is useful to know the height and width of this peak.

It is possible to carry out attenuation measurements at a large number of discrete wavelengths, for example using a tuneable laser source, but usually the range of wavelengths covered is quite small and principles of Annexes A through D may be applied.

This annex focuses on the use of a broad band light source and an optical spectrum analyser for carrying out this measurement.

#### **J.2 Apparatus**

##### **J.2.1 Broadband light source**

The broadband light source shall have sufficient spectral power density to cover the wavelength range of interest. This may be achieved using one or more high powered LEDs. Alternatively, or in addition, the amplified spontaneous emissions (ASE) of a fibre amplifier may be used, for example to cover the C-band.

There is no requirement for uniform spectral power density as a reference measurement will be taken of the power in the input spectrum.

The emissions of the light source shall be stable for the duration of the measurement.

##### **J.2.2 Optical spectrum analyser**

The optical spectrum analyser shall be capable of measuring power as a function of wavelength across the wavelength range of interest and shall be capable of storing and processing these wavelength scans.

#### **J.3 Procedure**

##### **J.3.1 Reference scan**

- Connect the broadband source directly to the optical spectrum analyser with the appropriate number of test cords depending upon the cabling configuration (see 4.2).

- Turn on the broadband source and allow sufficient time for the output to stabilize.
- Take a reference scan of the power in the input spectrum across the wavelength range of interest and record this power as a function of wavelength:  $P_{\text{Ref}}(\lambda)$ (dB).

### J.3.2 Measurement scan

- Connect the broadband source and associated test cord to one end of the cabling under test, connect the optical spectrum analyser with an appropriate test cord to the other end of the cabling under test.
- Turn on the broadband source and allow sufficient time for the output to stabilize.
- Take a measurement scan of the power in the output spectrum across the wavelength range of interest and record this power as a function of wavelength:  $P_{\text{Meas}}(\lambda)$ (dBm)

### J.4 Calculations

The spectral attenuation of the cabling under test ( $L(\lambda)$ ) is obtained by subtracting the measured scan from the reference scan

$$L(\lambda)(\text{dB}) = P_{\text{Ref}}(\lambda)(\text{dBm}) - P_{\text{Meas}}(\lambda)(\text{dBm}) \quad (\text{J.1})$$

The result of such a measurement may be presented in a table for particular wavelengths of interest (for example the CWDM wavelengths defined by ITU-T) or graphically as shown in Figure J.1, clearly showing very high loss at the water peak with a low loss region in the C and L bands (1 530 nm to 1 625 nm).

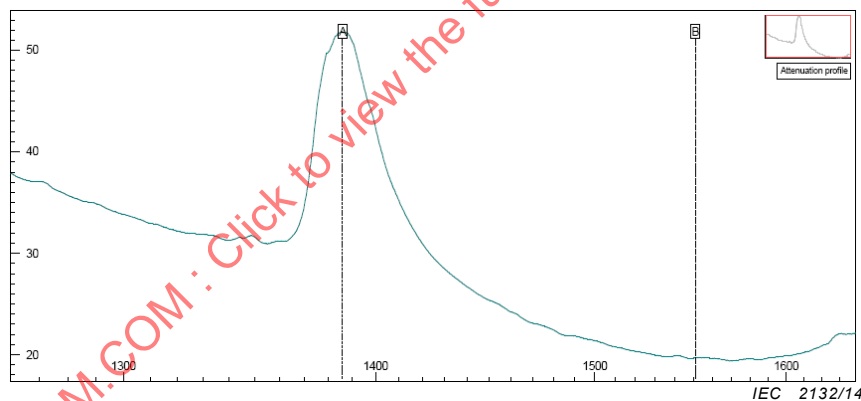


Figure J.1 – Result of spectral attenuation measurement

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

IEC 61753-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components performance standard – Part 1: General and guidance for performance standards*

IEC 61755-2-1, *Fibre optic connector optical interfaces – Part 2-1: Optical interface standard single mode non-angled physically contacting fibres*

IEC 61755-2-2, *Fibre optic connector optical interfaces – Part 2-2: Optical interface standard single mode angled physically contacting fibres*

IEC 61755-2-4, *Fibre optic connector optical interfaces – Part 2-4: Connection of non-dispersion shifted single mode non-angled polished physically contacting fibres for reference connector applications<sup>1</sup>*

IEC 61755-2-5, *Fibre optic connector optical interfaces – Part 2-5: Connection of non-dispersion shifted single-mode angled polished physically contacting fibres for reference connector applications<sup>1</sup>*

IEC 61930, *Fibre optic graphical symbology*

IEC TR 61931:1998, *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 15018, *Information technology – Generic cabling for homes*

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

ISO/IEC 24764, *Information technology – Generic cabling systems for data centres*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

---

<sup>1</sup> To be published.

ITU-T Recommendation G.650.3, *Test methods for installed single-mode optical fibre cable links*

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

---

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	82
INTRODUCTION.....	84
1 Domaine d'application .....	85
2 Références normatives .....	85
3 Termes, définitions, symboles graphiques et abréviations.....	86
3.1 Termes et définitions .....	86
3.2 Symboles graphiques.....	88
3.3 Abréviations.....	90
4 Méthodes de mesure .....	90
4.1 Généralités .....	90
4.2 Configurations de câblage et méthodes d'essai applicables .....	92
4.2.1 Configurations de câblage et méthodes d'essai applicables pour les mesures de l'affaiblissement.....	92
4.2.2 Configurations de câblage et méthodes d'essai applicables pour les mesures de l'affaiblissement de réflexion optique.....	94
4.3 Vue d'ensemble des incertitudes.....	94
4.3.1 Généralités.....	94
4.3.2 Cordons d'essai.....	94
4.3.3 Réflexions sur d'autres interfaces.....	94
4.3.4 Source optique .....	95
4.3.5 Référence de puissance de sortie.....	95
4.3.6 Référence de puissance reçue.....	95
4.3.7 Variation du diamètre du champ de mode.....	95
4.3.8 Mesures bidirectionnelles.....	95
5 Appareillage .....	95
5.1 Généralités .....	95
5.2 Source de rayonnement lumineux .....	96
5.2.1 Stabilité.....	96
5.2.2 Caractéristiques spectrales.....	96
5.2.3 Cordon d'injection.....	96
5.3 Cordon de réception ou de fin.....	97
5.4 Cordon de remplacement.....	97
5.5 Appareil de mesure de la puissance – Méthodes LSPM seulement .....	97
5.6 Appareillage de l'OTDR .....	97
5.7 Montage d'essai pour l'affaiblissement de réflexion.....	98
5.8 Equipement de nettoyage et d'examen de l'extrémité des connecteurs .....	99
5.9 Raccords .....	99
6 Procédures.....	99
6.1 Généralités .....	99
6.2 Procédures courantes.....	100
6.2.1 Précautions relatives aux cordons d'essai.....	100
6.2.2 Effectuer des mesures de référence (méthodes LSPM et OCWR seulement) .....	100
6.2.3 Vérifier et nettoyer les extrémités des fibres du câblage .....	100
6.2.4 Effectuer les mesures .....	100
6.2.5 Effectuer les calculs .....	100

6.3	Étalonnage .....	101
6.4	Sécurité .....	101
7	Calculs .....	101
8	Documentation .....	101
8.1	Informations pour chaque essai .....	101
8.2	Informations devant être disponibles .....	101
Annexe A (normative) Méthode de référence par cordon unique .....		102
A.1	Applicabilité de la méthode d'essai .....	102
A.2	Appareillage.....	102
A.3	Procédure .....	102
A.4	Calcul .....	103
A.5	Composantes de l'affaiblissement indiqué.....	104
Annexe B (normative) Méthode de référence à trois cordons .....		105
B.1	Applicabilité de la méthode d'essai .....	105
B.2	Appareillage.....	105
B.3	Procédure .....	105
B.4	Calculs .....	106
B.5	Composantes de l'affaiblissement indiqué.....	107
Annexe C (normative) Méthode de référence à deux cordons.....		108
C.1	Applicabilité de la méthode d'essai .....	108
C.2	Appareillage.....	108
C.3	Procédure .....	108
C.4	Calculs .....	110
C.5	Composantes de l'affaiblissement indiqué.....	110
Annexe D (normative) Réflectomètre optique dans le domaine temporel .....		111
D.1	Applicabilité de la méthode d'essai .....	111
D.2	Appareillage.....	111
D.2.1	Généralités .....	111
D.2.2	OTDR .....	111
D.2.3	Cordons d'essai.....	111
D.3	Procédure (méthode d'essai) .....	112
D.4	Calcul de l'affaiblissement .....	113
D.4.1	Généralités .....	113
D.4.2	Emplacement des connexions.....	113
D.4.3	Définition des niveaux de puissance $F_1$ et $F_2$ .....	114
D.4.4	Calcul alternatif .....	115
D.5	Calcul de l'affaiblissement de réflexion optique .....	116
D.6	Calcul de la réflectance pour des composants discrets .....	118
D.7	Incertitudes de l'OTDR.....	119
Annexe E (normative) Mesure de l'affaiblissement de réflexion optique à ondes entretenues – Méthode A.....		120
E.1	Applicabilité de la méthode d'essai .....	120
E.2	Appareillage.....	120
E.2.1	Généralités .....	120
E.2.2	Source de rayonnement lumineux.....	121
E.2.3	Dispositif de couplage ou coupleur .....	121
E.2.4	Appareil de mesure de puissance .....	121
E.2.5	Interface de connecteur .....	121

E.2.6	Terminaison basse réflexion .....	121
E.3	Procédure .....	122
E.3.1	Caractérisation du montage d'essai .....	122
E.3.2	Procédure de mesure .....	124
E.3.3	Calculs .....	125
E.3.4	Incertitude de mesure .....	125
Annexe F (normative) Mesure de l'affaiblissement de réflexion optique à ondes entretenues – Méthode B .....		126
F.1	Applicabilité de la méthode d'essai .....	126
F.2	Appareillage .....	126
F.2.1	Exigences générales .....	126
F.2.2	Terminaison de réflectance connue .....	127
F.3	Procédure .....	127
F.3.1	Caractérisation du montage .....	127
F.3.2	Procédure de mesure .....	128
F.3.3	Calcul .....	129
F.3.4	Incertitude de mesure .....	129
Annexe G (informative) Exemples d'incertitudes de mesure .....		130
G.1	Réduction des incertitudes à l'aide de terminaison de classe référence et problèmes associés .....	130
G.1.1	Motivations sur l'utilisation de terminaisons de classe référence sur des cordons d'essai .....	130
G.1.2	Ajustement des limites d'acceptation pour tenir compte de différentes pertes attendues lors de l'utilisation de connecteurs de classe référence et de classe normalisée .....	131
G.2	Estimation des incertitudes de mesure .....	132
G.2.1	Incertitude de mesure .....	132
G.2.2	Incertitude due à l'instrument .....	132
G.2.3	Incertitude due à la source .....	133
G.2.4	Incertitude due au dispositif en essai .....	133
G.2.5	Exemple d'accumulation d'incertitudes utilisant un seul appareil de mesure de puissance .....	134
G.2.6	Exemple d'accumulation d'incertitudes utilisant deux appareils de mesure de la puissance .....	136
Annexe H (informative) Informations de configuration de l'OTDR .....		137
H.1	Remarques introductives .....	137
H.2	Paramètres fondamentaux qui définissent la capacité fonctionnelle d'un OTDR .....	138
H.2.1	Plage dynamique .....	138
H.2.2	Largeur d'impulsion .....	138
H.2.3	Temps pour effectuer la moyenne .....	138
H.2.4	Zone morte .....	138
H.3	Autres paramètres .....	139
H.3.1	Indice de réfraction .....	139
H.3.2	Plage de mesure .....	139
H.3.3	Échantillonnage de la distance .....	139
H.4	Autres configurations de mesure .....	139
H.4.1	Généralités .....	139
H.4.2	Mesure de l'affaiblissement dû aux macro-courbures .....	139
H.4.3	Mesure de l'affaiblissement d'épissures .....	140

H.4.4	Mesure avec des connecteurs à forte réflexion ou un câblage de courte longueur .....	140
H.4.5	Fantôme .....	142
H.5	Plus d'informations sur la méthode de mesure .....	143
H.6	Mesure bidirectionnelle .....	144
H.7	Analyse de la trace d'un OTDR bidirectionnel .....	145
H.8	Pratiques non recommandées .....	146
H.8.1	Mesure sans cordon de fin .....	146
H.8.2	Mesure de curseur .....	146
Annexe I (informative)	Vérification de l'affaiblissement d'un cordon d'essai .....	147
I.1	Remarques introductives .....	147
I.2	Appareillage .....	147
I.3	Procédure .....	147
I.3.1	Généralités .....	147
I.3.2	Vérification des cordons d'essai pour les méthodes d'essai de référence à cordon unique et à deux cordons en utilisant des connexions de type pas broché/non broché et qui ne sont pas de type fiche/embase .....	148
I.3.3	Vérification des cordons d'essai pour les méthodes d'essai de référence à cordon unique et à deux cordons en utilisant des connexions de type broché/non broché ou de type fiche/embase .....	149
I.3.4	Vérification des cordons d'essai pour la méthode d'essai de référence à trois cordons en utilisant des connecteurs de type non brochés/non brochés et sans connexion de type fiche/embase .....	151
I.3.5	Vérification des cordons d'essai pour la méthode d'essai de référence à trois cordons en utilisant des connecteurs de type broché/non broché ou avec connexion de type fiche/embase .....	152
Annexe J (informative)	Mesure de l'affaiblissement spectral .....	154
J.1	Applicabilité de la méthode d'essai .....	154
J.2	Appareillage .....	154
J.2.1	Source de lumière à large bande .....	154
J.2.2	Analyseur de spectre optique .....	154
J.3	Procédure .....	155
J.3.1	Balayage de référence .....	155
J.3.2	Balayage de mesure .....	155
J.4	Calculs .....	155
Bibliographie	.....	156
Figure 1	– Symboles des connecteurs .....	89
Figure 2	– Symbole d'un câblage en essai .....	89
Figure 3	– Configuration A – Début et fin de pertes mesurées dans la méthode d'essai de référence .....	92
Figure 4	– Configuration B – Début et fin de pertes mesurées dans la méthode d'essai de référence .....	93
Figure 5	– Configuration C – Début et fin de pertes mesurées dans la méthode d'essai de référence .....	93
Figure 6	– Schéma d'OTDR typique .....	98
Figure 7	– Illustration de montage d'essai pour l'affaiblissement de réflexion .....	99
Figure A.1	– Mesure de référence par cordon unique .....	103
Figure A.2	– Mesure d'essai par cordon unique .....	103
Figure B.1	– Mesure de référence à trois cordons .....	106

