IEC 60793-1-41

Edition 4.0 2024-04
REDLINE VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

colour inside

Optical fibres –
Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-8322-8811-5

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

CONTENTS

FOREWORD 4
1 Scope 6
2 Normative references 6
3 Terms, definitions and abbreviated terms 7
3.1 Terms and definitions 7
3.2 Abbreviated terms 8
4 Apparatus 8
4.1 Radiation source 8
4.1.1 Method A – Time domain (pulse distortion) measurement 8
4.1.2 Method B – Frequency domain measurement 8
4.1.3 Method C – Overfilled launch modal bandwidth calculated from differential mode delay (OMBc) 8
4.1.4 For method A and method B 8
4.2 Launch system 9
4.2.1 Overfilled launch (OFL) 9
4.2.2 Restricted mode launch (RML) 10
4.2.3 Differential mode delay (DMD) launch 11
4.3 Detection system 11
4.4 Recording system 11
4.5 Computational equipment 12
4.6 Overall system performance 12
5 Sampling and specimens 12
5.1 Test sample 12
5.2 Reference sample 12
5.3 End face preparation 13
5.4 Test sample packaging 13
5.5 Test sample positioning 13
6 Procedure 13
6.1 Method A – Time domain (pulse distortion) measurement 13
6.1.1 Output pulse measurement 13
6.1.2 Input pulse measurement method A-1: reference sample from test sample 13
6.1.3 Input pulse measurement method A-2: periodic reference sample 13
6.1.4 Input pulse measurement method A-3: direct reference 14
6.2 Method B – Frequency domain measurement 14
6.2.1 Output frequency response 14
6.2.2 Method B-1: Reference length from test specimen 14
6.2.3 Method B-2: Reference length from similar fibre 14
6.2.4 Method B-3: Reference from direct coupling 15
6.3 Method C – Overfilled launch modal bandwidth calculated from differential mode delay (OMBc) 15
7 Calculations or interpretation of results 16
7.1 ~~-3 dB frequency~~ Bandwidth (−3 dB), $f_{3\ dB}$ 16
7.2 Calculations for optional reporting methods 17
8 Length normalization 17
9 Results 17

9.1 Information to be provided with each measurement 17
9.2 Information available upon request 17
10 Specification information 18
Annex A (normative) Intramodal dispersion factor and the normalized intermodal dispersion limit 19
A.1 Intramodal dispersion factor, IDF 19
A.2 Normalized intermodal dispersion limit, NIDL 20
A.3 Derivation of the IDF 20
Annex B (normative) Fibre transfer function, $H(f)$, power spectrum, $|H(f)|$, and $f_{3\ dB}$ 22
B.1 Fibre transfer function 22
B.1.1 Method A – Time domain (pulse distortion) measurement 22
B.1.2 Method B – Frequency-domain measurement 22
B.2 Power spectrum 23
B.2.1 Method A – Time domain (pulse distortion) measurement 23
B.2.2 Method B – Frequency-domain measurement 23
B.2.3 ~~–3 dB Frequency~~ Bandwidth (−3 dB), $f_{3\ dB}$ 23
Annex C (normative) Calculations for other reporting methods 24
C.1 Fibre impulse response, $h(t)$ 24
C.2 RMS impulse response, exact method 24
C.3 RMS impulse response, difference of squares approximation 25
Annex D (normative) Mode scrambler requirements for overfilled launching conditions to multimode fibres 26
D.1 ~~Introduction~~ General 26
D.2 Apparatus 26
D.2.1 Light source 26
D.2.2 Mode scrambler 26
D.2.3 Cladding mode strippers 27
D.3 Sampling and specimens 28
D.4 Procedure 28
D.4.1 Qualification of mode scrambler 28
D.4.2 Alignment of test fibre in mode scrambler output 29
D.4.3 Measurement test 29
D.5 Calculations or interpretation of results 29
D.6 Results 30
D.6.1 Information to be provided with each measurement 30
D.6.2 Information available upon request 30
Bibliography 31

Figure 1 – Mandrel wrapped mode filter 11
Figure D.1 – Two examples of optical fibre scramblers 27

Table 1 – Abbreviated terms 8
Table 2 – DMD weights for calculating overfilled modal bandwidth (OMBc) from DMD data for 850 nm only 16
Table A.1 – Highest expected dispersion for commercially available A1 fibres 19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

OPTICAL FIBRES –

Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This redline version of the official IEC Standard allows the user to identify the changes made to the previous edition IEC 60793-1-41:2010. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.

