

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**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-43:2015

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*

3 Overview of method

This test procedure describes a method for measuring the angular radiant intensity (far-field) distribution from an optical fibre. The numerical aperture of multimode optical fibre can be

calculated from the results of this measurement using Equation (10) for NA in the far-field, NA_{ff} , as described in 8.3.

As background the maximum theoretical NA of a multimode fibre is defined as follows:

$$NA_{th} = \sin \theta_m \quad (1)$$

where

NA_{th} is the maximum theoretical numerical aperture;

θ_m is the largest incident meridional ray angle that will be guided by the fibre.

In terms of the fibre index profile:

$$NA_{th} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2)$$

where n_1 is the maximum refractive index of the core, and n_2 is the average refractive index of the cladding far from the core region. Figure 1 below shows a refractive index profile of a graded index multimode fibre and indicates n_1 and n_2 .

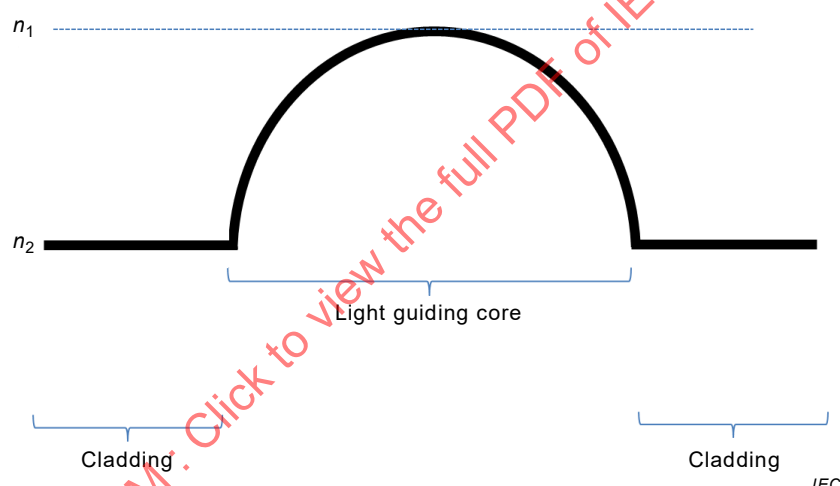


Figure 1 – Representative refractive index profile for a graded index multimode fibre

NA_{ff} can be determined from a far-field radiation pattern measurement on a short length of fibre or from a measurement of a fibre's refractive index profile. Using the far-field method, the intensity pattern, $I(\theta)$, of a fibre is acquired, and the NA_{ff} (numerical aperture in the far-field) is defined as the sine of the half-angle where the intensity has decreased to a threshold percentage (k_{NA} %) of its maximum value. The threshold used depends on the type of multimode fibre being measured and are given in the detailed product specification for the fibre being measured.

4 Reference test method

The reference test method (RTM) for measuring numerical aperture is the far-field measurement defined in this standard.

NOTE The core and cladding indexes can be empirically determined by Method A (refractive near-field measurement) of IEC 60793-1-20 to approximate the theoretical NA (NA_{th}).

5 Apparatus

5.1 Input system

5.1.1 Light source

Use an incoherent light source capable of producing an area of substantially constant radiance (variations of less than 10 % in intensity) on the endface of the specimen. It shall be stable in intensity and position over a time interval sufficient to perform the measurement.

Class A fibres' core geometry shall be determined by employing an illuminator at the operating wavelength of the fibre that satisfies the following spatial and angular requirements.

The power per unit area in the focal plane of the fibre under test shall not vary more than ± 10 % across the core area.

The power per unit solid angle shall not vary more than ± 10 % across the core's acceptance cone.

5.1.2 Input optics

Use a system of optical components to create a substantially constant radiance spot larger in diameter than the endface of the specimen and with a numerical aperture greater than that of the specimen. The light source shall be incoherent but with a spectral width < 100 nm, full-width half-maximum.