Figure B.2 – Mesure d'essai à trois cordons.....	106
Figure C.1 – Mesure de référence à deux cordons.....	109
Figure C.2 – Mesure d'essai à deux cordons.....	109
Figure C.3 – Mesure d'essai à deux cordons pour les connecteurs de type mâle-femelle.....	109
Figure D.1 – Mesure d'essai pour la méthode D.....	113
Figure D.2 – Emplacement des ports du câblage en essai.....	114
Figure D.3 – Construction graphique de $F_1$ et $F_2$ .....	115
Figure D.4 – Construction graphique de $F_1$ , $F_{11}$ , $F_{21}$ et $F_2$ .....	116
Figure D.5 – Représentation graphique de la mesure de l'ORL d'un OTDR.....	117
Figure D.6 – Représentation graphique de la mesure de la réflectance.....	118
Figure E.1 – Illustration de montage d'essai pour l'affaiblissement de réflexion.....	120
Figure E.2 – Mesure de l'affaiblissement interne du système $P_{ref2}$ .....	122
Figure E.3 – Mesure de l'affaiblissement interne du système $P_{ref1}$ .....	123
Figure E.4 – Mesure de la puissance réfléchie du système $P_{rs}$ .....	123
Figure E.5 – Mesure de la puissance d'entrée $P_{in}$ .....	124
Figure E.6 – Mesure de la puissance réfléchie.....	125
Figure F.1 – Illustration de montage d'essai pour l'affaiblissement de réflexion.....	126
Figure F.2 – Mesure de $P_{rs}$ avec les réflexions supprimées.....	127
Figure F.3 – Mesure de $P_{ref}$ avec un réflecteur de référence.....	128
Figure F.4 – Mesure de la puissance réfléchie du système $P_{rs}$ .....	128
Figure F.5 – Mesure de la puissance réfléchie.....	129
Figure H.1 – Mesure de l'affaiblissement des épissures et des macro-courbures.....	140
Figure H.2 – Mesure de l'affaiblissement avec des connecteurs fortement réfléchissants.....	141
Figure H.3 – Mesure de l'affaiblissement d'un câblage de courte longueur.....	142
Figure H.4 – Tracé de l'OTDR avec pic fantôme.....	143
Figure H.5 – Positionnement des curseurs.....	144
Figure H.6 – Affichage de la trace d'un OTDR bidirectionnel.....	145
Figure H.7 – Analyse des pertes de la trace d'un OTDR bidirectionnel.....	146
Figure I.1 – Obtention du niveau de puissance de référence $P_0$ .....	149
Figure I.2 – Obtention du niveau de puissance $P_1$ .....	149
Figure I.3 – Obtention du niveau de puissance de référence $P_0$ .....	150
Figure I.4 – Obtention du niveau de puissance $P_1$ .....	150
Figure I.5 – Obtention du niveau de puissance de référence $P_0$ .....	151
Figure I.6 – Obtention du niveau de puissance.....	151
Figure I.7 – Obtention du niveau de puissance de référence $P_0$ .....	152
Figure I.8 – Obtention du niveau de puissance $P_1$ .....	152
Figure I.9 – Obtention du niveau de puissance $P_6$ .....	152
Figure I.10 – Obtention du niveau de puissance de référence $P_0$ .....	153
Figure I.11 – Obtention du niveau de puissance $P_1$ .....	153
Figure J.1 – Résultat de mesure de l'affaiblissement spectral.....	155

Tableau 1 – Configurations du câblage .....	92
Tableau 2 – Méthodes et configuration des essais .....	93
Tableau D.1 – Longueurs typiques de cordons d'injection et de fin .....	112
Tableau G.1 – Exemples de pertes attendues (voir NOTE 1) .....	130
Tableau G.2 – Exemple d'accumulation d'incertitudes utilisant un seul appareil de mesure de la puissance .....	135
Tableau G.3 – Exemple d'accumulation d'incertitudes utilisant deux appareils de mesure de la puissance .....	136
Tableau H.1 – Exemple d'indice de groupe efficace des valeurs de réfraction .....	139

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES  
DE TÉLÉCOMMUNICATION À FIBRES OPTIQUES –****Partie 4-2: Installations câblées –  
Mesure de l'affaiblissement de réflexion optique  
et de l'affaiblissement des fibres unimodales**

## AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61280-4-2 a été établie par le sous-comité SC86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1999, dont elle constitue une révision technique.

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

- révision des mesures de réflectométrie optique dans le domaine temporel (OTDR);
- ajout des mesures de l'affaiblissement de réflexion optique (ORL);

- ajout d'annexes informatives sur les incertitudes de mesure, la configuration de l'OTDR, la vérification de l'affaiblissement des cordons d'essai et la mesure de l'affaiblissement spectral.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86C/1238/FDIS	86C/1261/RVD

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

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

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

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

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

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

## INTRODUCTION

Cette deuxième édition de l'IEC 61280-4-2 sur les essais de câblage installé en usine en unimodal suit le développement de la seconde édition de l'IEC 6180-4-1, qui, elle, traite des essais de câblage installé en usine, en multimodal.

Les normes de conception de câblage dans des bâtiments telles que l'ISO/IEC 11801 pour les bâtiments commerciaux, l'ISO/IEC 24702 pour les bâtiments industriels, l'ISO/IEC 24764 pour les centres de traitement de données et l'ISO/IEC 15018 pour le câblage résidentiel contiennent les spécifications pour ce type de câblage. Ces normes prennent en charge des longueurs de câble pouvant atteindre 2 km pour les bâtiments commerciaux et les centres de traitement de données et 10 km pour les bâtiments industriels. L'ISO/IEC 14763-3, qui prend appui sur ces normes de conception fait référence aux méthodes d'essai de la présente norme.

Différentes recommandations de l'UIT-T ont des exigences pour des applications sur des distances supérieures, à savoir les courtes distances (40 km), les longues distances (80 km) et les très longues distances (160 km). Les essais de câblage installé en usine sur ces distances sont couverts par la recommandation G.650.3 de l'UIT-T, qui fait référence aux méthodes d'essai de la présente norme.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

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

## Partie 4-2: Installations câblées – Mesure de l'affaiblissement de réflexion optique et de l'affaiblissement des fibres unimodales

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61280 s'applique à la mesure de l'affaiblissement et de l'affaiblissement de réflexion optique d'un câblage en fibre optique installé en usine utilisant des fibres unimodales. Ce câblage installé peut inclure des fibres optiques unimodales, des connecteurs, des adaptateurs, des épissures et d'autres dispositifs passifs. Le câblage peut être installé dans différents environnements tels que des bâtiments résidentiels, commerciaux, industriels et des centres de traitement de données, mais aussi dans des environnements extérieurs.

La présente norme peut être appliquée à tous les types de fibres unimodales y compris celles désignées comme des fibres de Classe B par l'IEC 60793-2-50.

Les principes de la présente norme peuvent s'appliquer aux câblages installés contenant des dispositifs de commutation (répartiteurs) et sur des plages de longueurs d'onde spécifiques, dans des situations dans lesquelles sont déployés des composants passifs sélectifs en longueurs d'onde, par exemple des dispositifs WDM, CWDM et DWDM.

La présente norme n'est pas destinée à s'appliquer à des câblages installés qui incluent des dispositifs actifs tels que des amplificateurs à fibres ou des égaliseurs de canaux de transmission dynamiques.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

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

IEC 60874-14-2, *Connectors for optical fibres and cables – Part 14-2: Detail specification for fibre optic connector type SC-PC tuned terminated to single-mode fibre type B1*  
(disponible en anglais seulement)

IEC 61300-3-6, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-6: Examens et mesures – Affaiblissement de réflexion*

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

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

IEC 61746-1:2009, *Calibration of optical time-domain reflectometers (OTDR) – Part 1: OTDR for single-mode fibres*  
(disponible en anglais seulement)

IEC TR 62627-01, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic connector cleaning methods*  
(disponible en anglais seulement)

### 3 Termes, définitions, symboles graphiques et abréviations

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

#### 3.1 Termes et définitions

##### 3.1.1

##### **adaptateur**

partie femelle d'un connecteur dans lequel une ou deux fiches sont introduites et alignées

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.4]

##### 3.1.2

##### **affaiblissement**

mesure de la réduction de la puissance optique transmise par le câblage en essai

Note 1 à l'article: L'affaiblissement ( $L$ ) est déterminé comme le rapport entre la puissance d'entrée ( $P_{in}$ ) et la puissance de sortie ( $P_{out}$ ) du câblage en essai, donné par la formule

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

En variante, l'affaiblissement peut s'exprimer sous la forme  $L = -10 \times \log_{10} \times (P_{out}/P_{in})$ . Les deux formules sont équivalentes mathématiquement, leur résultat est une valeur en décibels positifs.

Note 2 à l'article: Les termes «perte» et «affaiblissement» sont équivalents.

##### 3.1.3

##### **mesure bidirectionnelle**

deux mesures de la même fibre optique effectuées en injectant le rayonnement lumineux par les extrémités opposées de cette fibre

##### 3.1.4

##### **configuration**

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

##### 3.1.5

##### **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

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.1]

### 3.1.6

#### **appareil de mesure de la puissance de la source du rayonnement lumineux**

##### **LSPM**

système d'essai consistant en une source de rayonnement lumineux (LS), un appareil de mesure de la puissance (PM) et des cordons d'essai associés utilisés pour mesurer l'affaiblissement d'une installation câblée

Note 1 à l'article: L'abréviation "LSPM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "light source power meter".

### 3.1.7

#### **affaiblissement de réflexion optique**

##### **ORL**

rapport entre la puissance d'entrée ( $P_{in}$ ) du câblage en essai et la puissance inverse ( $P_r$ ), réfléchi par le câblage en essai, exprimé en décibels:

$$ORL = 10 \times \log_{10}(P_{in} / P_r)$$

Note 1 à l'article: L'affaiblissement de réflexion optique est un nombre positif.

Note 2 à l'article: L'abréviation "ORL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "optical return loss".

### 3.1.8

#### **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 et l'affaiblissement de réflexion optique d'une installation câblée et des éléments spécifiques de cette installation câblée

Note 1 à l'article: L'abréviation "OTDR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "optical time domain reflectometer".

### 3.1.9

#### **fiche**

partie mâle d'un connecteur

Note 1 à l'article: En anglais, on l'appelle "plug" ou "free connector".

[SOURCE: IEC TR 61931:1998, 2.6.2]

### 3.1.10

#### **terminaison de classe référence**

fiche de connecteur avec des tolérances serrées raccordée à une fibre optique unimodale avec des tolérances serrées telles que les pertes attendues d'une connexion formée en accouplant deux de ces assemblages soient inférieures ou égales à 0,2 dB

Note 1 à l'article: Un raccord dont il est requis qu'il présente ces performances, peut être considéré comme appartenant à la terminaison de classe référence lorsque la configuration d'essai l'exige.

Note 2 à l'article: Cette définition est en phase avec les connexions de référence de grade 2, telle que définie pour les connecteurs avec ferrule cylindrique, dans l'IEC 61755-2-4 pour les contacts sans angle (PC) et l'IEC 61755-2-5 pour les contacts avec angle. Ces normes peuvent être référencés pour de plus amples informations.

### 3.1.11

#### **méthode d'essai de référence**

##### **RTM**

méthode d'essai utilisée pour résoudre un conflit

Note 1 à l'article: L'abréviation "RTM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "reference test method".

### 3.1.12 réflectance

pour un composant discret dans le câblage, rapport entre la puissance inverse ( $P_r$ ) réfléchie par le composant et la puissance d'entrée ( $P_{in}$ ) dans le composant, exprimé en décibels:

$$\text{Réflectance} = 10 \times \log_{10}(P_r / P_{in})$$

Note 1 à l'article: La réflectance est un nombre négatif.

Note 2 à l'article: En variante, on l'appelle (par exemple dans l'IEC 61300-3-6) l'affaiblissement de réflexion des composants individuels, exprimé par la formule  $RL = -10 \times \log_{10}(P_r / P_{in})$ , qui est un nombre positif.

### 3.1.13 montage d'essai pour l'affaiblissement de réflexion RLTS

système d'essai consistant en une source de rayonnement lumineux (LS), un appareil de mesure de la puissance interne (PM), un coupleur directif, un appareil de mesure de la puissance externe supplémentaire et des cordons d'essai associés utilisés pour mesurer l'affaiblissement de réflexion optique d'un câblage installé

Note 1 à l'article: L'abréviation "RLTS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "return loss test set".

### 3.1.14 connecteur de type embase

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

Note 1 à l'article: Des exemples comportent le SG (IEC 61754-19) et un grand nombre de connecteurs pour environnement hostile.

Note 2 à l'article: En anglais, on l'appelle "socket" ou "fixed connector".

### 3.1.15 cordon d'essai

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

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

- cordon d'injection: utilisé pour connecter la source de rayonnement lumineux au câblage;
- cordon de réception: utilisé pour connecter le câblage à l'appareil de mesure de la puissance (LSPM seulement);
- cordon de fin: fixé à l'extrémité éloignée du câblage lorsqu'on utilise un OTDR à l'extrémité proche. Celui-ci constitue un moyen pour évaluer l'affaiblissement et l'affaiblissement de réflexion optique de la totalité du 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 du câblage en essai.

## 3.2 Symboles graphiques

Les symboles graphiques, comme le montre la Figure 1, qui suivent pour différentes options de connexion ont été adaptés d'après l'IEC 61930.

