

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-8322-7387-6

**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 Overview of method.....	6
4 Reference test method	7
5 Apparatus.....	8
5.1 Input system	8
5.1.1 Light source.....	8
5.1.2 Input optics.....	8
5.1.3 Fibre input end support and alignment.....	8
5.1.4 Cladding mode stripper.....	8
5.2 Output system and detection.....	8
5.2.1 General	8
5.2.2 Technique 1 – Angular scan (see Figure 2).....	9
5.2.3 Technique 2 – Angular scan (see Figure 3).....	10
5.2.4 Technique 3 – Scan of the spatial field pattern (see Figure 4).....	10
5.2.5 Technique 4 – Inverse far-field measurement (see Figure 5, applicable to subcategory A4d fibres).....	12
6 Sampling and specimens	13
6.1 Specimen length	13
6.2 Specimen endface	13
7 Procedure.....	13
8 Calculations.....	13
8.1 Far-field versus maximum theoretical value	13
8.2 Threshold intensity angle, θ_k	14
8.3 Numerical aperture, NA_{ff}	14
8.4 Calculating far-field intensity pattern when using Technique 3	15
8.5 Calculating NA when using Technique 4	15
9 Results	15
9.1 Information available with each measurement.....	15
9.2 Information available upon request	16
10 Specification information	16
Annex A (informative) Mapping NA measurement to alternative lengths	17
A.1 Introductory remark.....	17
A.2 Mapping long length NA_{ff} measurement to short length NA_{ff} measurement.....	17
Annex B (normative) Product specific default values for NA measurement.....	18
B.1 Introductory remark.....	18
B.2 Table of default values used in NA measurement for multimode products	18
Figure 1 – Representative refractive index profile for a graded index multimode fibre	7
Figure 2 – Technique 1 – Angular scan.....	9
Figure 3 –Technique 2 – Angular scan.....	10
Figure 4 – Technique 3 – Scan of the spatial field pattern.....	11

Figure 5 – Technique 4 – Inverse far-field method 13

Figure 6 – Example of a far-field NA measurement 14

Figure 7 – Sample output of an A4d fibre measured using Technique 4 15

Table B.1 – Default values for parameters used in the far-field NA measurement of multimode fibres 18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

Part 1-43: Measurement methods and test procedures– Numerical aperture measurement

FOREWORD

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

International Standard IEC 60793-1-43 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This bilingual version (2019-09) corresponds to the monolingual English version, published in 2015-03.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2001, and constitutes a technical revision.

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

- expansion of the scope to include A1, A2, A3 and A4 multimode fibre categories;
- addition of measurement parameters of sample length and threshold values, product specific to the variables that are now found in the product specifications;

- a new Annex B entitled "Product specific default values for NA measurement";
- addition of a new Technique 4 for measuring NA of A4d fibres;
- a new Annex A entitled "Mapping NA measurement to alternative lengths" that gives a mapping function to correlate shorter sample length measurements to the length suggested in the reference test method Na_{ff} .

This International Standard is to be used in conjunction with IEC 60793-1-1, IEC 60793-1-21 and IEC 60793-1-22.

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

CDV	Report on voting
86A/1566/CDV	86A/1622/RVC

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

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 publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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 1-43: Measurement methods and test procedures– Numerical aperture measurement

1 Scope

This part of IEC 60793 establishes uniform requirements for measuring the numerical aperture of optical fibre, thereby assisting in the inspection of fibres and cables for commercial purposes.

The numerical aperture (NA) of categories A1, A2, A3 and A4 multimode fibre is an important parameter that describes a fibre's light-gathering ability. It is used to predict launching efficiency, joint loss at splices, and micro/macrobending performance.

The numerical aperture is defined by measuring the far-field pattern (NA_{ff}). In some cases the theoretical numerical aperture (NA_{th}) is used in the literature, which can be determined from measuring the difference in refractive indexes between the core and cladding. Ideally these two methods should produce the same value.

2 Normative references

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

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

IEC 60793-1-21, *Optical fibres – Part 1-21: Measurement methods and test procedures – Coating geometry*

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

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

IEC 60793-2-20, *Optical fibres – Part 2-20: Product specifications – Sectional specification for category A2 multimode fibres*

IEC 60793-2-30, *Optical fibres – Part 2-30: Product specifications – Sectional specification for category A3 multimode fibres*

IEC 60793-2-40, *Optical fibres – Part 2-40: Product specifications – Sectional specification for category A4 multimode fibres*

