

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

60793-1-49

Deuxième édition  
Second edition  
2006-06

---

---

**Fibres optiques –**

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

**Optical fibres –**

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

. IEC 2006 Droits de reproduction réservés . Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

U

*Pour prix, voir catalogue en vigueur  
For price, see current catalogue*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	4
1 Domaine d'application .....	8
2 Références normatives.....	8
3 Termes et définitions .....	10
4 Appareillage .....	12
4.1 Source optique .....	12
4.2 Stabilité.....	12
4.3 Système d'injection .....	12
4.4 Système de détection .....	14
4.5 Equipement de calcul .....	16
5 Echantillonnage et éprouvettes.....	16
5.1 Echantillon d'essai .....	16
5.2 Faces d'extrémités d'éprouvettes .....	16
5.3 Longueur d'éprouvette.....	16
5.4 Emballage de l'éprouvette .....	16
5.5 Positionnement de l'éprouvette .....	16
6 Procédure .....	16
6.1 Régler et mesurer la réponse du système.....	16
6.2 Régler le système de détection .....	18
6.3 Mesurer l'échantillon d'essai .....	18
7 Calculs et interprétation des résultats.....	20
7.1 Retard différentiel de mode (DMD) .....	20
7.2 Largeur de bande modale efficace minimale calculée .....	20
7.3 Normalisation de la longueur .....	24
8 Documentation .....	24
8.1 Consigner les informations suivantes pour chaque essai:.....	24
8.2 Les informations suivantes doivent être disponibles sur demande: .....	24
9 Informations relatives à la spécification .....	24
Annexe A (normative) Limite de la largeur spectrale source.....	28
Annexe B (informative) Discussion des détails de mesure .....	34
Annexe C (informative) Détermination des pondérations de DMD pour le calcul de l'EMBc ..	42
Annexe D (informative) Informations relatives aux calculs de EMBc.....	48
Annexe E (informative) Comparaison entre cette norme et les recommandations UIT .....	54
Bibliographie.....	56
Figure B.1 – Données DMD idéales .....	34
Tableau A.1 – Dispersion attendue la plus élevée pour toute fibre de la catégorie A1 disponible sur le marché .....	32
Tableau D.1-- Pondérations de DMD – Exemple 1.....	48
Tableau D.2 – Pondérations de DMD – Exemple 2.....	50

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	9
2 Normative references .....	9
3 Terms and definitions .....	11
4 Apparatus.....	13
4.1 Optical source .....	13
4.2 Stability .....	13
4.3 Launch system .....	13
4.4 Detection system.....	15
4.5 Computational equipment.....	17
5 Sampling and specimens .....	17
5.1 Test sample .....	17
5.2 Specimen endfaces.....	17
5.3 Specimen length.....	17
5.4 Specimen packaging .....	17
5.5 Specimen positioning .....	17
6 Procedure .....	17
6.1 Adjust and measure system response .....	17
6.2 Adjust detection system.....	19
6.3 Measure the test sample .....	19
7 Calculations and interpretation of results.....	21
7.1 Differential mode delay (DMD) .....	21
7.2 Minimum calculated effective modal bandwidth .....	21
7.3 Length normalization .....	25
8 Documentation .....	25
8.1 Report the following information for each test:.....	25
8.2 The following information shall be available upon request: .....	25
9 Specification information .....	25
Annex A (normative) Source spectral width limitation.....	29
Annex B (informative) Discussion of measurement details .....	35
Annex C (informative) Determining DMD weights for EMBC calculation .....	43
Annex D (informative) EMBC calculation information .....	49
Annex E (informative) Comparison between this standard and ITU recommendations.....	55
Bibliography.....	57
Figure B.1 – Idealized DMD data .....	35
Table A.1 –Highest expected dispersion for any of the commercially available Category A1 fibres .....	33
Table D.1 – DMD weightings – Example set 1 .....	49
Table D.2 – DMD weightings – Example set 2.....	51

# 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 (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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 60793-1-49 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, publiée en 2003, dont elle constitue une révision technique. Dans cette nouvelle édition, la largeur de bande modale efficace minimale calculée (calculated effective modal bandwidth – EMBc) a été ajoutée aux procédures d'essai, étant ainsi la CEI 60793-2-10.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/1061/FDIS	86A/1077/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.

## 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 second edition cancels and replaces the first edition published in 2003, of which it constitutes a technical revision. This edition adds minimum calculated effective modal bandwidth (EMBc) to the test procedures, supporting IEC 60793-2-10.

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

FDIS	Report on voting
86A/1061/FDIS	86A/1077/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.

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

La présente norme doit être lue conjointement à la CEI 60793-1-1 et à la CEI 60793-2-10.

La CEI 60793-1-4X comprend les parties suivantes, regroupées sous le titre général *Fibres optiques*:

- Partie 1-40: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Affaiblissement
- Partie 1-41: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Largeur de bande
- Partie 1-42: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Dispersion chromatique
- Partie 1-43: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ouverture numérique
- Partie 1-44: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur d'onde de coupure
- Partie 1-45: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Diamètre du champ de mode
- Partie 1-46: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Surveillance des variations de transmission optique
- Partie 1-47: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Perte de macrocourbure
- Partie 1-48: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Dispersion en mode polarisation
- Partie 1-49: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Retard différentiel de mode

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance 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.