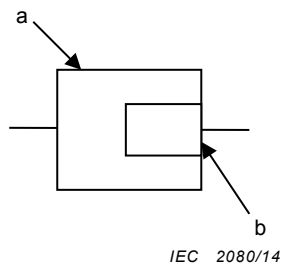


Figure 1a – Assemblage embase et fiche

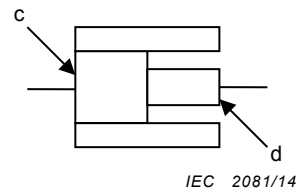
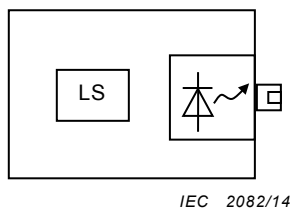
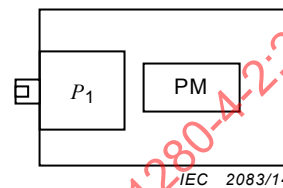
Figure 1b – Jeu de connecteurs  
(fiche, raccord, fiche)Figure 1c – Source de rayonnement  
lumineux

Figure 1d – Appareil de mesure de la puissance

**Légende**

- a embase
- b fiche
- c assemblage fiche-raccord
- d fiche insérée dans un assemblage fiche-raccord
- LS source de rayonnement lumineux
- PM appareil de mesure de la puissance

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 le 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 référence sont représentées en grisé.

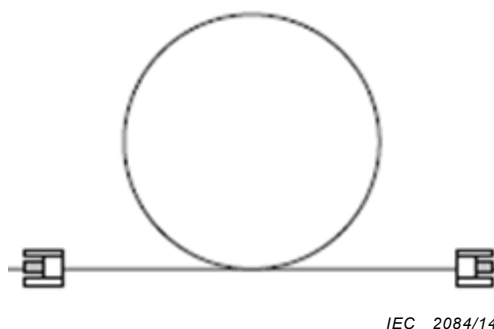
**Figure 1 – Symboles des connecteurs**

Figure 2 – Symbole d'un câblage en essai

Sur les figures qui illustrent les configurations de mesure des Annexes A à D, le câblage en essai est illustré 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 ce câblage, on considère séparément les pertes associées aux connecteurs terminaux de celles du câblage en lui-même.

NOTE 1 Le câblage est représenté 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 référence.

### 3.3 Abréviations

Les abréviations suivantes sont utilisés dans la présente norme:

Terme	Terme en français	Equivalent en anglais
APC	contact physique avec angle (description d'un modèle de connecteur)	angled physical contact (description of connector style)
BBS	source à large bande	broadband source
CW	onde entretenue	continuous wave
CWDM	multiplexage par répartition lâche en longueur d'onde	coarse wavelength division multiplexing
DWDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde à forte densité	dense wavelength division multiplexing
FTTH	fibres jusqu'à l'abonné	fibre to the home
LS	source de rayonnement lumineux	light source
LSA	approximation aux moindres carrés	least squares approximation
LSPM	appareil de mesure de la puissance de la source de rayonnement lumineux	light source power meter
OCWR	réflectomètre à onde entretenue optique	optical continuous wave reflectometer
ORL	affaiblissement de réflexion optique	optical return loss
OSA	analyseur de spectre optique	optical spectrum analyser
OTDR	réflectomètre optique dans le domaine temporel	optical time domain reflectometer
PC	contact physique) (description d'un modèle de connecteur sans angle	physical contact (description of connector style that is not angled)
PM	appareil de mesure de la puissance	power meter
PON	réseau optique passif	passive optical network
ROADM	multiplexeur optique d'insertion-extraction reconfigurable	reconfigurable optical add drop multiplexer
RLTS	montage d'essai pour l'affaiblissement de réflexion	return loss test set
RTM	méthode d'essai de référence	reference test method
WDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde	wavelength division multiplexing

## 4 Méthodes de mesure

### 4.1 Généralités

Quatre méthodes de mesure de l'affaiblissement 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 de rayonnement lumineux optique et un appareil de mesure de la puissance (LSPM) pour mesurer les niveaux de puissance d'entrée et de sortie du câblage en essai afin de 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 le câblage en 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».

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 produit des résultats qui comportent l'affaiblissement associé aux connexions aux deux extrémités du câblage en essai. La méthode de référence à trois cordons produit des résultats qui tentent d'exclure l'affaiblissement des connexions aux deux extrémités du câblage en essai. La méthode de référence à deux cordons produit normalement des résultats qui comportent l'affaiblissement associé à l'une des connexions du câblage en essai.

NOTE L'affaiblissement maximal admissible du 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 connecter directement le câblage en essai à l'appareil de transmission.

L'OTDR émet des impulsions lumineuses courtes dans le 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 du câblage. Elle n'exige pas d'effectuer une mesure de référence séparée. Les exigences relatives au cordon d'injection et au cordon de fin sont définies à l'Annexe D.

La présente norme définit également deux types de méthodes d'essais qui peuvent être utilisées pour mesurer l'affaiblissement de réflexion optique d'une installation de câblage:

- la méthode basée sur l'OTDR;
- la méthode des ondes entretenues utilisant un montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion.

La méthode de l'OTDR permet de mesurer l'affaiblissement de réflexion optique de tout le câblage et de mesurer la réflectance de composants discrets ou l'affaiblissement de réflexion optique de sections spécifiques du câblage. La mesure peut être effectuée en une étape à partir de chaque extrémité du câblage en essai. Cette méthode est décrite en détail dans l'Article D.5.

La méthode des ondes entretenues décrite à l'Annexe E mesure directement la puissance émise dans le câblage en essai sous la forme d'une étape de mesure initiale, puis la compare à la puissance réfléchie mesurée par un coupleur directif. Des mesures de référence ou d'étalonnage supplémentaires sont nécessaires pour quantifier l'affaiblissement par le coupleur directif et pour annuler toutes les réflexions internes dans l'appareil de mesure.

Une méthode d'essai alternative utilisant les ondes entretenues est décrite à l'Annexe F. Le niveau de puissance émis est calculé à partir de mesures indirectes et de la puissance réfléchie mesurée d'une manière semblable à la méthode décrite à l'Annexe E. Une autre mesure de référence de la réflectance d'une terminaison connue est nécessaire pour mettre en œuvre cette méthode.

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 F. 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 câblage et méthodes d'essai applicables

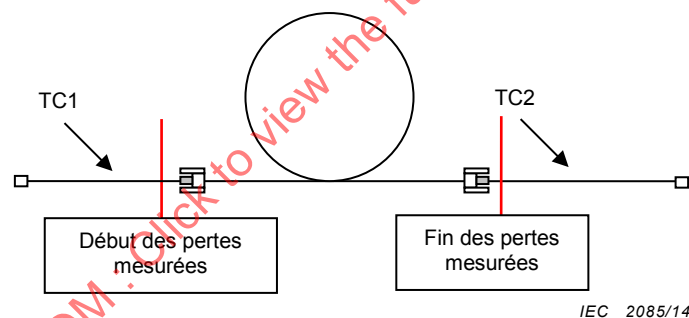
### 4.2.1 Configurations de câblage et méthodes d'essai applicables pour les mesures de l'affaiblissement

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

**Tableau 1 – Configurations du câblage**

Configuration	Description
A	Adaptateurs fixés à des fiches ou des embases fixées aux deux extrémités du câblage
B	Fiches aux deux extrémités
C	Mélangée, où une extrémité du câblage se termine par un adaptateur et l'autre extrémité se termine par une fiche

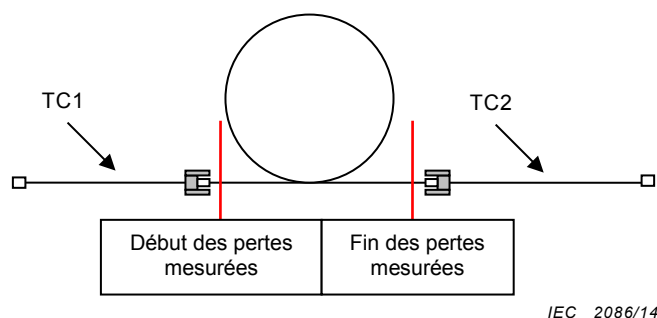
Les variantes de la méthode d'essai utilisée pour mesurer le câblage dépendent de la configuration du câblage. Une configuration de câblage courante est par exemple une configuration comportant des adaptateurs ou des connecteurs femelles aux deux extrémités du câblage (par l'intermédiaire de panneaux 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 du câblage comme illustré à la Figure 3.



**Figure 3 – Configuration A – Début et fin de pertes mesurées dans la méthode d'essai de référence**

NOTE 1 La Figure 3 est un exemple de câblage dans la configuration A avec les cordons d'essai TC1 et TC2 attachés, illustrant le début et la fin des pertes mesurées quand la méthode d'essai de référence est utilisée (la méthode d'essai de référence à cordon unique détaillée à l'Annexe A).

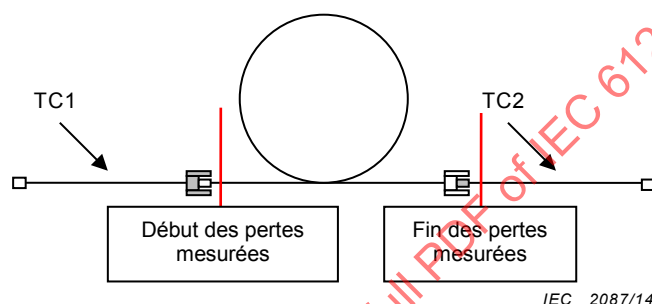
Un autre exemple est une configuration de câblage pour laquelle les cordons des appareils sont installés aux deux extrémités du câblage et sont en attente de connexion à un appareil électronique. Ceci correspond à la configuration B. Dans ce cas, on utilise une méthode de référence à trois cordons pour s'affranchir des pertes des connexions des prises d'extrémité.



IEC 2086/14

**Figure 4 – Configuration B – Début et fin de pertes mesurées dans la méthode d'essai de référence**

NOTE 2 La Figure 4 est un exemple de câblage dans la configuration B avec les cordons d'essai attachés, illustrant le début et la fin des pertes mesurées quand la méthode d'essai de référence est utilisée (la méthode d'essai de référence à trois cordons détaillée à l'Annexe B).



IEC 2087/14

**Figure 5 – Configuration C – Début et fin de pertes mesurées dans la méthode d'essai de référence**

NOTE 3 La Figure 5 est un exemple de câblage dans la configuration C avec les cordons d'essai attachés, illustrant le début et la fin des pertes mesurées quand la méthode d'essai de référence est utilisée (la méthode d'essai de référence à deux cordons détaillée à l'Annexe C).

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 sujettes à une moins bonne précision de mesure lorsqu'on les compare à la méthode d'essai de référence. Les terminaisons de classe référence sur les cordons d'essai comme décrit en 5.2.3, 5.3 et 5.4 doivent être utilisées pour la résolution de conflits, sauf accord contraire.

**Tableau 2 – Méthodes et configuration des essais**

Configuration	RTM	Méthode de substitution
A	Annexe A	Annexe B*, Annexe D
B	Annexe B	Annexe D
C	Annexe C	Annexe B, Annexe D
<p>* 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, là où l'appareil de mesure de la puissance n'accepte pas le connecteur non broché ou la fiche du cordon d'injection, on peut utiliser la méthode illustrée à Figure C.3.</p> <p>* Si des informations sur les composants discrets installés à l'intérieur du câblage en essai sont requises, l'Annexe D présente la seule de ces méthodes d'essai à les fournir.</p>		
<p>NOTE Ces configurations, les RTM et les annexes sont dans l'ordre des fréquences que l'on rencontre généralement avec les différentes configurations.</p>		

#### **4.2.2 Configurations de câblage et méthodes d'essai applicables pour les mesures de l'affaiblissement de réflexion optique**

N'importe laquelle des configurations de câblage décrites en 4.2.1 peut être mesurée en utilisant n'importe laquelle des trois méthodes d'essai d'ORL définies dans les Annexes D, E et F.

La méthode d'essai de l'ORL d'un OTDR décrite à l'Article D.5 n'exige pas de réaliser de mesure de référence séparée et est la moins sujette aux erreurs de mesure. Quand le câblage est soumis à un essai en utilisant un cordon d'injection et un cordon de fin appropriés, il est facile de définir le début et la fin de la mesure d'ORL comme cela est représenté à la Figure D.5.

La méthode d'essai d'ORL à ondes entretenues décrite à l'Annexe E est susceptible de fournir les résultats d'ORL les plus précis, à condition que des mesures de référence soient effectuées correctement et que les réflexions indésirables soient supprimées. En particulier, des précautions doivent être prises si un câble court (<10 km) est soumis aux essais avec un connecteur PC (sans angle) à l'extrémité éloignée. Si ce connecteur est laissé ouvert, alors la réflexion indésirable sur cette interface verre/air dominera la totalité de l'ORL. C'est pourquoi on utilise un cordon de fin avec une connexion PC à une extrémité et une connexion APC à l'autre extrémité sur la Figure E.1 pour supprimer la réflexion verre/air tout en fournissant une contribution d'une réflectance représentative depuis une paire de connecteurs à l'extrémité éloignée du système.

La configuration alternative d'une mesure d'ORL à ondes entretenues décrite à l'Annexe F ne prévoit pas de mesure directe de la puissance émise entrant dans le système en essai, et des mesures de référence sont exigées sur des bornes de réflectance connue.

#### **4.3 Vue d'ensemble des incertitudes**

##### **4.3.1 Généralités**

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

##### **4.3.2 Cordons d'essai**

Une principale source d'incertitude met en jeu la connexion entre le câblage terminé et l'appareil d'essai. L'affaiblissement et la réflectance associés aux connexions du cordon d'essai peuvent être différents de l'affaiblissement et de la réflectance présents lorsque le câblage est connecté à d'autres cordons ou à un autre appareil de transmission. L'utilisation de terminaisons de classe référence sur les cordons d'essai diminue cette incertitude et améliore la reproductibilité de la mesure, mais l'affectation d'un affaiblissement acceptable est modifiée, conformément à la liste donnée dans le Tableau G.1.

##### **4.3.3 Réflexions sur d'autres interfaces**

Pendant les mesures de l'affaiblissement de réflexion optique, des réflexions sur d'autres interfaces peuvent constituer une cause importante d'incertitude de mesure, en particulier pour la méthode des ondes entretenues. Il est important de configurer le câblage en essai pour supprimer les réflexions indésirables. Par exemple, pendant l'essai d'un câble court, il convient de coupler un cordon d'essai à l'extrémité éloignée du câblage en essai avec un connecteur avec angle à l'extrémité distante du cordon d'essai. L'interface du connecteur du montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion est généralement un connecteur avec angle.

Pour la méthode de mesure de l'affaiblissement de réflexion basée sur un OTDR, on peut utiliser des cordons d'injection et des cordons de fin appropriés pour éliminer l'effet des réflexions indésirables.

