



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Optical fibres –**

**Part 1-49: Measurement methods and test procedures – Differential mode delay**

**Fibres optiques –**

**Partie 1-49: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Retard différentiel de mode**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-8322-5954-2

**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.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references .....	6
3 Terms and definitions .....	7
4 Apparatus.....	8
4.1 Overview.....	8
4.2 Optical source.....	9
4.3 Probe fibre.....	10
4.4 Scanning stage.....	10
4.5 Probe to test sample coupling.....	10
4.6 Cladding mode stripper.....	10
4.7 Detection system .....	10
4.8 Sampler and digitizer.....	11
4.9 Computational equipment .....	11
4.10 System performance.....	11
4.10.1 General.....	11
4.10.2 Pulse temporal stability.....	12
4.10.3 System stability frequency limit ( <i>SSFL</i> ).....	12
5 Sampling and specimens.....	13
5.1 Test sample.....	13
5.2 Specimen end-faces .....	13
5.3 Specimen length.....	13
5.4 Specimen deployment.....	13
5.5 Specimen positioning.....	13
6 Procedure.....	13
6.1 Fibre coupling and system setup.....	13
6.2 Determination of centre.....	14
6.3 Measurement of the test sample .....	14
6.3.1 Selection of radii and quadrant.....	14
6.3.2 Collection of scan data .....	14
6.4 Determination of $\Delta T_{\text{PULSE}}$ and $\Delta T_{\text{REF}}$ .....	14
6.5 Reference test method.....	14
7 Calculations and interpretation of results.....	15
7.1 General.....	15
7.2 Differential mode delay ( <i>DMD</i> ).....	15
7.2.1 General.....	15
7.2.2 Deconvolution.....	15
7.2.3 Pulse folding.....	15
7.2.4 Determination of <i>DMD</i> .....	16
7.3 Minimum calculated effective modal bandwidth.....	17
7.3.1 General.....	17
7.3.2 Time domain pulse computation .....	17
7.3.3 Calculate the transfer function .....	18
7.3.4 Compute the power spectrum .....	18
7.3.5 Compute $EMB_C$ and $minEMB_C$ .....	18
7.4 Length normalization.....	18

8	Documentation .....	18
8.1	Information to be reported .....	18
8.2	Information available upon request .....	19
9	Specification information .....	19
	Annex A (normative) Source spectral width limitation .....	20
A.1	Limiting the effect of chromatic dispersion (CD) on the value of <i>DMD</i> .....	20
A.1.1	General .....	20
A.1.2	Limit CD contribution to <i>DMD</i> to be measured .....	20
A.1.3	Limit CD contribution to reference width .....	20
A.1.4	Adjust $\Delta T_{REF}$ to account for CD contribution .....	21
A.1.5	High-performance <i>DMD</i> fibres and spectral requirements .....	21
A.2	Chromatic dispersion in multimode fibres .....	22
	Annex B (informative) Determination of fibre optical centre .....	23
B.1	General .....	23
B.2	Method .....	23
	Annex C (normative) Detection system modal measurement .....	26
C.1	General .....	26
C.2	Determination of coupling function .....	26
C.2.1	Overview .....	26
C.2.2	Fibre sample and coupling .....	26
C.2.3	Detector response .....	26
C.2.4	Reference response .....	27
C.2.5	Coupling function determination .....	28
	Annex D (informative) Discussion of measurement details .....	29
D.1	<i>DMD</i> .....	29
D.2	<i>EMB<sub>C</sub></i> calculation .....	30
	Annex E (informative) Determining <i>DMD</i> weightings for <i>EMB<sub>C</sub></i> calculation .....	33
E.1	Selecting a set of weightings .....	33
E.2	Procedure for generating <i>DMD</i> weightings given encircled flux data .....	33
	Annex F (informative) <i>EMB<sub>C</sub></i> calculation information .....	35
F.1	Default <i>DMD</i> weightings for transmitters conforming to IEC 60793-2-10 .....	35
F.2	Example method to determine if an adjusted bandwidth (BW) metric is adequate .....	36
	Bibliography .....	38
	Figure 1 – Example apparatus .....	9
	Figure B.1 – Typical area data from centring waveforms .....	24
	Figure D.1 – Idealized <i>DMD</i> data .....	29
	Table A.1 – Worst-case chromatic dispersion .....	22
	Table C.1 – Theoretical normalized coupling efficiency .....	27
	Table F.1 – <i>DMD</i> weightings .....	35
	Table F.2 – <i>DMD</i> weightings .....	36

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### OPTICAL FIBRES –

#### **Part 1-49: Measurement methods and test procedures – Differential mode delay**

#### 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 60793-1-49 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 2006. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) better alignment with original intent by filling some omissions and therefore improving measurement rigor;

- b) the measurement of fibres with smaller differential mode delay (and higher modal bandwidth) such as type A1a.3 fibres of IEC 60793-2-10 [1]<sup>1</sup> that are used in constructing OM4 performance category cables; new requirements on specifying detector amplitude and temporal response, specimen deployment conditions, four-quadrant scanning, and uniformity of radial locations for calculating bandwidth.

