



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**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**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

U

---

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-88912-170-0

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references .....	6
3 Terms and definitions .....	7
4 Apparatus.....	7
4.1 Radiation source .....	7
4.1.1 Method A – Time domain (pulse distortion) measurement.....	7
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 methods A and B.....	8
4.2 Launch system .....	8
4.2.1 Overfilled launch (OFL) .....	8
4.2.2 Restricted mode launch (RML) .....	9
4.2.3 Differential mode delay (DMD) launch .....	10
4.3 Detection system.....	10
4.4 Recording system.....	10
4.5 Computational equipment.....	11
4.6 Overall system performance .....	11
5 Sampling and specimens .....	11
5.1 Test sample .....	11
5.2 Reference sample .....	11
5.3 End face preparation .....	11
5.4 Test sample packaging.....	12
5.5 Test sample positioning.....	12
6 Procedure .....	12
6.1 Method A – Time domain (pulse distortion) measurement.....	12
6.1.1 Output pulse measurement.....	12
6.1.2 Input pulse measurement method A-1: reference sample from test sample .....	12
6.1.3 Input pulse measurement method A-2: periodic reference sample .....	12
6.2 Method B – Frequency domain measurement .....	13
6.2.1 Output frequency response.....	13
6.2.2 Method B-1: Reference length from test specimen.....	13
6.2.3 Method B-2: Reference length from similar fibre .....	13
6.3 Method C – Overfilled launch modal bandwidth calculated from differential mode delay (OMBc).....	13
7 Calculations or interpretation of results .....	14
7.1 -3 dB frequency, $f_{3\text{ dB}}$ .....	14
7.2 Calculations for optional reporting methods.....	15
8 Length normalization .....	15
9 Results.....	15
9.1 Information to be provided with each measurement.....	15
9.2 Information available upon request.....	15
10 Specification information .....	16
Annex A (normative) Intramodal dispersion factor and the normalized intermodal dispersion limit.....	17

Annex B (normative) Fibre transfer function, $H(f)$ , power spectrum, $ H(f) $ , and $f_3$ dB.....	20
Annex C (normative) Calculations for other reporting methods.....	22
Annex D (normative) Mode scrambler requirements for overfilled launching conditions to multimode fibres .....	23
Bibliography.....	28
Figure 1 – Mandrel wrapped mode filter .....	10
Figure D.1 – Two examples of optical fibre scramblers .....	24
Table 1 – DMD weights for calculating overfilled modal bandwidth (OMBc) from DMD data for 850 nm only .....	14
Table A.1 – Highest expected dispersion for commercially available A1 fibres .....	17

## 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) 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 60793-1-41 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2003. This edition constitutes a technical revision.

The main change with respect to the previous edition is the addition of a third method for determining modal bandwidth based on DMD data and to improve measurement procedures for A4 fibres.

This standard should be read in conjunction with IEC 60793-1-1 and IEC 60793-1-2, which cover generic specifications.

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

FDIS	Report on voting
86A/1294/CDV	86A/1329/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 of the IEC 60793-1-4x 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 publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

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

## OPTICAL 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). The baseband frequency response is directly measured in the frequency domain by determining the fibre response to a sinusoidally 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)

Methods A and 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) multimode fibre 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 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  $\mu\text{m}$  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 referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 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*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	32
1 Domaine d'application .....	34
2 Références normatives .....	34
3 Termes et définitions .....	35
4 Appareillage .....	35
4.1 Source de rayonnements .....	35
4.1.1 Méthode A – Mesure dans le domaine temporel (distorsion d'impulsion) .....	35
4.1.2 Méthode B – Mesure dans le domaine fréquentiel .....	36
4.1.3 Méthode C – Largeur de bande modale avec injection saturée calculée à partir du retard de mode différentiel (OMBc) .....	36
4.1.4 Pour les méthodes A et B .....	36
4.2 Système d'injection .....	37
4.2.1 Injection saturée (OFL) .....	37
4.2.2 Injection en mode partiel (RML) .....	37
4.2.3 Injection de retard de mode différentiel (DMD) .....	38
4.3 Système de détection .....	39
4.4 Système d'enregistrement .....	39
4.5 Equipement de calcul .....	39
4.6 Performance du système global .....	39
5 Echantillonnage et spécimens .....	40
5.1 Echantillon en essai .....	40
5.2 Echantillon de référence .....	40
5.3 Préparation de l'extrémité .....	40
5.4 Conditionnement de l'échantillon en essai .....	40
5.5 Positionnement de l'échantillon en essai .....	41
6 Procédure .....	41
6.1 Méthode A – Mesure dans le domaine temporel (distorsion d'impulsion) .....	41
6.1.1 Mesure de l'impulsion de sortie .....	41
6.1.2 Méthode A-1 de mesure de l'impulsion d'entrée échantillon de référence provenant de l'échantillon en essai .....	41
6.1.3 Méthode A-2 de mesure de l'impulsion d'entrée: échantillon de référence périodique .....	41
6.2 Méthode B – Mesure dans le domaine fréquentiel .....	42
6.2.1 Réponse fréquentielle de sortie .....	42
6.2.2 Méthode B-1: Longueur de référence de l'échantillon à l'essai .....	42
6.2.3 Méthode B-2: Longueur de référence d'une fibre similaire .....	42
6.3 Méthode C – Largeur de bande modale avec injection saturée calculée à partir du retard de mode différentiel (OMBc) .....	42
7 Calculs ou interprétation des résultats .....	43
7.1 Fréquence $-3$ dB, $f_{3\text{ dB}}$ .....	43
7.2 Calculs pour les méthodes de présentation optionnelles .....	44
8 Normalisation de la longueur .....	44
9 Résultats .....	44
9.1 Informations à fournir pour chaque essai .....	44
9.2 Informations à fournir sur demande .....	44
10 Information à mentionner dans la spécification .....	45