#### 4.3.4 Source optique

Les sources d'incertitude suivantes sont pertinentes pour les mesures de l'affaiblissement:

- longueur d'onde de la source – elle produit des variations de l'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 de l'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 des effets de perturbation cohérents.

#### 4.3.5 Référence de puissance de sortie

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

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

#### 4.3.6 Référence de puissance reçue

Si l'appareil de mesure de la puissance comporte un détecteur suffisamment grand pour recueillir tout le rayonnement lumineux incident, le couplage du cordon de réception à l'appareil de mesure de la puissance est alors minimal 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.

#### 4.3.7 Variation du diamètre du champ de mode

Si les interfaces d'essai ont des fibres dont les diamètres de champ de mode présentent une différence importante, un affaiblissement supplémentaire peut être introduit qui affectera la précision de mesure. Les normes sur les interfaces optiques unimodales contiennent des informations détaillées sur l'affaiblissement introduit par des différences de diamètre de champ de mode, par exemple l'IEC 61755-2-1 pour les interfaces sans angle et l'IEC 61755-2-2 pour les interfaces avec angle de 8 degrés.

#### 4.3.8 Mesures bidirectionnelles

Pour les méthodes LSPM de mesure de l'affaiblissement, il convient que les résultats d'essai de chaque extrémité soient très semblables. Le fait de comparer les résultats de chaque extrémité pour s'assurer qu'ils respectent une certaine tolérance (par exemple 0,5 dB), est une bonne manière de s'assurer que les résultats de mesure sont valides et qu'aucune incertitude supplémentaire n'est présente en raison d'erreurs de mesure.

## 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 LSPM sont incluses dans le présent article.

## 5.2 Source de rayonnement lumineux

### 5.2.1 Stabilité

La performance de la source de rayonnement lumineux est définie à la sortie du cordon d'injection. Ceci est réalisé en transmettant dans le cordon d'injection la sortie d'une source rayonnante appropriée, généralement un laser. La source doit être stable en position, en longueur d'onde et en puissance pendant toute la durée de la procédure de mesure.

Il est recommandé de vérifier la stabilité de la source en répétant la mesure de référence à la fin de la procédure de mesure. Il convient qu'elle respecte une certaine tolérance (en général pas plus de 0,5 dB) de la valeur de référence initiale.

La stabilité de la source de rayonnement lumineux affectera directement l'incertitude de mesure. Pour mesurer des systèmes à faible perte, une valeur plus basse peut être nécessaire pour obtenir la certitude de mesure exigée.

### 5.2.2 Caractéristiques spectrales

Il convient que les longueurs d'onde utilisées pour la mesure de l'affaiblissement soient représentatives des longueurs d'onde sur lesquelles les systèmes fonctionneront. Pour le câblage de bâtiments et dans beaucoup d'autres applications, cette mesure est effectuée à des longueurs d'onde nominales de 1 310 nm et 1 550 nm.

Si d'autres longueurs d'onde doivent être utilisées pour la transmission, des longueurs d'onde d'essai supplémentaires peuvent également être exigées. Par exemple, si des applications de DWDM utilisant la bande L (1 565 nm à 1 625 nm) doivent être utilisées, il est recommandé d'effectuer les essais à 1 625 nm. Si un réseau optique passif pour FTTH est soumis aux essais, alors des essais à 1 490 nm peuvent être exigés.

Si le câblage en essai peut être utilisé pour des systèmes CWDM qui couvrent une plage étendue de longueurs d'onde, alors soit le câblage peut être soumis aux essais à chaque longueur d'onde individuellement, soit une mesure de l'affaiblissement spectral peut être effectuée pour couvrir toute la plage de longueurs d'onde considérée en utilisant une source de rayonnement lumineux à large bande appropriée et un analyseur de spectre optique, au lieu de la source de rayonnement lumineux et de l'appareil de mesure de la puissance. Pour de plus amples informations, voir l'Annexe J.

Il est recommandé que les essais d'OTDR soient effectués sur un câblage unimodal en utilisant au moins deux longueurs d'onde. Ceci permet d'identifier l'affaiblissement dû à la courbure de la fibre en comparant les traces aux deux longueurs d'onde. Pour de plus amples informations sur la mesure des pertes par courbure, se reporter à H.4.2. Souvent les longueurs d'onde nominales utilisées sont 1 310 nm et 1 550 nm pour des chemins plus courts (<40 km) ou 1 550 nm et 1 625 nm pour des chemins plus longs. La longueur d'onde de 1 650 nm, qui est parfois utilisée pour des canaux de maintenance, est également très efficace pour détecter la présence de courbures.

Si le câblage en essai inclut des éléments à longueurs d'onde sélectives tels que des dispositifs WDM, DWDM ou CWDM, des filtres optiques, etc., alors la largeur spectrale de la source de rayonnement lumineux doit être compatible avec le filtrage à utiliser: ceci peut exiger une largeur spectrale très étroite. En variante, la réponse spectrale du système peut être évaluée en utilisant une source de rayonnement lumineux à large bande et un analyseur de spectre optique en utilisant la procédure décrite à l'Annexe J.

### 5.2.3 Cordon d'injection

La fibre optique qui compose le cordon d'injection au niveau de la connexion avec le câble en essai doit être du même type que la fibre optique qui constitue le câblage en essai. À l'exception de la méthode par OTDR, la longueur du cordon d'injection ne doit pas être

inférieure à 2 m, ni trop grande de sorte que l'affaiblissement de la fibre ait un effet significatif sur le mesurage. Pour la longueur du cordon d'injection de l'OTDR, voir l'Annexe D.

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

### **5.3 Cordon de réception ou de fin**

La fibre optique qui compose le cordon de réception ou de fin doit être du même type que la fibre optique qui constitue le câblage en essai.

La longueur du cordon récepteur ne doit pas être inférieure à 2 m, ni trop grande de sorte que l'affaiblissement de la fibre ait un effet significatif sur le mesurage.

Le connecteur ou le raccord terminant le cordon de réception ou de fin doit être compatible avec le câblage et il convient que la terminaison soit de classe référence pour minimiser l'incertitude des résultats de mesure.

La terminaison d'un cordon de réception au niveau de la connexion avec l'appareil de mesure de la puissance doit être compatible avec celle de l'appareil de mesure de la puissance.

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

### **5.4 Cordon de remplacement**

La fibre optique constituant le cordon de remplacement doit être du même type que la fibre optique constituant le câblage en essai.

La longueur du cordon de remplacement ne doit pas être inférieure à 2 m, ni trop grande de sorte que l'affaiblissement de la fibre ait un effet significatif sur le mesurage.

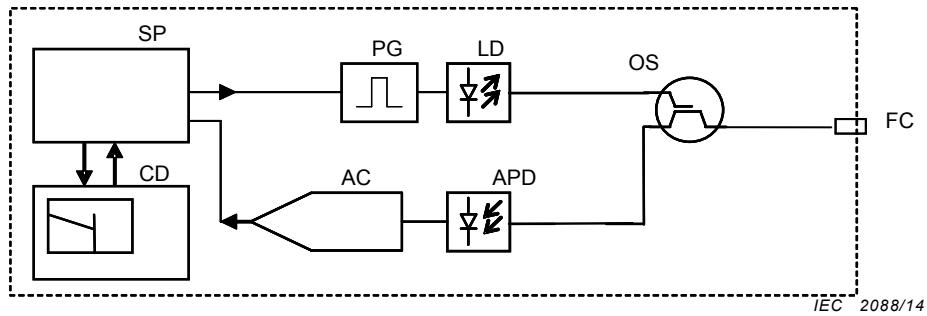
Les connecteurs ou les raccords terminant le cordon remplacement doivent être compatibles avec le câblage et il convient que les terminaisons soient de classe référence pour minimiser l'incertitude des résultats de mesure.

### **5.5 Appareil de mesure de la puissance – Méthodes LSPM seulement**

L'appareil de mesure de la puissance doit être capable de mesurer la plage de puissances à des longueurs d'onde normalement associée au câblage, ce qui inclut les considérations relatives à la puissance injectée dans le câblage. L'appareil de mesure de la puissance doit satisfaire aux exigences d'étalonnage de l'IEC 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 6 est un schéma de l'appareillage de l'OTDR typique représenté avec un simple point de fixation. L'OTDR doit satisfaire aux exigences d'étalonnage de l'IEC 61746-1. L'Annexe D contient un certain nombre d'exigences plus détaillées relatives à la longueur du cordon d'injection et à d'autres aspects associés à la mesure par OTDR.



**Légende**

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

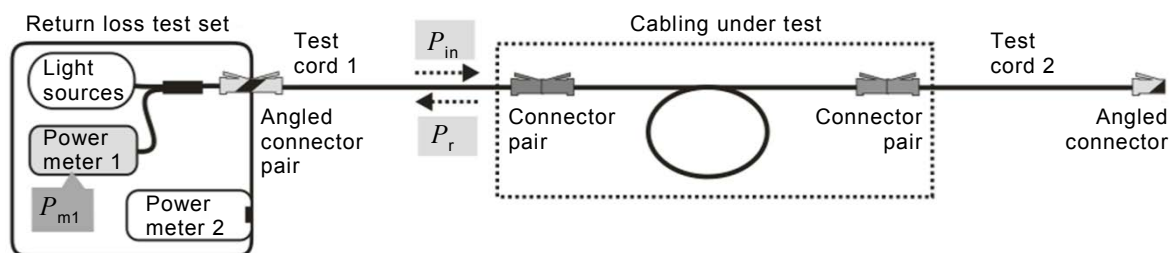
**Figure 6 – Schéma d'OTDR typique**

**5.7 Montage d'essai pour l'affaiblissement de réflexion**

Un montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion comporte typiquement une ou plusieurs sources laser stabilisées. La sortie de la source traverse un coupleur directif vers le port de sortie du RLTS qu'il convient d'équiper d'une connexion de basse réflectance. Il convient que la réflectance soit meilleure de 10 dB par rapport à l'ORL du câblage en essai: une interface de connecteur avec angle permet généralement d'atteindre cette valeur. L'autre branche du coupleur directif renvoie la lumière réfléchie dans l'appareil de mesure de la puissance interne ( $P_{m1}$  sur le schéma). Un deuxième appareil de mesure de la puissance ( $P_{m2}$  sur le schéma) avec une interface de connecteur externe est également souvent installé pour mesurer le niveau de puissance qui est délivré au câblage en essai.

Des configurations alternatives sont possibles, y compris l'utilisation d'un deuxième montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion pour mesurer la puissance délivrée au câblage en essai, à condition que l'affaiblissement généré par l'interface de connecteur et le coupleur directif puisse être étalonné.

Dans une configuration de mesure typique, telle que celle qui est représentée, des cordons d'essai doivent servir d'interface avec le câblage en essai et supprimer les réflexions indésirables en utilisant des connecteurs polis avec angle.



IEC 2089/14

**Légende**

Anglais	Français
Return loss test set	Montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion
Light sources	Sources de rayonnement lumineux
Power meter	Appareil de mesure de la puissance
Test cord	Cordon d'essai
Angled connector pair	Paire de connecteurs avec angle
Cabling under test	Câblage en essai
Connector pair	Paire de connecteurs
Angled connector	Connecteur avec angle

**Figure 7 – Illustration de montage d'essai pour l'affaiblissement de réflexion****5.8 Equipement de nettoyage et d'examen de l'extrémité des connecteurs**

L'équipement de nettoyage (incluant l'appareil, les matières et les substances) et les méthodes à utiliser doivent être conformes à l'IEC TR 62627-01. 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 l'IEC 61300-3-35 est requis pour vérifier que les extrémités 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.

L'utilisation d'un microscope vidéo est recommandée pour éviter tout risque de visualisation directe des extrémités de fibres sous énergie.

**5.9 Raccords**

Le cas échéant, les adaptateurs doivent être compatibles avec le type de connecteur utilisé et ils doivent permettre d'obtenir les performances exigées des terminaisons de la classe référence.

**6 Procédures****6.1 Généralités**

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

Les méthodes LSPM nécessitent d'effectuer une mesure de référence avant de mesurer le 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 un nouveau mesurage de référence 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 connecteurs des cordons d'essai doivent être inspectés en suivant les procédures de l'IEC 61300-3-35. Les extrémités des connecteurs doivent être exemptes de contamination (par exemple, poussières et salissures) et doivent satisfaire aux exigences des tableaux applicables de l'IEC 61300-3-35. Si l'on observe une contamination, effectuer un nettoyage en utilisant l'équipement et les méthodes de 5.8.

NOTE Les exigences sur la qualité des extrémités des connecteurs dépendent des spécifications des connecteurs et/ou des exigences de performance du système de communication par fibres optiques.

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 LSPM et OCWR seulement)**

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

Concernant les mesures par OCWR, d'autres niveaux de puissance de référence doivent être effectués et enregistrés selon ce qui est requis par la méthode d'essai utilisée.

### **6.2.3 Vérifier et nettoyer les extrémités des fibres du câblage**

Les connecteurs sur des installations de câblage doivent être inspectés en suivant les procédures de l'IEC 61300-3-35. Ils doivent être exempts de contamination (par exemple, poussières et salissures). Si l'on observe une contamination, on doit nettoyer l'extrémité du connecteur en utilisant l'équipement et les méthodes de 5.8, puis procéder à une nouvelle inspection.

NOTE Les exigences sur la qualité des extrémités des connecteurs dépendent des spécifications des connecteurs et/ou des exigences de performance du système de communication par fibres optiques.

### **6.2.4 Effectuer les mesures**

Ceci constitue un procédé itératif pour chaque fibre du câblage incluant

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

Pour les méthodes LSPM, il peut s'avérer nécessaire de déplacer l'appareil de mesure de la puissance et le cordon d'essai en réception à l'extrémité éloignée du câblage, ou on peut utiliser un deuxième appareil de mesure de la 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 appareils de mesure de la puissance et l'équipement de l'OTDR doivent être respectivement étalonnés conformément à l'IEC 61315 et à l'IEC 61746-1.

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 dans un montage d'essai, doivent s'effectuer avec des précautions de sécurité conformes à la IEC 60825-2.

## 7 Calculs

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

## 8 Documentation

### 8.1 Informations pour chaque essai

- a) procédure et méthode d'essai;
- b) résultats de mesure incluant
  - l'affaiblissement (dB)
    - le niveau de puissance de référence (dBm) (méthodes LSPM et OCWR uniquement),
    - le ou les tracés 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;
  - la date de l'essai.