IEC 60793-1-41 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

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

a) the addition of a direct reference for method A and method B.

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

Draft	Report on voting
86A/2302/CDV	86A/2365/RVC

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

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

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts of the IEC 60793 series, published under the general title *Optical fibres – Measurement methods and test procedures*, can be found on the IEC website.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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

OPTICAL FIBRES –

Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth

1 Scope

This part of IEC 60793 describes three methods for determining and measuring the modal bandwidth of multimode optical fibres (see IEC 60793-2-10, ~~IEC 60793-30 series and IEC 60793-40 series~~ IEC 60793-2-30, and the IEC 60793-2-40 series). The baseband frequency response is directly measured in the frequency domain by determining the fibre response to a sinusoidaly modulated light source. The baseband response can also be measured by observing the broadening of a narrow pulse of light. The calculated response is determined using differential mode delay (DMD) data. The three methods are:

- Method A – Time domain (pulse distortion) measurement
- Method B – Frequency-domain measurement
- Method C – Overfilled launch modal bandwidth calculated from differential mode delay (OMBc)

Method A and method B can be performed using one of two launches: an overfilled launch (OFL) condition or a restricted mode launch (RML) condition. Method C is only defined for ~~A1a.2 (and A1a.3 in preparation)~~ A1-OM3 to A1-OM5 multimode fibres and uses a weighted summation of DMD launch responses with the weights corresponding to an overfilled launch condition. The relevant test method and launch condition ~~should be~~ is chosen according to the type of fibre.

NOTE 1 These test methods are commonly used in production and research facilities and are not easily accomplished in the field.

NOTE 2 OFL has been used for the modal bandwidth value for LED-based applications for many years. However, no single launch condition is representative of the laser (e.g. VCSEL) sources that are used for gigabit and higher rate transmission. This fact drove the development of IEC 60793-1-49 for determining the effective modal bandwidth of laser optimized 50 µm fibres. See IEC 60793-2-10~~:2004 or later~~ and IEC 61280-4-1~~:2003 or later~~ for more information.

2 Normative references

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

IEC 60793-1-20, *Optical fibres – Part 1-20: Measurement methods and test procedures – Fibre geometry*

~~*IEC 60793-1-42, Optical fibres – Part 1-42: Measurement methods and test procedures – Chromatic dispersion*~~

IEC 60793-1-43, *Optical fibres – Part 1-43: Measurement methods and test procedures – Numerical aperture*

IEC 60793-1-49~~:2006~~, *Optical fibres – Part 1-49: Measurement methods and test procedures – Differential mode delay*

IEC 60793-1-41

Edition 4.0 2024-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Optical fibres –
Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth

Fibres optiques –
Partie 1-41: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Largeur de bande



IEC 60793-1-41:2024-04(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 4
1 Scope 6
2 Normative references 6
3 Terms, definitions and abbreviated terms 7
3.1 Terms and definitions 7
3.2 Abbreviated terms 8
4 Apparatus 8
4.1 Radiation source 8
4.1.1 Method A – Time domain (pulse distortion) measurement 8
4.1.2 Method B – Frequency domain measurement 8
4.1.3 Method C – Overfilled launch modal bandwidth calculated from differential mode delay (OMBc) 8
4.1.4 For method A and method B 8
4.2 Launch system 9
4.2.1 Overfilled launch (OFL) 9
4.2.2 Restricted mode launch (RML) 10
4.2.3 Differential mode delay (DMD) launch 11
4.3 Detection system 11
4.4 Recording system 11
4.5 Computational equipment 11
4.6 Overall system performance 11
5 Sampling and specimens 12
5.1 Test sample 12
5.2 Reference sample 12
5.3 End face preparation 12
5.4 Test sample packaging 12
5.5 Test sample positioning 12
6 Procedure 13
6.1 Method A – Time domain (pulse distortion) measurement 13
6.1.1 Output pulse measurement 13
6.1.2 Input pulse measurement method A-1: reference sample from test sample 13
6.1.3 Input pulse measurement method A-2: periodic reference sample 13
6.1.4 Input pulse measurement method A-3: direct reference 13
6.2 Method B – Frequency domain measurement 14
6.2.1 Output frequency response 14
6.2.2 Method B-1: Reference length from test specimen 14
6.2.3 Method B-2: Reference length from similar fibre 14
6.2.4 Method B-3: Reference from direct coupling 14
6.3 Method C – Overfilled launch modal bandwidth calculated from differential mode delay (OMBc) 15
7 Calculations or interpretation of results 16
7.1 Bandwidth (−3 dB), $f_{3\ dB}$ 16
7.2 Calculations for optional reporting methods 16
8 Length normalization 16
9 Results 16