SOMMAIRE

SOMMAIRE	20
AVANT-PROPOS	22
1 Domaine d'application	24
2 Références normatives	24
3 Présentation de la méthode	24
4 Méthode d'essai de référence	25
5 Appareillage	25
5.1 Système d'entrée	25
5.1.1 Source de rayonnement lumineux	25
5.1.2 Optique d'entrée	26
5.1.3 Soutien et alignement de l'extrémité d'entrée de la fibre	26
5.1.4 Extracteur de modes de gaine	26
5.2 Système de sortie et détection	26
5.2.1 Généralités	26
5.2.2 Technique 1 – Balayage angulaire (voir Figure 2)	26
5.2.3 Technique 2 – Balayage angulaire (voir Figure 3)	28
5.2.4 Technique 3 – Balayage du diagramme en champ spatial (voir Figure 4)	28
5.2.5 Technique 4 – Mesure en champ lointain inverse (voir Figure 5, applicable aux fibres de la sous-catégorie A4d)	30
6 Echantillonnage et spécimens	31
6.1 Longueur des spécimens	31
6.2 Face d'extrémité de spécimen	31
7 Procédure	31
8 Calculs	31
8.1 Relation entre valeur théorique maximale et valeur en champ lointain	31
8.2 Angle d'intensité seuil, θ_k	31
8.3 Ouverture numérique, NA_{ff}	32
8.4 Calcul du diagramme d'intensité énergétique en champ lointain en utilisant la Technique 3	32
8.5 Calcul de l'ouverture numérique en utilisant la Technique 4	32
9 Résultats	33
9.1 Informations à fournir pour chaque mesure	33
9.2 Informations à fournir sur demande	33
10 Informations à mentionner dans la spécification	34
Annexe A (informative) Mise en correspondance de mesures d'ouvertures numériques avec des longueurs différentes	35
A.1 Remarque préliminaire	35
A.2 Mise en correspondance d'une mesure de NA_{ff} sur une grande longueur et d'une mesure de NA_{ff} sur une courte longueur	35
Annexe B (normative) Valeurs par défaut spécifiques à un produit pour la mesure de l'ouverture numérique	36
B.1 Remarque préliminaire	36
B.2 Tableau des valeurs par défaut utilisées dans la mesure de l'ouverture numérique pour des produits multimodaux	36

Figure 1 – Profil d'indice de réfraction représentatif pour une fibre multimodale à gradient d'indice	25
Figure 2 – Technique 1 – Balayage angulaire	27
Figure 3 – Technique 2 – Balayage angulaire	28
Figure 4 – Technique 3 – Balayage du diagramme en champ spatial	29
Figure 5 – Technique 4 – Méthode en champ lointain inverse	30
Figure 6 – Exemple de mesure d'ouverture numérique en champ lointain	32
Figure 7 – Résultat de la mesure d'échantillon d'une fibre A4d en utilisant la Technique 4....	33
Tableau B.1 – Valeurs par défaut pour les paramètres utilisés dans la mesure de l'ouverture numérique en champ lointain de fibres multimodales	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-43: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Mesure de l'ouverture numérique

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 averti de leur existence.

La Norme internationale IEC 60793-1-43 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

La présente version bilingue (2019-09) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2015-03.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2001, dont elle constitue une révision technique.

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

- élargissement du domaine d'application pour inclure les catégories A1, A2, A3 et A4 de fibres multimodales;

- ajout de paramètres de mesure de la longueur des échantillons et de valeurs seuils spécifiques aux produits, aux variables actuelles des spécifications de produit;
- 'une nouvelle Annexe B, "Valeurs par défaut spécifiques à un produit pour la mesure de l'ouverture numérique";
- ajout d'une nouvelle Technique 4, destinée à la mesure de l'ouverture numérique des fibres A4d;
- une nouvelle Annexe A, "Mise en correspondance de mesures d'ouvertures numériques avec des longueurs différentes" qui présente une fonction de mise en correspondance destinée à établir une relation entre des mesures sur des échantillons plus courts et la longueur proposée pour obtenir $N_{a_{ff}}$ par la méthode d'essai de référence.

La présente Norme internationale doit être lue conjointement avec l'IEC 60793-1-1, l'IEC 60793-1-21 et l'IEC 60793-1-22.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 86A/1566/CDV et 86A/1622/RVC.

Le rapport de vote 86A/1622/RVC 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.

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

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

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

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

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-43: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Mesure de l'ouverture numérique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60793 établit des exigences uniformes pour mesurer l'ouverture numérique d'une fibre optique, contribuant ainsi au contrôle des fibres et câbles dans des relations commerciales.

L'ouverture numérique (NA, *numerical aperture*) d'une fibre multimodale des catégories A1, A2, A3 et A4 est un paramètre important qui décrit la capacité de la fibre à capter le rayonnement lumineux. Il est utilisé pour prévoir l'efficacité de l'injection, les pertes aux épissures et la tenue aux microcourbures et aux macrocourbures.

L'ouverture numérique est définie en mesurant le diagramme en champ lointain (NA_{ff}). Dans certains cas, l'ouverture numérique théorique (NA_{th}) est utilisée dans la documentation. Elle peut être déterminée en mesurant la différence entre l'indice de réfraction du cœur et celui de la gaine. Idéalement, il convient que ces deux méthodes donnent la même valeur.

2 Références normatives

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

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

IEC 60793-1-21, *Fibres optiques – Partie 1-21: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Géométrie du revêtement*

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

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

IEC 60793-2-20, *Fibres optiques – Partie 2-20: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodales de catégorie A2*

IEC 60793-2-30, *Fibres optiques – Partie 2-30: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodales de catégorie A3*

IEC 60793-2-40, *Fibres optiques – Partie 2-40: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodales de catégorie A4*