### 8.2 Informations devant être disponibles

- détails des caractéristiques spectrales de la source de rayonnement lumineux;
- enregistrements d'étalonnage;
- 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 l'affaiblissement des deux connexions au câblage en essai. Il s'agit de la RTM pour la mesure de l'installation câblée de la configuration A (voir 4.2).

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 de rayonnement lumineux, l'appareil de mesure de la puissance et les cordons d'essai utilisés doivent satisfaire aux exigences spécifiées à l'Article 5 de la présente norme.

Ceci est appelé «méthode de référence cordon unique» car on n'utilise qu'un seul cordon d'essai (celui d'injection) 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'injection et en mesurant l'affaiblissement de la connexion. Pour de plus amples informations, voir l'Annexe I.

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

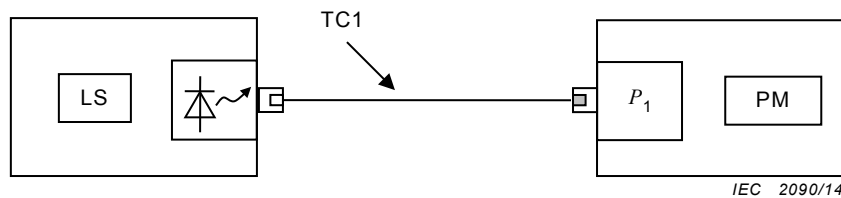
Cette méthode suppose également que

- Le connecteur de l'appareil de mesure de la puissance est compatible avec celui du câblage en essai auquel est connecté le cordon d'injection. Quand cela convient, on peut relier à l'appareil de mesure de la 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 autre méthode, et d'appliquer des limites d'essai modifiées de manière appropriée.
- Le cordon d'injection n'est pas déconnecté de la source de rayonnement lumineux entre une mesure de référence et une mesure d'essai. Si la conception de l'appareil d'essai ou la conception du câblage en 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 autre méthode et d'appliquer des limites d'essai modifiées de manière appropriée.

#### A.3 Procédure

- Connecter la source de rayonnement lumineux et l'appareil de mesure de la puissance en utilisant le cordon d'injection (TC1) comme indiqué sur la Figure A.1.
- Enregistrer la puissance optique mesurée,  $P_1$ , qui est la mesure de puissance de référence.

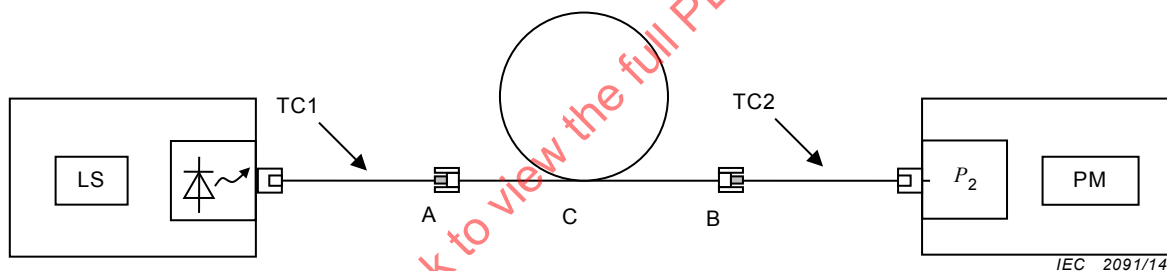
- Déconnecter l'appareil de mesure de la puissance du TC1. Ne pas déconnecter TC1 de la source de rayonnement lumineux sans avoir effectué une nouvelle mesure de référence.
- Connecter l'appareil de mesure de la puissance au cordon de réception (TC2).
- Connecter TC1 et TC2 au câblage en essai, comme 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 de rayonnement lumineux  
 TC1 cordon d'injection  
 PM appareil de mesure de la puissance

**Figure A.1 – Mesure de référence par cordon unique**



#### Légende

- LS source de rayonnement lumineux  
 TC1 cordon d'injection  
 C câblage en essai  
 TC2 cordon de réception  
 PM appareil de mesure de la puissance

NOTE Les terminaisons de classe référence sont en grisé.

**Figure A.2 – Mesure d'essai par cordon unique**

## 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 du câblage,  $C$ , et de diverses valeurs de l'affaiblissement de connexion, exprimées 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 LSPM sont illustrées dans l'Article G.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

## 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 l'affaiblissement des deux connexions au câblage en essai. Il s'agit de la RTM pour la mesure de l'installation câblée de la configuration B (voir 4.2) et dans certains cas, ou comme le demandent certaines normes externes, on peut l'utiliser à la place des méthodes d'essai spécifiées aux Annexes A et C.

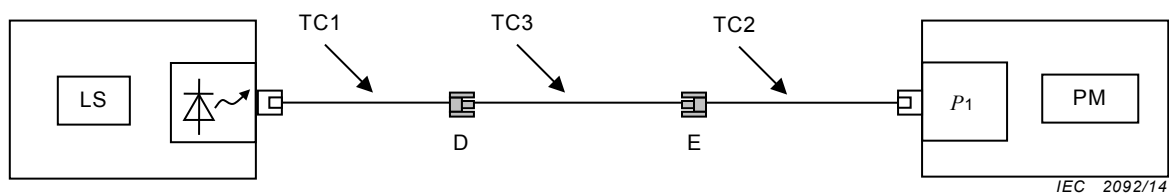
Cette méthode a été rédigée pour le cas où l'on mesure une seule fibre à la fois. Si l'on mesure plusieurs fibres en même temps avec des connecteurs pour plusieurs fibres, les exigences relatives à chaque interface doivent être satisfaites comme s'il s'agissait d'un connecteur unique, comme indiqué dans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

#### B.2 Appareillage

La source de rayonnement lumineux, l'appareil de mesure de la puissance et les cordons d'essai utilisés doivent satisfaire aux exigences spécifiées à l'Article 5 de la présente norme. On utilise trois cordons d'essai. Les valeurs de l'affaiblissement des connexions entre ces cordons sont critiques vis-à-vis de l'incertitude de la mesure. Il convient de vérifier les performances des cordons d'essai avant de commencer l'essai. Ceci est réalisé en connectant le cordon de remplacement et le cordon de réception au cordon d'injection et en mesurant l'affaiblissement des connexions. Pour de plus amples informations, voir l'Annexe I.

#### B.3 Procédure

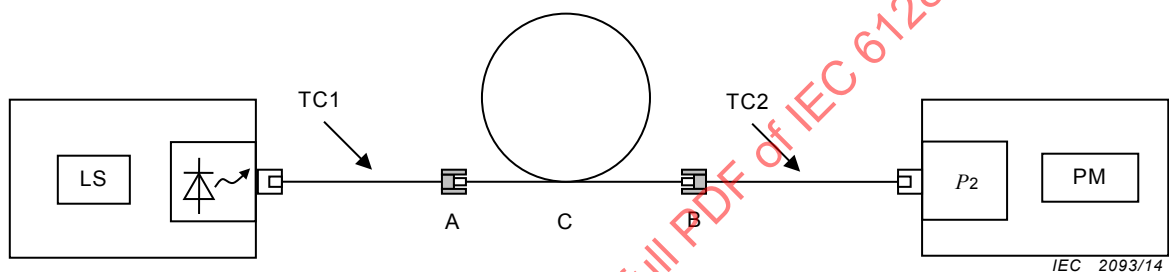
- Connecter le cordon d'injection (TC1) et le cordon de réception (TC2) à la source de rayonnement lumineux et à l'appareil de mesure de la puissance, comme indiqué sur la Figure B.1.
- Connecter le cordon de remplacement (TC3) entre TC1 et TC2.
- Enregistrer la puissance optique mesurée,  $P_1$ , qui est la mesure de puissance de référence.
- Ne pas déconnecter TC1 de la source de rayonnement lumineux sans avoir effectué une nouvelle mesure de référence.
- Remplacer le cordon de remplacement par le câblage en essai (en laissant les adaptateurs 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 de rayonnement lumineux
- TC1 cordon d'injection
- TC2 cordon de réception
- TC3 cordon de remplacement
- PM appareil de mesure de la puissance

**Figure B.1 – Mesure de référence à trois cordons**



**Légende**

- LS source de rayonnement lumineux
- TC1 cordon d'injection
- TC2 cordon de réception
- C câblage en essai
- PM appareil de mesure de la puissance

NOTE Les terminaisons de classe référence sont en grisé.

**Figure B.2 – Mesure d'essai à trois cordons**

**B.4 Calculs**

L'affaiblissement,  $L$ , est donné par

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

## 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 de l'affaiblissement du câblage, C, et diverses valeurs de l'affaiblissement de connexion, exprimées en dB. L'affaiblissement indiqué, *L*, est

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

D et E sont les valeurs de l'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 LSPM sont illustrées dans l'Article G.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

## 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 l'affaiblissement de l'une des connexions au câblage en essai. Il s'agit de la RTM pour la mesure de l'installation câblée de la configuration C (voir 4.2).

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

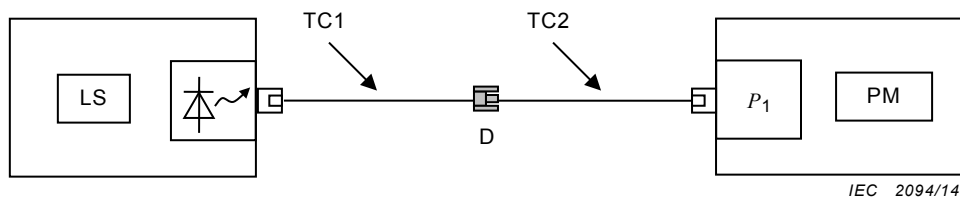
Cette méthode a été rédigée pour le cas où l'on mesure une seule fibre à la fois. Si l'on mesure plusieurs fibres en même temps avec des connecteurs pour plusieurs fibres, les exigences relatives à chaque interface doivent être satisfaites comme s'il s'agissait d'un connecteur unique, comme indiqué dans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

#### C.2 Appareillage

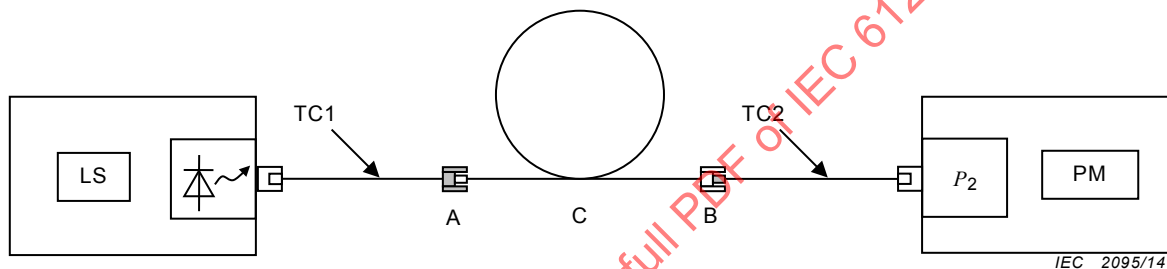
La source de rayonnement lumineux, l'appareil de mesure de la puissance et les cordons d'essai utilisés doivent satisfaire aux exigences spécifiées à l'Article 5. Les valeurs de l'affaiblissement des connexions entre ces cordons d'essai sont critiques vis-à-vis de l'incertitude de la mesure. Il convient 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'injection et en mesurant l'affaiblissement de la connexion. Pour de plus amples informations, voir l'Annexe I.

#### C.3 Procédure

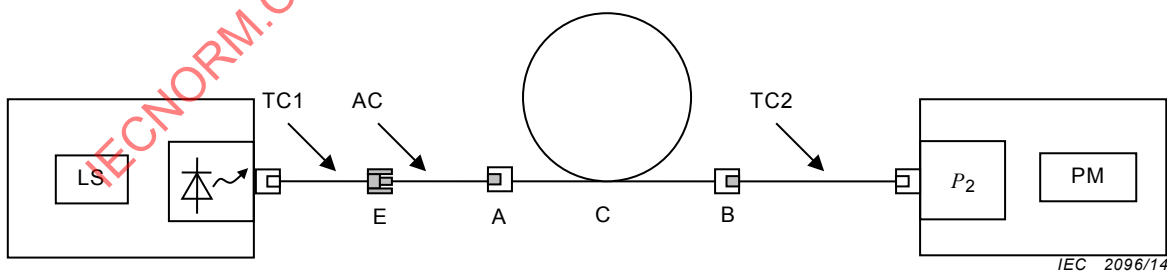
- Connecter le cordon d'injection (TC1) et le cordon de réception (TC2) à la source de rayonnement lumineux et à l'appareil de mesure de la puissance respectivement, comme indiqué à la Figure C.1.
- Enregistrer la puissance optique mesurée,  $P_1$ , qui est la mesure de puissance de référence.
- Déconnecter TC1 de TC2. Ne pas déconnecter TC1 de la source de rayonnement lumineux sans avoir effectué une nouvelle mesure de référence.
- Insérer
  - soit le câblage en essai comme indiqué sur la Figure C.2,
  - soit le cordon adaptateur AC et le câblage en 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 de rayonnement lumineux  
 TC1 cordon d'injection  
 TC2 cordon de réception  
 PM appareil de mesure de la puissance

**Figure C.1 – Mesure de référence à deux cordons****Légende**

- LS source de rayonnement lumineux  
 TC1 cordon d'injection  
 C câblage en essai  
 TC2 cordon de réception  
 PM appareil de mesure de la puissance

**Figure C.2 – Mesure d'essai à deux cordons****Légende**

- LS source de rayonnement lumineux  
 TC1 cordon d'injection  
 C câblage en essai  
 AC cordon adaptateur  
 TC2 cordon de réception  
 PM appareil de mesure de la puissance

NOTE Les terminaisons de classe référence sont en grisé.

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

#### 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'affaiblissement du câblage,  $C$  et de diverses pertes de connexion, exprimées 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 LSPM sont illustrées dans l'Article G.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-4-2:2014

## Annexe D (normative)

### Réfectomètre 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 réfectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR) depuis l'extrémité d'une liaison ou d'un canal à fibres. On effectue généralement des mesures bidirectionnelles, auquel cas les procédures de cette annexe sont répétées, mais depuis l'extrémité opposée du câblage en essai.