9.1 Information to be provided with each measurement 16
9.2 Information available upon request 17
10 Specification information 17
Annex A (normative) Intramodal dispersion factor and the normalized intermodal dispersion limit 18
A.1 Intramodal dispersion factor, IDF 18
A.2 Normalized intermodal dispersion limit, NIDL 19
A.3 Derivation of the IDF 19
Annex B (normative) Fibre transfer function, $H(f)$, power spectrum, $|H(f)|$, and $f_{3\ dB}$ 21
B.1 Fibre transfer function 21
B.1.1 Method A – Time domain (pulse distortion) measurement 21
B.1.2 Method B – Frequency-domain measurement 21
B.2 Power spectrum 22
B.2.1 Method A – Time domain (pulse distortion) measurement 22
B.2.2 Method B – Frequency-domain measurement 22
B.2.3 Bandwidth (−3 dB), $f_{3\ dB}$ 22
Annex C (normative) Calculations for other reporting methods 23
C.1 Fibre impulse response, $h(t)$ 23
C.2 RMS impulse response, exact method 23
C.3 RMS impulse response, difference of squares approximation 24
Annex D (normative) Mode scrambler requirements for overfilled launching conditions to multimode fibres 25
D.1 General 25
D.2 Apparatus 25
D.2.1 Light source 25
D.2.2 Mode scrambler 25
D.2.3 Cladding mode strippers 26
D.3 Sampling and specimens 27
D.4 Procedure 27
D.4.1 Qualification of mode scrambler 27
D.4.2 Alignment of test fibre in mode scrambler output 28
D.4.3 Measurement test 28
D.5 Calculations or interpretation of results 28
D.6 Results 29
D.6.1 Information to be provided with each measurement 29
D.6.2 Information available upon request 29
Bibliography 30

Figure 1 – Mandrel wrapped mode filter 10
Figure D.1 – Two examples of optical fibre scramblers 26

Table 1 – Abbreviated terms 8
Table 2 – DMD weights for calculating overfilled modal bandwidth (OMBc) from DMD data for 850 nm only 15
Table A.1 – Highest expected dispersion for commercially available A1 fibres 18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

OPTICAL FIBRES –

Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60793-1-41 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

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

a) the addition of a direct reference for method A and method B.

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

Draft	Report on voting
86A/2302/CDV	86A/2365/RVC

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

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

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts of the IEC 60793 series, published under the general title *Optical fibres – Measurement methods and test procedures*, can be found on the IEC website.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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

OPTICAL FIBRES –

Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth

1 Scope

This part of IEC 60793 describes three methods for determining and measuring the modal bandwidth of multimode optical fibres (see IEC 60793-2-10, IEC 60793-2-30, and the IEC 60793-2-40 series). The baseband frequency response is directly measured in the frequency domain by determining the fibre response to a sinusoidaly modulated light source. The baseband response can also be measured by observing the broadening of a narrow pulse of light. The calculated response is determined using differential mode delay (DMD) data. The three methods are:

- Method A – Time domain (pulse distortion) measurement
- Method B – Frequency-domain measurement
- Method C – Overfilled launch modal bandwidth calculated from differential mode delay (OMBc)

Method A and method B can be performed using one of two launches: an overfilled launch (OFL) condition or a restricted mode launch (RML) condition. Method C is only defined for A1-OM3 to A1-OM5 multimode fibres and uses a weighted summation of DMD launch responses with the weights corresponding to an overfilled launch condition. The relevant test method and launch condition is chosen according to the type of fibre.

NOTE 1 These test methods are commonly used in production and research facilities and are not easily accomplished in the field.

NOTE 2 OFL has been used for the modal bandwidth value for LED-based applications for many years. However, no single launch condition is representative of the laser (e.g. VCSEL) sources that are used for gigabit and higher rate transmission. This fact drove the development of IEC 60793-1-49 for determining the effective modal bandwidth of laser optimized 50 µm fibres. See IEC 60793-2-10 and IEC 61280-4-1 for more information.