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

CDV	Report on voting
86A/1812/CDV	86A/1860/RVC

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

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

This International Standard is to be used in conjunction with IEC 60793-1-1:2017.

A list of all parts in the IEC 60793 series, published under the general title *Optical fibres*, can be found on the IEC website.

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

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

<sup>1</sup> Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

## OPTICAL FIBRES –

### Part 1-49: Measurement methods and test procedures – Differential mode delay

#### 1 Scope

This part of IEC 60793 applies only to multimode, graded-index glass-core (category A1) fibres. The test method is commonly used in production and research facilities, but is not easily accomplished in the field.

This document describes a method for characterizing the modal structure of a graded-index multimode fibre. This information is useful for assessing the bandwidth performance of a fibre especially when the fibre is intended to support a range of launch conditions, for example, those produced by standardized laser transmitters.

With this method, the output from a probe fibre that is single-moded at the test wavelength excites the multimode fibre under test. The probe spot is scanned across the end-face of the fibre under test at specified radial positions, and a set of response pulses are acquired at these positions.

Three specifiable parameters can be derived from the collected set of data.

- The first parameter, differential modal delay (*DMD*), is the difference in optical pulse delay time between the fastest and slowest mode groups of the fibre under test. *DMD* specifications place limits on modal delay over a specified range of probe fibre radial offset positions. *DMD* specifications are determined by modeling and experimentation to correspond to a minimum effective modal bandwidth (*EMB*) for the expected range of transmitters used in a link at a given performance level.
- The second specifiable parameter is derived by combining the pulses using sets of specific radial weights to determine an approximation of a set of pulses from typical transmitters. Using Fourier transforms, the calculated effective modal bandwidth (*EMB<sub>c</sub>*) is determined for each weight set. The minimum of these *EMB<sub>c</sub>* values (*minEMB<sub>c</sub>*) is the specifiable parameter.
- The third specifiable parameter, the computed overfilled launch bandwidth, *OMB<sub>c</sub>*, is determined in a manner similar to *EMB<sub>c</sub>*, but by applying just one weight set to the set of pulses; this weight set corresponds to the overfilling condition, where all mode groups are equally excited.

The test's intent is to quantify the effects of interactions of the fibre modal structure and the source modal characteristics excluding the source's spectral interaction with fibre chromatic dispersion. Adding the effects of fibre chromatic dispersion and the source spectral characteristics will reduce the overall transmission bandwidth, but this is a separate calculation in most transmission models. In this test, the contribution of chromatic dispersion is controlled by limiting the spectral width of usable test sources. Practical test sources will have non-zero spectral width and will thus slightly distort the *DMD*, *minEMB<sub>c</sub>* and *OMB<sub>c</sub>* values. These chromatic dispersion effects are considered in Annex A.

NOTE Comparison between IEC 60793-1-49 and ITU recommendations: ITU-T Recommendation G.650.1 [2] contains no information on how to measure the *DMD* of a graded-index multimode fibre.

#### 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 60793-1-1:2017, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance*

IEC 60793-1-22, *Optical fibres – Part 1-22: Measurement methods and test procedures – Length measurement*

IEC 60793-1-41, *Optical fibres – Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth*

IEC 60793-1-45, *Optical fibres – Part 1-45: Measurement methods and test procedures – Mode field diameter*

IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

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

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	42
1 Domaine d'application .....	44
2 Références normatives .....	45
3 Termes et définitions .....	45
4 Appareillage .....	47
4.1 Vue d'ensemble .....	47
4.2 Source optique.....	47
4.3 Fibre sonde.....	48
4.4 Dispositif de balayage.....	48
4.5 Couplage entre sonde et échantillon d'essai .....	48
4.6 Extracteur de modes de gaine.....	49
4.7 Système de détection.....	49
4.8 Echantillonneur et numériseur.....	49
4.9 Appareil de calcul .....	50
4.10 Performance du système .....	50
4.10.1 Généralités.....	50
4.10.2 Stabilité temporelle des impulsions.....	50
4.10.3 Limite de fréquence de stabilité du système .....	51
5 Echantillonnage et spécimens .....	51
5.1 Echantillon d'essai .....	51
5.2 Faces d'extrémités du spécimen .....	51
5.3 Longueur des spécimens .....	51
5.4 Déploiement des spécimens .....	51
5.5 Positionnement du spécimen .....	52
6 Procédure.....	52
6.1 Couplage de fibres et réglage du système .....	52
6.2 Détermination du centre.....	52
6.3 Mesure de l'échantillon d'essai .....	52
6.3.1 Choix des rayons et du quadrant .....	52
6.3.2 Collecte des données de balayage .....	53
6.4 Détermination de $\Delta T_{PULSE}$ et de $\Delta T_{REF}$ .....	53
6.5 Méthode d'essai de référence .....	53
7 Calculs et interprétation des résultats.....	53
7.1 Généralités .....	53
7.2 Retard différentiel de mode ( <i>DMD</i> ).....	53
7.2.1 Généralités.....	53
7.2.2 Déconvolution.....	54
7.2.3 Repliement d'impulsion.....	54
7.2.4 Détermination du retard différentiel de mode ( <i>DMD</i> ).....	55
7.3 Largeur de bande modale efficace minimale calculée.....	56
7.3.1 Généralités.....	56
7.3.2 Calcul des impulsions dans le domaine temporel.....	56
7.3.3 Calcul de la fonction de transfert .....	56
7.3.4 Calcul du spectre de puissance .....	57
7.3.5 Calcul d' $EMB_C$ et de $minEMB_C$ .....	57
7.4 Normalisation de la longueur.....	57



8	Documentation .....	57
8.1	Information à consigner .....	57
8.2	Informations disponibles sur demande .....	57
9	Informations relatives à la spécification .....	58
Annexe A (normative) Limite de la largeur spectrale de la source .....		59
A.1	Limitation de l'effet de la dispersion chromatique sur la valeur du <i>DMD</i> .....	59
A.1.1	Généralités .....	59
A.1.2	Limiter la contribution de la dispersion chromatique au <i>DMD</i> à mesurer.....	59
A.1.3	Limiter la contribution de la dispersion chromatique à la largeur de référence .....	60
A.1.4	Ajuster $\Delta T_{REF}$ pour tenir compte de la contribution de la dispersion chromatique.....	60
A.1.5	Fibres de <i>DMD</i> hautes performances et exigences spectrales .....	60
A.2	Dispersion chromatique dans les fibres multimodales .....	61
Annexe B (informative) Détermination du centre optique d'une fibre .....		63
B.1	Généralités .....	63
B.2	Méthode.....	63
Annexe C (normative) Mesure de la dépendance modale d'un système de détection .....		66
C.1	Généralités .....	66
C.2	Détermination de la fonction de couplage.....	66
C.2.1	Vue d'ensemble .....	66
C.2.2	Echantillon de fibre et couplage .....	66
C.2.3	Réponse du détecteur.....	66
C.2.4	Réponse de référence .....	67
C.2.5	Détermination de la fonction de couplage .....	68
Annexe D (informative) Discussion des détails de mesure .....		69
D.1	<i>DMD</i> .....	69
D.2	Calcul de l' $EMB_C$ .....	70
Annexe E (informative) Détermination des pondérations de <i>DMD</i> pour le calcul de l' $EMB_C$ .....		73
E.1	Sélection d'un jeu de pondérations .....	73
E.2	Procédure pour générer des pondérations de <i>DMD</i> liées aux données des flux inscrits .....	73
Annexe F (informative) Informations relatives au calcul d' $EMB_C$ .....		75
F.1	Pondérations de <i>DMD</i> par défaut pour des émetteurs conformes à l'IEC 60793-2-10 .....	75
F.2	Exemple de méthode pour déterminer si une valeur de largeur de bande ajustée est appropriée .....	76
Bibliographie.....		78
Figure 1 – Exemple d'appareillage .....		47
Figure B.1 – Données de zones typiques obtenues à partir des formes d'onde de centrage .....		64
Figure D.1 – Données de <i>DMD</i> idéales .....		69
Tableau A.1 – Dispersion chromatique la plus défavorable .....		62
Tableau C.1 – Efficacité de couplage normalisée théorique .....		68
Tableau F.1 – Pondérations de <i>DMD</i> .....		75
Tableau F.2 – Pondérations de <i>DMD</i> .....		76

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### FIBRES OPTIQUES –

#### Partie 1-49: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Retard différentiel de mode

#### 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 60793-1-49 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2006 dont elle constitue une révision technique.

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

- a) un meilleur alignement sur l'objectif initial en remédiant à certaines omissions pour améliorer la rigueur des mesures;

- b) la mesure des fibres avec un plus petit retard différentiel de mode (et une plus grande largeur de bande modale) telles que des fibres de type A1a.3 de l'IEC 60793-2-10 [1]<sup>1</sup> utilisées pour construire des câbles de catégorie de performance OM4, de nouvelles exigences sur la spécification de l'amplitude du détecteur et de la réponse temporelle, les conditions de déploiement des spécimens, le balayage des quatre quadrants et l'uniformité des emplacements radiaux pour calculer la largeur de bande.