#### D.2 Appareillage

##### D.2.1 Généralités

Pour effectuer des mesures de l'affaiblissement, de l'affaiblissement de réflexion optique 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 la Figure 6.

Le montage d'essai nécessite un cordon d'injection et un cordon de fin. Il convient de minimiser la réflectance associée aux connecteurs des cordons d'essai (d'injection et de fin) ainsi qu'au câblage.

On ne doit pas utiliser de liquides ou de gels d'adaptation d'indice entre les extrémités polies des connecteurs.

L'utilisation du cordon de fin permet de mesurer l'affaiblissement de la connexion de l'extrémité distante et en conséquence, on peut mesurer l'affaiblissement de la totalité de la section de câblage. Si l'on n'utilise aucun cordon de fin, il n'y a alors aucune information relative au connecteur d'extrémité distante. En fait, même la continuité 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 ( $\leq 20$  ns) pour qualifier des liaisons courtes ou le début d'une liaison, ou pour résoudre séparément des caractéristiques proches les unes des autres et des largeurs d'impulsion plus longues pour offrir une plage dynamique suffisante afin de réaliser une mesure sur la longueur de câblage requise.

Il convient que l'OTDR ait une zone morte d'affaiblissement (avec  $\Delta F = \pm 0,5$  dB) inférieure à 10 m (voir H.2.4) derrière les connecteurs normalisés (IEC 61753-1 Classe 2), c'est-à-dire, une réflectance de  $-45$  dB.

##### D.2.3 Cordons d'essai

Le type de fibre et les caractéristiques géométriques des cordons d'injection et de fin doivent être les mêmes que ceux de la fibre du câblage en essai et ils doivent être recouverts de manière à éliminer tout rayonnement lumineux de gaine. La longueur à la fois du cordon d'injection et du cordon de fin 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'injection et de fin 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. Le Tableau D.1 donne des exemples typiques de câblage de bâtiments et de câblage d'installations extérieures.

**Tableau D.1 – Longueurs typiques de cordons d'injection et de fin**

Application	Longueur maximale typique de câblage en essai km	Exemple de largeur d'impulsion	Longueur typique de cordons d'injection et de fin m
Câblage de bâtiment	2	20 ns	100
Installation extérieure – Réseau d'accès	10	100 ns	500
Installation extérieure – Réseau central	80	500 ns	1 000
Installation extérieure – Réseau sur très longue distance	120	1 $\mu$ s	2 000

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

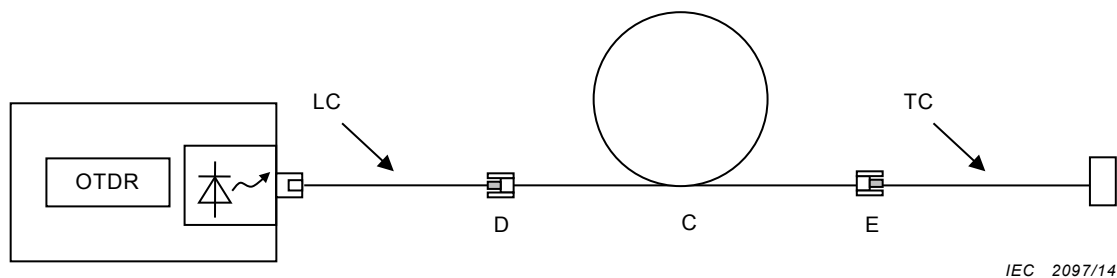
- il convient de minimiser l'affaiblissement dû aux pertes du fait de l'enroulement induit. Pour ce faire, utiliser un rayon minimal de 45 mm;
- les cordons se terminent à une extrémité par un connecteur adapté à la liaison avec l'OTDR;
- ils se terminent à l'autre extrémité conformément à 5.2.3;
- utiliser des cordons d'essai de fibre renforcés avec, par exemple, les extrémités protégées 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 insérant 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 au câblage en 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 convient que le temps pour effectuer la moyenne n'ait pas besoin d'être supérieur à 3 min par tracé. Toutefois, de courts temps de calcul de la moyenne (par exemple, <10 s) donnent généralement des résultats médiocres sur des systèmes plus longs;
  - pour mieux comprendre les réglages de l'OTDR, se référer à l'Annexe H.
- Sélectionner les longueurs d'onde appropriées.
- Enregistrer les tracés rétrodiffusés.
- Répéter la procédure dans l'autre sens.

Un essai bidirectionnel à l'OTDR est recommandé sur un câblage unimodal pour annuler les variations des mesures de pertes dues aux variations des caractéristiques de rétrodiffusion de différentes fibres, voir les Articles H.6 et H.7 pour de plus amples informations sur l'analyse et les essais bidirectionnels.

NOTE La Figure D.1 montre le montage pour un câblage se terminant par des assemblages fiche-raccord. D'autres aménagements sont équivalents, à condition d'utiliser aux mêmes points les terminaisons correspondantes de classe référence.



#### Légende

OTDR réflectomètre optique dans le domaine temporel

LC cordon d'injection

C câblage en essai

TC cordon de fin

NOTE Les terminaisons de classe référence sont en grisé.

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

## D.4 Calcul de l'affaiblissement

### 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 du câblage en essai (voir Figure D.3).

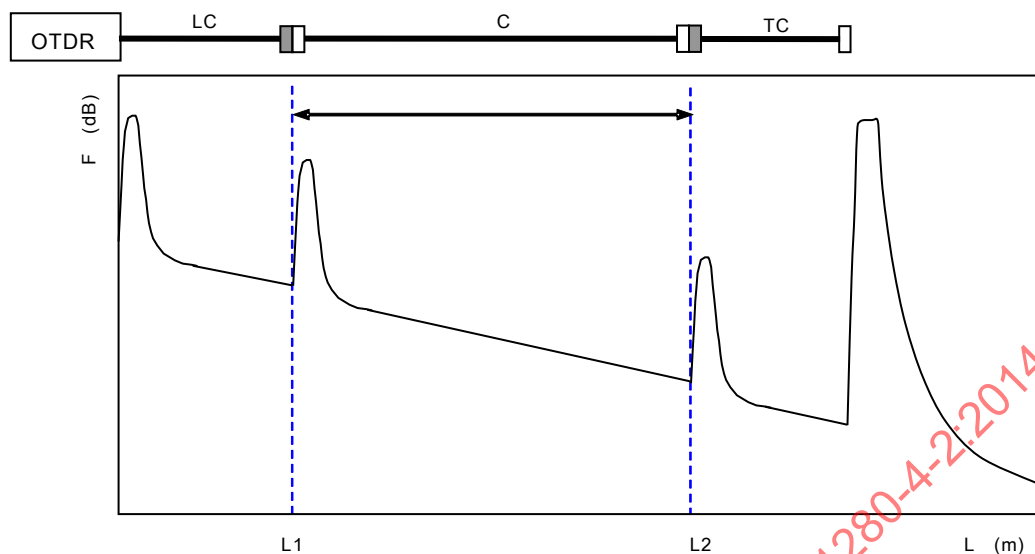
NOTE L'échelle verticale de l'OTDR affiche cinq fois le logarithme de la puissance reçue, plus un décalage constant. L'échelle horizontale de l'OTDR affiche la distance sur la fibre. Celle-ci est calculée en divisant par deux le retard de temps mesuré pour l'aller et retour et par la vitesse de la lumière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



IEC 2098/14

**Légende**

- LC cordon d'essai d'injection
- C câblage en essai
- TC cordon de fin
- L1, L2 emplacements des ports du câblage

**Figure D.2 – Emplacement des ports du câblage en essai**

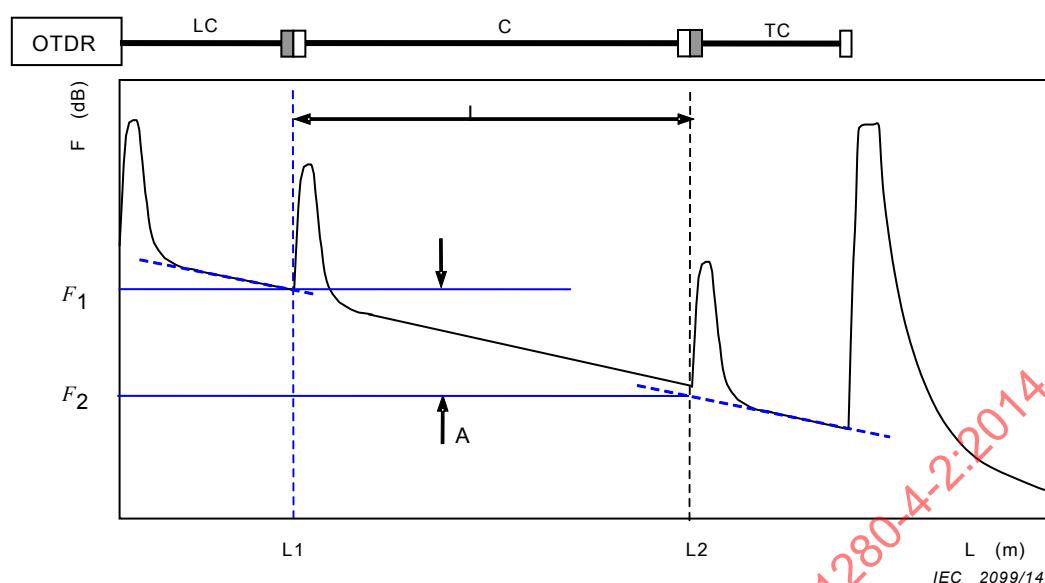
**D.4.3 Définition des niveaux de puissance  $F_1$  et  $F_2$**

Le niveau de puissance  $F_1$  affiché à l'emplacement L1 est défini comme l'intersection de la régression linéaire (LSA) obtenue à partir de la partie linéaire de la puissance de rétrodiffusion fournie par le cordon d'essai d'injection et l'axe vertical à l'emplacement L1.

Le niveau de puissance  $F_2$  affiché à l'emplacement L2 est défini comme l'intersection de la régression linéaire (LSA) obtenue à partir de la partie linéaire de la puissance de rétrodiffusion fournie par le cordon de fin et l'axe vertical à l'emplacement L2.

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 LSA. Voir également l'Annexe H pour plus de détails.



### Légende

LC	cordon d'essai d'injection
TC	cordon de fin
C	câblage en essai
L1, L2	emplacements des ports du câblage
$F_1, F_2$	niveau de puissance affiché en L1 et L2
A	affaiblissement du câblage en essai

**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 affiché  $F_{11}$  à l'emplacement L1 est défini comme l'intersection de la régression linéaire (LSA) obtenue à partir de la partie linéaire de la puissance de rétrodiffusion fournie par le cordon d'essai du câblage et l'axe vertical à l'emplacement L1.

Le niveau de puissance affiché  $F_{21}$  à l'emplacement L2 est défini comme l'intersection de la régression linéaire (LSA) obtenue à partir de la partie linéaire de la puissance de rétrodiffusion fournie par le cordon d'essai du câblage et l'axe vertical à l'emplacement L2.

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;

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

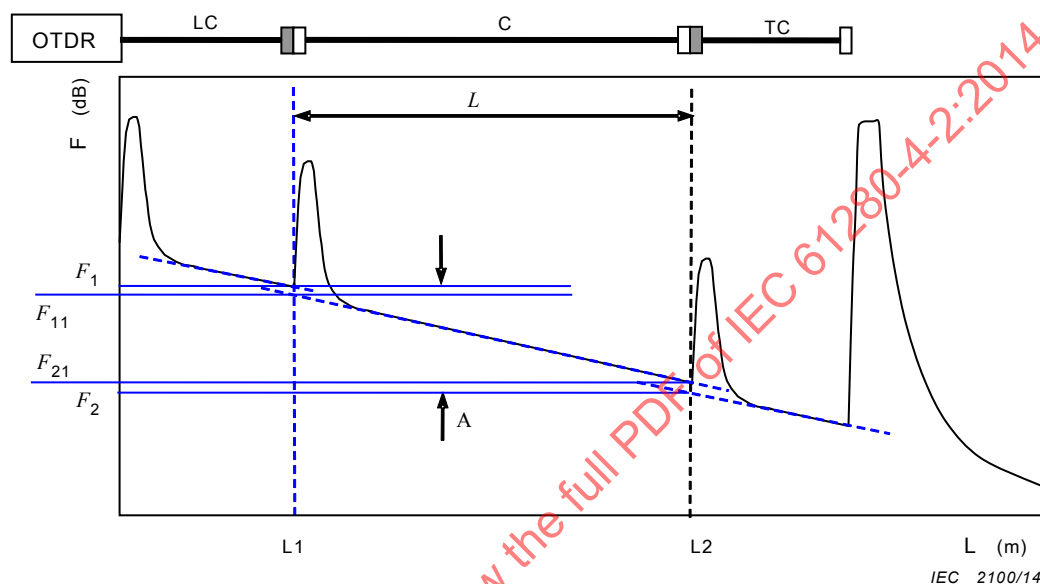
$A_c$  est l'affaiblissement du câblage sans connecteurs;

ce qui conduit à

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

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**

- LC cordon d'essai d'injection
- C câblage en essai
- TC cordon de fin
- L1, L2 emplacements des ports du câblage
- $F_1, F_2$  niveau de puissance affiché en L1 et L2
- $F_{11}, F_{21}$  niveau de puissance affiché côté interne de L1 et L2
- A affaiblissement du câblage en essai

**Figure D.4 – Construction graphique de  $F_1, F_{11}, F_{21}$  et  $F_2$**

**D.5 Calcul de l'affaiblissement de réflexion optique**

L'ORL est le rapport entre la puissance d'entrée délivrée au câblage en essai et la somme de la puissance réfléchie et rétrodiffusée par le câblage en essai. La configuration d'essai recommandée pour les mesures de l'affaiblissement et de l'ORL utilise un long cordon d'injection et un long cordon de fin. Ceci permet à l'OTDR d'éliminer les réflexions indésirables du calcul de l'ORL et permet également de réaliser des mesures d'ORL sur des sections très courtes du câble en essai.

La puissance d'entrée  $P_i$  délivrée au câblage en essai est fonction de la puissance du laser de l'OTDR et de l'affaiblissement du cordon d'injection.

La puissance de retour est l'intégrale de la puissance de retour ( $P_r$ ) en fonction de la distance le long du câblage en essai. Cette distance s'étend du début du câblage en essai, à l'extrémité du cordon d'injection de l'OTDR jusqu'au début du cordon de fin de l'OTDR, et inclut donc la réflectance des connexions aux deux extrémités du câblage en essai.