2 Normative references

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

IEC 60793-1-20, *Optical fibres – Part 1-20: Measurement methods and test procedures – Fibre geometry*

IEC 60793-1-43, *Optical fibres – Part 1-43: Measurement methods and test procedures – Numerical aperture*

IEC 60793-1-49, *Optical fibres – Part 1-49: Measurement methods and test procedures – Differential mode delay*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 34
1 Domaine d'application 36
2 Références normatives 36
3 Termes, définitions et abréviations 37
3.1 Termes et définitions 37
3.2 Abréviations 38
4 Appareillage 38
4.1 Source de rayonnements 38
4.1.1 Méthode A – Mesure dans le domaine temporel (distorsion d'impulsion) 38
4.1.2 Méthode B – Mesure dans le domaine fréquentiel 38
4.1.3 Méthode C – Largeur de bande modale avec injection saturée calculée à partir du retard différentiel de mode (OMBc, *Overfilled launch Modal Bandwidth calculated*) 38
4.1.4 Pour les méthodes A et B 38
4.2 Système d'injection 39
4.2.1 Injection saturée (OFL, *Overfilled launch*) 39
4.2.2 Injection en mode partiel (RML) 40
4.2.3 Injection de retard différentiel de mode (DMD) 41
4.3 Système de détection 41
4.4 Système d'enregistrement 41
4.5 Équipement de calcul 42
4.6 Performance du système global 42
5 Échantillonnage et spécimens 42
5.1 Échantillon d'essai 42
5.2 Échantillon de référence 43
5.3 Préparation des extrémités 43
5.4 Conditionnement de l'échantillon d'essai 43
5.5 Positionnement de l'échantillon d'essai 43
6 Procédure 43
6.1 Méthode A – Mesure dans le domaine temporel (distorsion d'impulsion) 43
6.1.1 Mesure de l'impulsion de sortie 43
6.1.2 Méthode A-1 de mesure de l'impulsion d'entrée: échantillon de référence provenant de l'échantillon d'essai 44
6.1.3 Méthode A-2 de mesure de l'impulsion d'entrée: échantillon de référence périodique 44
6.1.4 Méthode A-3 de mesure de l'impulsion d'entrée: référence directe 44
6.2 Méthode B – Mesure dans le domaine fréquentiel 45
6.2.1 Réponse fréquentielle de sortie 45
6.2.2 Méthode B-1: Longueur de référence issue du spécimen 45
6.2.3 Méthode B-2: Longueur de référence issue d'une fibre similaire 45
6.2.4 Méthode B-3: Référence par couplage direct 45
6.3 Méthode C – Largeur de bande modale avec injection saturée calculée à partir du retard différentiel de mode (OMBc, *Overfilled launch Modal Bandwidth calculated*) 46
7 Calculs ou interprétation des résultats 47
7.1 Fréquence −3 dB, $f_{3\ \mathrm{dB}}$ 47
7.2 Calculs pour les méthodes de consignation facultatives 47

8 Normalisation de la longueur 47
9 Résultats 47
9.1 Informations à fournir pour chaque mesure 47
9.2 Informations disponibles sur demande 48
10 Informations à mentionner dans la spécification 48
Annexe A (normative) Facteur de dispersion intramodale et limite de dispersion intermodale normalisée 49
A.1 Facteur de dispersion intramodale, IDF 49
A.2 Limite de dispersion intermodale normalisée, NIDL 50
A.3 Dérivation de l'IDF 50
Annexe B (normative) Fonction de transfert de fibre, $H(f)$, spectre de puissance, $|H(f)|$, et $f_{3\ dB}$ 52
B.1 Fonction de transfert de la fibre 52
B.1.1 Méthode A – Mesure dans le domaine temporel (distorsion d'impulsion) 52
B.1.2 Méthode B – Mesure dans le domaine fréquentiel 52
B.2 Spectre de puissance 53
B.2.1 Méthode A – Mesure dans le domaine temporel (distorsion d'impulsion) 53
B.2.2 Méthode B – Mesure dans le domaine fréquentiel 53
B.2.3 Fréquence à −3 dB 53
Annexe C (normative) Calculs pour les autres méthodes de consignation 54
C.1 Réponse impulsionnelle de fibre, $h(t)$ 54
C.2 Réponse impulsionnelle efficace, méthode exacte 54
C.3 Réponse impulsionnelle efficace, différence de l'approximation des carrés 55
Annexe D (normative) Exigences relatives à l'embrouilleur de modes pour les conditions d'injection saturées sur les fibres multimodales 56
D.1 Introduction 56
D.2 Appareillage 56
D.2.1 Source de lumière 56
D.2.2 Embrouilleur de modes 56
D.2.3 Suppresseurs de mode de gaine 57
D.3 Échantillonnage et spécimens 58
D.4 Procédure 58
D.4.1 Qualification de l'embrouilleur de modes 58
D.4.2 Alignement de la fibre d'essai dans la sortie de l'embrouilleur de modes 59
D.4.3 Essai de mesure 60
D.5 Calculs ou interprétation des résultats 60
D.6 Résultats 60
D.6.1 Informations à fournir pour chaque mesure 60
D.6.2 Informations disponibles sur demande 60
Bibliographie 61