Annexe A (normative) Facteur de dispersion intra-modale et limite de dispersion intermodale normalisée.....	46
Annexe B (normative) Fonction de transfert de fibre, $H(f)$ , spectre de puissance, $ H(f) $ , et $f_3$ dB.....	50
Annexe C (normative) Calculs pour d'autres méthodes de présentation .....	52
Annexe D (informative) Exigences d'embrouilleur de modes pour les conditions d'injection saturées sur les fibres multimodales .....	54
Bibliographie.....	59
Figure 1 – Filtre de modes enroulé sur mandrin .....	38
Figure D.1 – Deux exemples d'embrouilleurs de modes à fibres optiques .....	55
Tableau 1 – Poids de DMD pour calculer la largeur de bande modale saturée (OMBc) à partir des données de DMD, à 850 nm seulement .....	43
Tableau A.1 – Dispersion attendue la plus forte pour les fibres de la catégorie A1 disponibles sur le marché .....	47



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

La Norme Internationale CEI 60793-1-41 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du Comité d'Etudes 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette troisième édition annule et remplace la seconde édition publiée en 2003. Cette édition constitue une révision technique.

La modification principale par rapport à la précédente édition est l'addition d'une troisième méthode pour la détermination de la largeur de bande modale fondée sur les données de DMD et afin d'améliorer les procédures de mesure pour les fibres A4.

Il convient d'utiliser cette norme conjointement à la CEI 60793-1-1 et à la CEI 60793-1-2, qui couvrent les spécifications génériques.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 86A/1294/CDV et 86A/1329/RVD. Le rapport de vote 86A/1329/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60793-1-4x, publiée sous le titre général *Fibres optiques – méthodes de mesure et procédures d'essai* est disponible sur le site internet de la CEI.

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

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

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

## FIBRES OPTIQUES –

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

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60793 décrit trois méthodes pour déterminer et mesurer la largeur de bande modale des fibres optiques multimodales (voir CEI 60793-2-10, série CEI 60793-30 et série CEI 60793-40). 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 lumineuse 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 de mode différentiel (differential mode delay - DMD). 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 d'injection saturée calculée à partir du retard de mode différentiel (OMBc)

Les méthodes A et B peuvent être réalisées en utilisant une méthode d'injection au choix parmi: une condition d'injection saturée (overfilled launch - OFL) ou une condition d'injection en mode partiel (Restricted mode launch - RML). La méthode C est seulement définie pour les fibres multimodales A1a.2 (et A1a.3 qui sont en préparation) et elle utilise une sommation pondérée des réponses d'injection de DMD avec les poids correspondant à une condition d'injection saturée. Il convient de choisir la méthode d'essai et la condition d'injection appropriées 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 lasers (par exemple VCSEL) qui sont utilisées pour la transmission en gigabits et à des débits supérieurs. Ceci a conduit à l'élaboration de la CEI 60793-1-49 pour la détermination de la largeur de bande modale effective des fibres à 50 µm optimisées laser. Voir la CEI 60793-2-10:2004 ou postérieure et la CEI 61280-4-1:2003 ou postérieure pour plus d'informations.

#### 2 Références normatives

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

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

CEI 60793-1-42, *Fibres optiques – Partie 1-42: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Dispersion chromatique*

CEI 60793-1-43, *Fibres optiques – Partie 1-43: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ouverture numérique*

CEI 60793-1-49:2006, *Fibres optiques – Partie 1-49: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Retard différentiel de mode*