Ceci est illustré graphiquement par la zone grisée sur la trace de l'OTDR à la Figure D.5

L'expression mathématique de l'ORL est calculée comme suit:

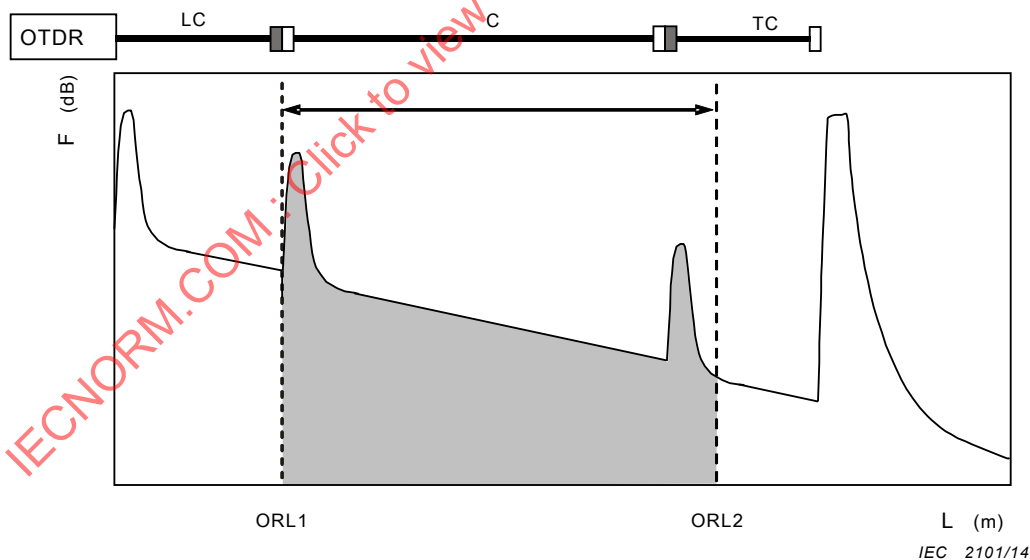
$$\text{ORL} = 10 \log_{10} \left( \frac{P_i}{\int P(z) dz} \right) \quad (\text{D.6})$$

Généralement, l'axe vertical d'un OTDR n'est pas étalonné pour la mesure de puissance optique absolue. Lorsqu'un OTDR est utilisé pour les mesures d'ORL, le paramètre de rétrodiffusion,  $K$ , intervient comme une référence de niveau pour l'axe vertical. Voir l'Annexe G de l'IEC 61746-1:2009 pour plus de détails.

Ainsi, l'ORL peut être calculée comme suit:

$$\text{ORL} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{K} \frac{P_{t=\text{ORL1}}}{\int_{t=\text{ORL1}}^{t=\text{ORL2}} P(t) dt} \right) \quad (\text{D.7})$$

où  $K$  est le paramètre de rétrodiffusion (voir 3.3 et 3.4 de l'IEC 61746-1:2009).



#### Légende

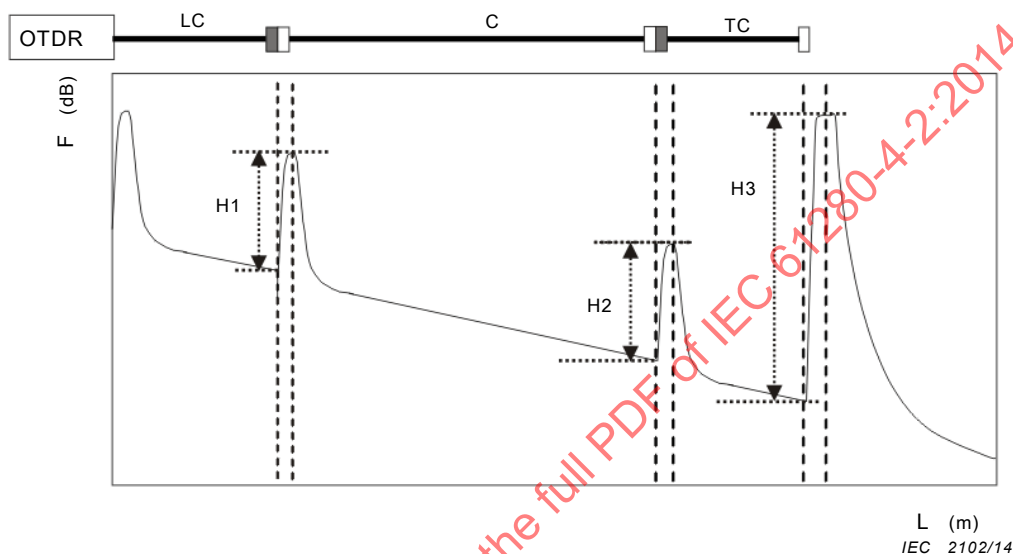
- LC cordon d'essai d'injection
- C câblage en essai
- TC cordon de fin
- ORL1 curseur définissant le début de l'intégration de l'ORL
- ORL2 curseur définissant la fin de l'intégration de l'ORL

**Figure D.5 – Représentation graphique de la mesure de l'ORL d'un OTDR**

### D.6 Calcul de la réflectance pour des composants discrets

La réflectance d'un composant est le rapport entre la puissance réfléchie par ce composant et la puissance entrée de ce composant. Sur la trace de l'OTDR, elle est liée à la hauteur de la crête ( $H_n$  sur la Figure D.6) qui représente la quantité de rayonnement lumineux réfléchi par ce composant, mais elle est également fonction du coefficient de rétrodiffusion de la fibre en essai et de la largeur d'impulsion utilisée pour la mesure.

L'IEC 61300-3-6 couvre la mesure du paramètre associé de l'affaiblissement de réflexion des composants.



#### Légende

- LC cordon d'essai d'injection
- C câblage en essai
- TC cordon de fin
- H1 hauteur de la crête depuis la première connexion
- H2 hauteur de la crête depuis la connexion d'extrémité
- H3 hauteur de la crête depuis l'extrémité éloignée du cordon de fin

**Figure D.6 – Représentation graphique de la mesure de la réflectance**

La réflectance ( $R$ ) d'un composant de câblage en essai est calculée à partir de la hauteur de la crête réfléchie ( $H_1$  ou  $H_2$ ) sur la Figure D.6 comme suit:

$$R = 10 \times \log_{10} \left( 10^{\frac{H}{5}} - 1 \right) + 10 \times \log_{10}(t) + B \tag{D.8}$$

où

- $H$  est la hauteur de crête ( $H_1$  ou  $H_2$ ) (dB);
- $B$  est le coefficient de rétrodiffusion de Rayleigh;
- $t$  est la largeur d'impulsion en nanosecondes.

Les valeurs typiques du coefficient de rétrodiffusion pour des fibres unimodales (e.g. type B1.3 selon l'IEC 60793-2-50) sont les suivantes:

$B \approx -80$  dB à 1 310 nm;  $B \approx -82,5$  dB à 1 550 nm pour une base de temps en nanosecondes

Dans certains OTDR, le détecteur sature pour de grandes valeurs de H (comme représenté en H3 de la Figure D.6) où la partie supérieure de la crête est plane. Il est nécessaire d'utiliser un OTDR de plage dynamique suffisante pour réaliser des mesures précises de la réflectance. Ce type de saturation de signal peut être évité en ajoutant un atténuateur variable entre l'OTDR et le composant de câblage en essai.

## D.7 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 le câblage en essai peuvent provoquer des variations de 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.

NOTE L'effet des variations du coefficient de rétrodiffusion sur des mesures de pertes peut être annulé en réalisant les mesures à partir des deux extrémités du câblage et en calculant la moyenne des valeurs. Voir les Articles H.6 et H.7 pour de plus amples informations sur les essais bidirectionnels et l'analyse.

- 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.
- Longueur d'onde centrale du laser de l'OTDR – Elle produit des variations de l'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 de l'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)

### Mesure de l'affaiblissement de réflexion optique à ondes entretenues – Méthode A

#### E.1 Applicabilité de la méthode d'essai

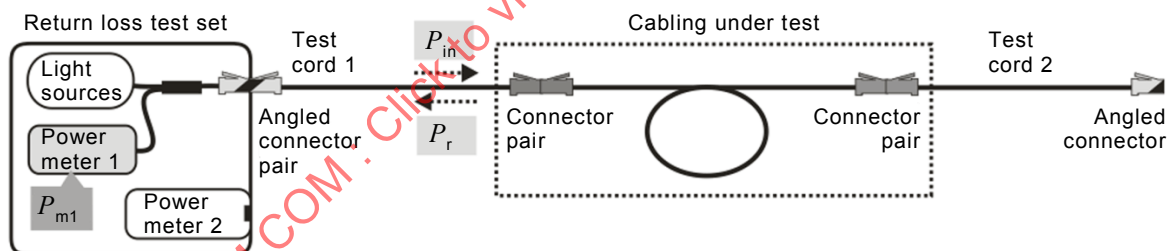
Cette méthode d'essai est la plus proche de la définition de l'affaiblissement de réflexion optique donnée en 3.1.7. Elle mesure directement la puissance d'entrée délivrée au câblage en essai; la puissance réfléchie est également mesurée, bien qu'un facteur de correction soit nécessaire pour tenir compte de l'affaiblissement interne du dispositif de couplage et d'autres sources de réflexions.

Cette méthode comporte des facteurs de limitation: elle ne peut pas résoudre différentes sources de réflexions dans l'espace, donc les réflexions indésirables doivent être supprimées; la plage dynamique est limitée par les caractéristiques du coupleur directif utilisé et par la réflectance du connecteur utilisé pour connecter le montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion au premier cordon d'essai. Ceci peut limiter la précision de la mesure quand des systèmes de câblage courts terminés avec des connecteurs polis avec angle sont mesurés.

#### E.2 Appareillage

##### E.2.1 Généralités

Les détails ont été adaptés de l'IEC 61300-3-6 pour réaliser des essais d'installation de câblage, et on peut se reporter à cette norme pour obtenir de plus amples informations.



IEC 2103/14

#### Légende

Anglais	Français
Return loss test set	Montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion
Light sources	Sources de rayonnement lumineux
Power meter	Appareil de mesure de la puissance
Test cord	Cordon d'essai
Angled connector pair	Paire de connecteurs avec angle
Cabling under test	Câblage en essai
Connector pair	Paire de connecteurs
Angled connector	Connecteur avec angle

Figure E.1 – Illustration de montage d'essai pour l'affaiblissement de réflexion

### **E.2.2 Source de rayonnement lumineux**

La source est constituée d'un émetteur optique, (généralement un laser) et des circuits électroniques d'excitation associés, la sortie étant un connecteur ou une fibre amorce. Une deuxième source peut être utilisée pour l'étalonnage, comme cela est illustré sur la Figure E.3. Lorsqu'une deuxième source est utilisée, la longueur d'onde centrale et la largeur spectrale doivent être identiques à celles de la première.

Il convient que les sources soit stables comme cela est décrit en 5.2.1.

### **E.2.3 Dispositif de couplage ou coupleur**

Le rapport de division du coupleur doit être stable et insensible à la polarisation ( $< 0,1$  dB). Il convient que la directivité soit supérieure d'au moins 10 dB par rapport à l'affaiblissement de réflexion optique maximal à mesurer.

### **E.2.4 Appareil de mesure de puissance**

Les appareils de mesure de la puissance utilisés comprennent un détecteur optique, les éléments électroniques associés et un moyen de connexion à une fibre optique. La connexion à l'appareil de mesure de la puissance interne sera permanente. Il convient que l'interface avec l'appareil de mesure de la puissance externe se fasse avec des culots d'adaptation interchangeables qui permettent d'utiliser des connecteurs compatibles avec le câblage en essai.

La linéarité des détecteurs dans les appareils de mesure de la puissance doit être spécifiée et suffisante pour la plage dynamique des mesures à réaliser. Toutefois, puisque toutes les mesures sont différentielles, il n'est pas nécessaire que l'étalonnage soit absolu.

### **E.2.5 Interface de connecteur**

L'interface de connecteur sur le RLTS doit présenter une très basse réflexion. L'affaiblissement de cette connexion doit être stable et il convient que l'amplitude de la réflectance soit au moins 10 dB supérieure à l'amplitude de l'affaiblissement de réflexion optique maximal à mesurer.

NOTE La réflectance de cette interface de connecteur peut limiter la précision de cette méthode de mesure quand le câblage en essai est terminé avec des connecteurs polis avec angle et le câblage en essai ne comporte aucune autre source importante d'affaiblissement de réflexion optique.

### **E.2.6 Terminaison basse réflexion**

Afin de supprimer les réflexions indésirables (typiquement depuis les connecteurs plats ouverts vers l'air), l'extrémité distante du câblage en essai peut nécessiter une terminaison avec un cordon d'essai telle que l'interface entre le connecteur et le câblage en essai corresponde à une connexion faite avec un cordon de connexion d'équipement et la réflexion depuis l'extrémité distante du cordon d'essai soit supprimée. Les réflexions peuvent être supprimées en utilisant un connecteur poli avec angle, une fente en biseau, un terminateur non réfléchissant, un matériau d'adaptation d'indice ou en enveloppant le cordon de manière serrée autour d'un mandrin (à condition que la fibre dans le cordon d'essai ne soit pas insensible aux pertes par courbure (le type B6 de l'IEC 60793-2-50 ou les types de la recommandation G.657 de l'UIT-T)).

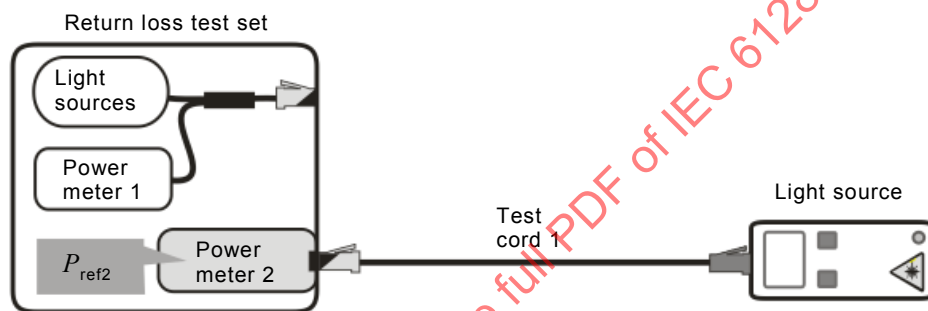
Une terminaison basse réflexion semblable est nécessaire pour étalonner les réflexions internes du système d'essai (voir Figure E.3). Il convient que l'amplitude de la réflectance de la terminaison soit supérieure d'au moins 20 dB par rapport à l'amplitude de l'affaiblissement de réflexion optique maximal à mesurer.