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

This standard is to be read in conjunction with IEC 60793-1-1 and IEC 60793-2-10.

IEC 60793-1-4X consists of the following parts, under the general title *Optical fibres*:

- Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation
- Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth
- Part 1-42: Measurement methods and test procedures – Chromatic dispersion
- Part 1-43: Measurement methods and test procedures – Numerical aperture
- Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength
- Part 1-45: Measurement methods and test procedures – Mode field diameter
- Part 1-46: Measurement methods and test procedures – Monitoring of changes in optical transmittance
- Part 1-47: Measurement methods and test procedures – Macrobending loss
- Part 1-48: Measurement methods and test procedures – Polarization mode dispersion
- Part 1-49: Measurement methods and test procedures – Differential mode delay

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

## FIBRES OPTIQUES –

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

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 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.

Cette norme 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 variété de conditions d'injection telles que celles produites par les émetteurs laser normalisés.

Avec cette méthode, la sortie d'une fibre qui est monomodale à la longueur d'onde d'essai excite la fibre multimodale en essai. La tache de la sonde explore la face d'extrémité de la fibre en essai et le retard de l'impulsion optique est déterminé à des positions de décalage spécifiées.

Deux résultats peuvent être fournis à partir des mêmes données. Tout d'abord, la différence de temps de propagation de l'impulsion optique entre le mode le plus rapide et le mode le plus lent de la fibre en essai peut être déterminée. L'utilisateur spécifie les limites supérieure et inférieure des positions de décalage radial pour lesquelles la fibre sonde est positionnée afin de spécifier les limites désirées de structure modale. Les données de retard différentiel de mode (DMD) sont ensuite comparées aux spécifications DMD qui ont été déterminées par modélisation et expérimentation pour correspondre à une largeur de bande modale efficace (EMB) pour une gamme d'émetteurs. En second lieu, les formes d'impulsions optiques peuvent être combinées en utilisant des poids spécifiques pour déterminer une largeur de bande modale efficace calculée (EMBc) et en calculant une séquence de valeurs EMBc avec différents jeux de poids, une EMBc minimale peut être calculée, correspondant à une gamme d'émetteurs.

L'essai quantifie les effets des interactions de la structure modale de fibre et des caractéristiques modales de source, à l'exclusion des interactions spectrales de source, avec la dispersion chromatique de fibre. L'ajout des effets de la dispersion chromatique et de la largeur spectrale de source réduira 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, les effets de largeur spectrale non nulle sont minimisés mais tout effet résiduel tendra à augmenter la valeur du retard différentiel de mode (DMD) et à augmenter la valeur EMBc.

#### 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).

## **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 standard 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 variety of launch conditions such as those produced by standardized laser transmitters.

With this method, the output from a fibre that is single-mode at the test wavelength excites the multimode fibre under test. The probe spot is scanned across the endface of the fibre under test, and the optical pulse delay is determined at specified offset positions.

Two results can be produced from the same data. First, the difference in optical pulse delay time between the fastest and slowest mode groups of the fibre under test can be determined. The user specifies the upper and lower limits of radial offset positions over which the probe fibre is scanned in order to specify desired limits of modal structure. The DMD data is then compared to DMD specifications that have been determined by modeling and experimentation to correspond to a minimum EMB for a range of transmitters. Second, the optical pulse shapes can be combined using specific weights to determine a calculated effective modal bandwidth (EMBc), and by calculating a sequence of EMBc values with different sets of weights, a minimum EMBc can be calculated, corresponding to a range of transmitters.

The test quantifies the effects of interactions of the fibre modal structure and the source modal characteristics excluding the source spectral interactions with fibre chromatic dispersion. Adding the effects of chromatic dispersion and source spectral width will reduce the overall transmission bandwidth, but this is a separate calculation in most transmission models. In this test, the effects of non-zero spectral width are minimized but any residual effects will tend to increase the DMD value and decrease the EMBc value.

#### **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.

CEI 60793-1-1: *Fibres optiques – Partie 1-1: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Section 1: Généralités et guide*

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

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

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

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

CEI 60793-2-10: *Fibres optiques – Partie 2-10: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodales de la catégorie A1*

CEI 61280-1-4: *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques – Partie 1-4: Procédures d'essai des sous-systèmes généraux de télécommunication – Recueil et réduction de données à deux dimensions de champs proches pour les émetteurs de laser à fibres multimodales (disponible en anglais seulement)*

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

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

IEC 60793-2-10: *Optical fibres – Part 2-10: Product specifications – Sectional specification for category A1 multimode fibres*

IEC 61280-1-4: *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 1-4: General communication subsystems – Collection and reduction of two-dimensional nearfield data for multimode fibre laser transmitters*