Figure 1 – Filtre de modes enroulé sur mandrin 41
Figure D.1 – Deux exemples d'embrouilleurs pour fibres optiques 57

Tableau 1 – Abréviations 38
Tableau 2 – Pondérations du DMD pour calculer la largeur de bande modale saturée (OMBc) à partir des données de DMD, à 850 nm seulement 46
Table A.1 – Dispersion attendue la plus élevée pour les fibres A1 disponibles dans le commerce 49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-41: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Largeur de bande

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. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'a pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

La Norme internationale IEC 60793-1-41 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

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

a) l'ajout d'une "référence directe" pour la méthode A et la méthode B.

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

Projet	Rapport de vote
86A/2302/CDV	86A/2365/RVC

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

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60793-1-4x, publiées sous le titre général *Fibres optiques – Méthodes de mesure et procédures d'essai*, se trouve sur le site Web de l'IEC.

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

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'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.

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-41: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Largeur de bande

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60793 décrit trois méthodes pour déterminer et mesurer la largeur de bande modale des fibres optiques multimodales (voir l'IEC 60793-2-10, l'IEC 60793-2-30 et l'IEC 60793-2-40). La réponse en fréquence de bande de base est directement mesurée dans le domaine fréquentiel en déterminant la réponse de la fibre à une source de lumière modulée de manière sinusoïdale. La réponse en bande de base peut aussi être mesurée en observant l'élargissement d'une impulsion étroite de lumière. La réponse calculée est déterminée en utilisant les données de retard différentiel de mode (DMD, *Differential Mode Delay*). Les trois méthodes sont les suivantes:

- Méthode A – Mesure dans le domaine temporel (distorsion d'impulsion)
- Méthode B – Mesure dans le domaine fréquentiel
- Méthode C – Largeur de bande modale avec injection saturée calculée à partir du retard différentiel de mode (OMBc, *Overfilled launch Modal Bandwidth calculated*)

Les méthodes A et B peuvent être réalisées en utilisant une méthode d'injection au choix entre: une condition d'injection saturée (OFL, *OverFilled Launch*) ou une condition d'injection en mode partiel (RML, *Restricted Mode Launch*). La méthode C est seulement définie pour les fibres multimodales A1-OM3 à A1-OM5 et utilise une sommation pondérée des réponses d'injection de DMD avec les pondérations correspondant à une condition d'injection saturée. La méthode d'essai et la condition d'injection appropriées sont choisies en fonction du type de fibre.

NOTE 1 Ces méthodes d'essai sont fréquemment utilisées dans les installations de production et de recherche et ne sont pas facilement réalisées sur site.

NOTE 2 La méthode OFL est utilisée depuis de nombreuses années pour la valeur de largeur de bande modale des applications à base de LED. Toutefois, aucune condition d'injection unique n'est représentative des sources laser (par exemple, les diodes laser à cavité verticale émettant par la surface [VCSEL, *Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser*]) qui sont utilisées pour la transmission en gigabits et à des débits supérieurs. Ceci a conduit à l'élaboration de l'IEC 60793-1-49 pour la détermination de la largeur de bande modale effective des fibres à 50 µm optimisées pour les sources laser. Voir l'IEC 60793-2-10:2019 ou plus récente et l'IEC 61280-4-1:2019 ou plus récente pour plus d'informations.

2 Références normatives

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

IEC 60793-1-20, *Fibres optiques – Partie 1-20: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Géométrie de la fibre*

IEC 60793-1-43, *Fibres optiques – Partie 1-43: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Mesure de l'ouverture numérique*

IEC 60793-1-49, *Fibres optiques – Partie 1-49: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Retard différentiel de mode*