### E.3 Procédure

#### E.3.1 Caractérisation du montage d'essai

Afin d'effectuer la mesure, il est nécessaire de caractériser le système de mesure en mesurant ses pertes internes et les réflexions, y compris la connexion entre l'équipement d'essai et le cordon d'essai 1 à utiliser pour la mesure. Il convient de répéter cette opération à chaque changement, par exemple lorsque le cordon d'essai 1 a été changé.

L'affaiblissement interne du système doit être mesuré sur le chemin de retour entre le câblage en essai et l'appareil de mesure de la puissance interne (1). Ceci inclura l'affaiblissement de l'interface du connecteur et l'affaiblissement du coupleur. En utilisant une source extérieure, avec des caractéristiques semblables à la source interne, connecter l'extrémité distante du cordon d'essai 1 à la source et l'extrémité proche du cordon d'essai 1 (avec angle) à l'appareil de mesure de la puissance externe, comme représenté sur la Figure E.2. Noter le niveau de puissance ( $P_{ref2}$ ) sur l'appareil de mesure de la puissance 2.



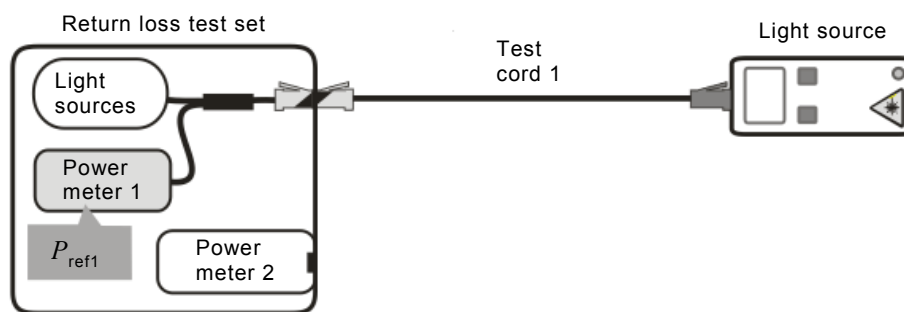
IEC 2104/14

#### Légende

Anglais	Français
Return loss test set	Montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion
Light sources	Sources de rayonnement lumineux
Power meter	Appareil de mesure de la puissance
Test cord	Cordon d'essai
Light source	Source de rayonnement lumineux

**Figure E.2 – Mesure de l'affaiblissement interne du système  $P_{ref2}$**

Connecter ensuite l'extrémité proche du cordon d'essai 1 dans le port de sortie du RLTS et enregistrer le niveau de puissance ( $P_{ref1}$ ) sur l'appareil de mesure de la puissance 1 comme représenté sur la Figure E.3.



IEC 2105/14

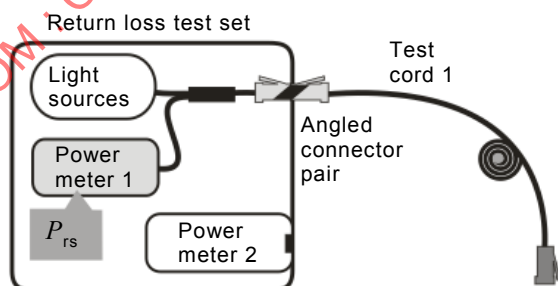
**Légende**

Anglais	Français
Return loss test set	Montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion
Light sources	Sources de rayonnement lumineux
Power meter	Appareil de mesure de la puissance
Test cord	Cordon d'essai
Light source	Source de rayonnement lumineux

**Figure E.3 – Mesure de l'affaiblissement interne du système  $P_{ref1}$** 

La différence entre ces deux niveaux de puissance est l'affaiblissement interne du système.

Ensuite, la puissance réfléchie du système doit être mesurée. En laissant le cordon d'essai 1 connecté au port de sortie du RLTS, supprimer la réflexion provenant du connecteur à l'extrémité éloignée du cordon d'essai 1. Ceci est fait avec une terminaison basse réflexion (voir E.2.5). La quantité de lumière réfléchie de manière interne à l'intérieur du système de mesure comprenant le connecteur d'interface peut maintenant être mesurée sur l'appareil de mesure de la puissance 1 ( $P_{rs}$ ) comme représenté sur la Figure E.4.



IEC 2106/14

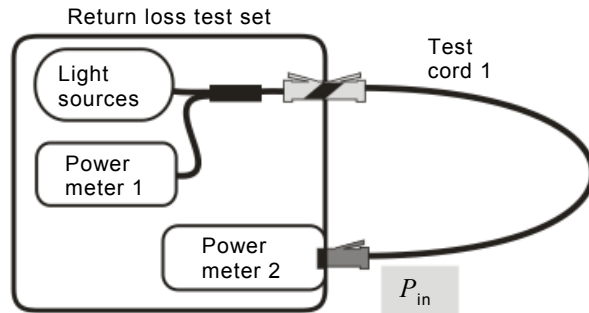
**Légende**

Anglais	Français
Return loss test set	Montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion
Light sources	Sources de rayonnement lumineux
Power meter	Appareil de mesure de la puissance
Test cord	Cordon d'essai
Angled connector pair	Paire de connecteurs avec angle

**Figure E.4 – Mesure de la puissance réfléchie du système  $P_{rs}$**

**E.3.2 Procédure de mesure**

L'affaiblissement de réflexion optique est la différence entre la puissance d'entrée délivrée au câblage en essai ( $P_{in}$ ) et la puissance réfléchiée par le câblage en essai ( $P_r$ ). Par conséquent, deux niveaux de puissance sont nécessaires. D'abord, la puissance dans le câblage en essai ( $P_{in}$ ) est mesurée directement en connectant l'extrémité éloignée du cordon d'essai 1 dans l'appareil de mesure de la puissance 2, comme représenté sur la Figure E.5



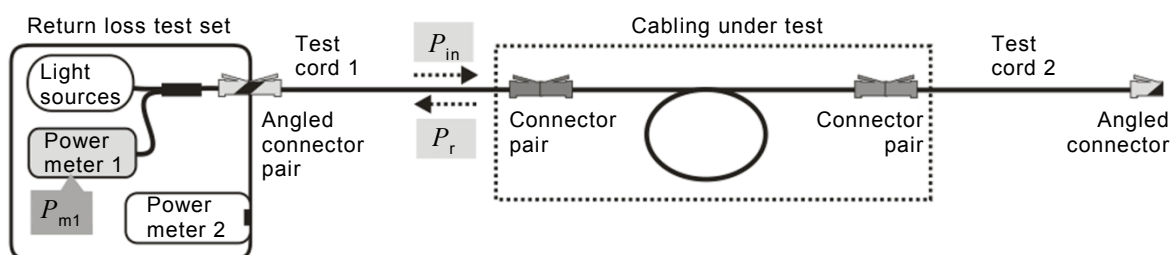
IEC 2107/14

**Légende**

Anglais	Français
Return loss test set	Montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion
Light sources	Sources de rayonnement lumineux
Power meter	Appareil de mesure de la puissance
Test cord	Cordon d'essai

**Figure E.5 – Mesure de la puissance d'entrée  $P_{in}$**

Ensuite, le cordon d'essai 1 est connecté au câblage en essai et il convient de supprimer toutes les réflexions indésirables provenant de l'extrémité éloignée en utilisant une terminaison basse réflexion (voir E.2.5), comme représenté sur la Figure E.6. Il convient d'enregistrer le niveau de puissance sur l'appareil de mesure de la puissance 1 ( $P_{m1}$ ) et de l'utiliser pour déterminer la puissance réfléchiée en incluant des tolérances pour les réflexions et les pertes internes du système de mesure.



IEC 2108/14

**Légende**

Anglais	Français
Return loss test set	Montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion
Light sources	Sources de rayonnement lumineux
Power meter	Appareil de mesure de la puissance
Test cord	Cordon d'essai
Angled connector pair	Paire de connecteurs avec angle
Cabling under test	Câblage en essai
Connector pair	Paire de connecteurs
Angled connector	Connecteur avec angle

**Figure E.6 – Mesure de la puissance réfléchie****E.3.3 Calculs**

La définition de l'affaiblissement de réflexion optique de 3.1.7 donne:

$$\text{ORL} = 10 \log_{10}(P_{in}/P_r) \quad (\text{E.1})$$

où  $P_{in}$  est mesurée directement comme représenté sur la Figure E.5.

$P_r$  est calculée en prenant la puissance réfléchie mesurée ( $P_{m1}$ ) et en soustrayant de celle-ci la contribution des réflexions internes du système de mesure ( $P_{rs}$ ) qui seront toujours présentes, puis en compensant l'affaiblissement subi par la lumière réfléchie lorsqu'elle passe du cordon d'essai 1 à travers l'interface du connecteur vers le RLTS, et à travers le coupleur vers l'appareil de mesure de la puissance interne, c'est-à-dire:

$$P_r = (P_{m1} - P_{rs}) \times (P_{ref2}/P_{ref1}) \quad (\text{E.2})$$

En remplaçant  $P_r$  dans l'Équation (E.1), on obtient:

$$\text{ORL} = 10 \log_{10}(P_{in} / ((P_{m1} - P_{rs}) \times (P_{ref2}/P_{ref1}))) \text{ en dB} \quad (\text{E.3})$$

**E.3.4 Incertitude de mesure**

Une évaluation complète de l'incertitude de mesure sera étudiée ultérieurement.

Exemples de contributions sur l'incertitude:

- incertitude absolue de mesure de puissance pour deux appareils de mesure de la puissance (indépendants) (voir G.2.6 pour plus de détails);
- incertitudes induites par la différence des propriétés spectrales entre des sources internes et externes.

**Annexe F**  
(normative)

**Mesure de l'affaiblissement de réflexion optique à ondes entretenues – Méthode B**

**F.1 Applicabilité de la méthode d'essai**

Par rapport à la méthode A décrite à l'Annexe E, cette méthode utilise une réflectance connue pour caractériser le montage de mesure. Réécrire l'Équation (E.3) sous la forme

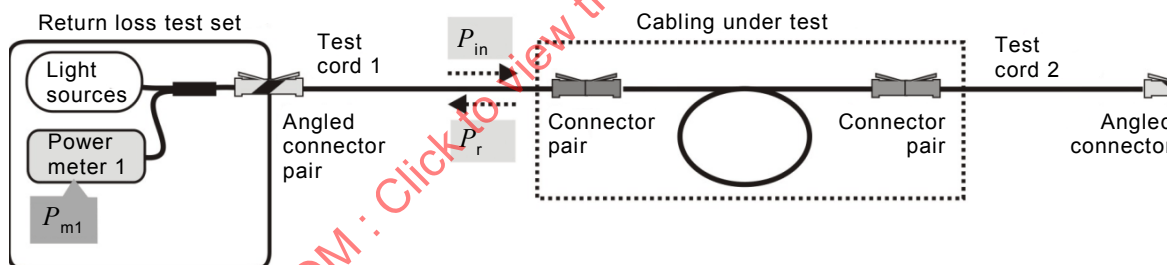
$$\begin{aligned}
 \text{ORL} &= 10\log_{10}(P_{in}/((P_{m1} - P_{rs}) \times (P_{ref2}/P_{ref1}))) \\
 &= 10\log_{10}(P_{in}/L_{ret}) - 10\log_{10}(P_{m1} - P_{rs}) \\
 &= C_f - 10\log_{10}(P_{m1} - P_{rs})
 \end{aligned}
 \tag{F.1}$$

où

$L_{ret}$  est l'affaiblissement du coupleur entre  $P_r$  et  $P_{m1}$ ;

$C_f = 10\log_{10}(P_{in}/L_{ret})$  est le facteur de caractérisation.

**F.2 Appareillage**



IEC 2109/14

**Légende**

Anglais	Français
Return loss test set	Montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion
Light sources	Sources de rayonnement lumineux
Power meter	Appareil de mesure de la puissance
Test cord	Cordon d'essai
Angled connector pair	Paire de connecteurs avec angle
Cabling under test	Câblage en essai
Connector pair	Paire de connecteurs
Angled connector	Connecteur avec angle

**Figure F.1 – Illustration de montage d'essai pour l'affaiblissement de réflexion**

**F.2.1 Exigences générales**

Outre l'appareillage décrit à l'Annexe E, les éléments suivants sont également requis.

### F.2.2 Terminaison de réflectance connue

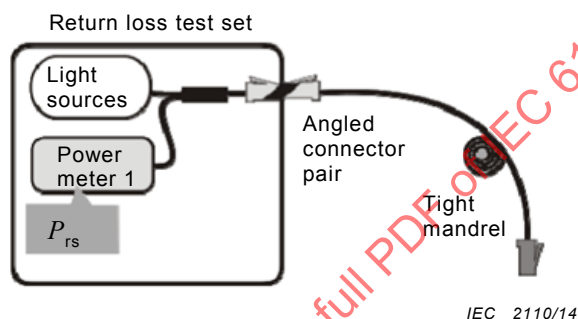
Une terminaison de réflectance connue est nécessaire pour déterminer les pertes internes et les réflexions du système de mesure. On utilise généralement un connecteur à extrémité plate (PC, sans angle), à l'air libre, avec une réflectance supposée de  $-14,6$  dB.

### F.3 Procédure

#### F.3.1 Caractérisation du montage

Afin d'effectuer la mesure, il est nécessaire de caractériser le système de mesure en déterminant  $C_f$ .

$C_f$  peut être caractérisée en effectuant deux mesures, la première avec les réflexions supprimées et la seconde en utilisant un réflecteur de référence de réflexion connue  $R_{ref}$ .



#### Légende

Anglais	Français
Return loss test set	Montage d'essai de l'affaiblissement de réflexion
Light sources	Sources de rayonnement lumineux
Power meter	Appareil de mesure de la puissance
Angled connector pair	Paire de connecteurs avec angle
Tight mandrel	Mandrin serré

Figure F.2 – Mesure de  $P_{rs}$  avec les réflexions supprimées