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

CDV	Rapport de vote
86A/1812/CDV	86A/1860/RVC

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

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

Cette Norme internationale doit être lue conjointement avec l'IEC 60793-1-1:2017.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60793, publiées sous le titre général *Fibres optiques*, peut être consultée 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 "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, le document sera

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

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

## FIBRES OPTIQUES –

### Partie 1-49: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Retard différentiel de mode

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60793 s'applique uniquement aux fibres multimodales à cœur en verre à gradient d'indice (catégorie A1). Cette méthode d'essai, qui est généralement utilisée dans les installations de production et de recherche, n'est pas facilement réalisée sur le terrain.

Le présent document décrit une méthode de caractérisation de la structure modale d'une fibre multimodale à gradient d'indice. Cette information est utile pour évaluer les performances de largeur de bande d'une fibre, en particulier lorsque la fibre est destinée à supporter une plage de conditions d'injection, par exemple celles produites par les émetteurs lasers normalisés.

Avec cette méthode, la sortie d'une fibre sonde qui est unimodale à la longueur d'onde d'essai excite la fibre multimodale en essai. Le champ de la sonde balaye la face d'extrémité de la fibre en essai à des positions radiales spécifiées et un ensemble d'impulsions en réponses sont acquises à ces positions.

Trois paramètres spécifiés peuvent être dérivés de l'ensemble de données collecté.

- Le premier paramètre, le retard différentiel de mode (*DMD: Differential Modal Delay*), est la différence de temps de propagation de l'impulsion optique entre les groupes de mode les plus rapides et les plus lents de la fibre en essai. Les spécifications de *DMD* placent des limites sur le retard de mode sur une plage spécifiée de positions de décalage radial d'une fibre sonde. Les spécifications de *DMD* sont déterminées par modélisation et expérimentation pour correspondre à une largeur de bande modale efficace (*EMB: Effective Modal Bandwidth*) minimale pour la gamme d'émetteurs attendue utilisée dans une liaison à un niveau de performance donné.
- Le deuxième paramètre spécifiés est obtenu en combinant les impulsions en utilisant des jeux de pondérations radiales spécifiques pour déterminer une approximation d'un ensemble d'impulsions provenant d'émetteurs typiques. En utilisant des transformées de Fourier, la largeur de bande modale efficace calculée ( $EMB_c$ ) est déterminée pour chaque jeu de pondérations. Le minimum de ces valeurs d' $EMB_c$  ( $minEMB_c$ ) est le paramètre spécifiés.
- Le troisième paramètre spécifiés, la largeur de bande à injection saturée (*OMB: Overfilled Launch Bandwidth*) calculée,  $OMB_c$ , est déterminé de manière semblable à  $EMB_c$ , mais en appliquant un seul jeu de pondérations à l'ensemble d'impulsions; ce jeu de pondérations correspond à la condition de saturation, où tous les groupes de mode sont uniformément excités.

L'essai a pour objectif de quantifier les effets des interactions de la structure modale d'une fibre et des caractéristiques modales d'une source, à l'exclusion des interactions spectrales de la source avec la dispersion chromatique de la fibre. L'ajout des effets de la dispersion chromatique d'une fibre et de la caractéristique spectrale d'une source réduit la largeur de bande de transmission globale, mais il s'agit d'un calcul séparé dans la plupart des modèles de transmission. Dans cet essai, la contribution de la dispersion chromatique est commandée en limitant la largeur spectrale des sources d'essai utilisables. Dans la pratique, la largeur spectrale des sources d'essai est différente de zéro, ce qui fausse légèrement les valeurs  $DMD$ ,  $minEMB_c$  et  $OMB_c$ . Ces effets de dispersion chromatiques sont présentés à l'Annexe A.

NOTE Comparaison entre IEC 60793-1-49 et les recommandations UIT: la recommandation UIT-T G.650.1 [2] ne contient aucune information sur la façon de mesurer le *DMD* d'une fibre multimodale à gradient d'indice.

## 2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60793-1-1:2017, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance* (disponible en anglais seulement)

IEC 60793-1-22, *Fibres optiques – Partie 1-22: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Mesure de la longueur*

IEC 60793-1-41, *Fibres optiques – Partie 1-41: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Largeur de bande*

IEC 60793-1-45, *Fibres optiques – Partie 1-45: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Diamètre du champ de mode*

IEC 60825-1, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences*

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

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