The NA_{ff} is impacted by the measurement wavelength. For this reason, the centre wavelength is given as part of the detailed product specifications including IEC 60793-2-10, IEC 60793-2-20, IEC 60793-2-30 and IEC 60793-2-40. Default values for the centre wavelength are also listed in Annex B. Provide a means of verifying the alignment of the endface. Optical filters may be used to limit the spectral width of the source.

5.1.3 Fibre input end support and alignment

Provide a means of supporting the input end of the specimen to allow stable and repeatable positioning without introducing significant fibre deformation. Provide suitable means to align the input endface with respect to the launch radiation.

5.1.4 Cladding mode stripper

Provide means to remove cladding light from the specimen. Often the fibre coating is sufficient to perform this function. Otherwise, it will be necessary to use cladding mode strippers near both ends of the test specimen. Note that some detailed product specifications require longer specimen lengths to help remove cladding modes as well.

5.2 Output system and detection

5.2.1 General

Four equivalent techniques may be used to detect the angular radiant intensity (far-field) distribution from the specimen. Techniques 1 and 2 are angular scans of the far-field pattern. Technique 3 is a scan of the spatial transform of the angular intensity pattern. (A small or large area scanning detector may be used.) Technique 4 uses an inverse far-field measurement.

5.2.2 Technique 1 – Angular scan (see Figure 2)

5.2.2.1 Fibre output end support and alignment

Use a means of supporting and aligning the output end of the specimen that allows alignment of the endface coincident with the axis of rotation of the optical detector and coincident with the plane of rotation of the optical detector.

For example, a vacuum chuck mounted on X-Y-Z micropositioners, with a microscope fixture for aligning the fibre end would be suitable. Examples include a goniometer or stepper-motor driven rotational stage.

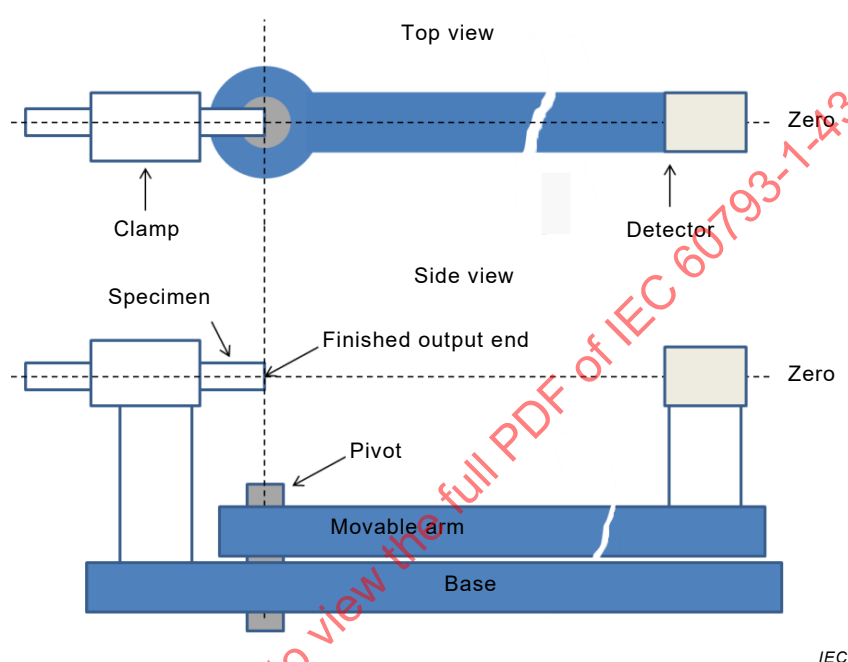


Figure 2 – Technique 1 – Angular scan

5.2.2.2 Detection system mechanics

Use a suitable means for rotation of the optical detector that allows the detector to scan an arc sufficient to cover essentially the full radiation cone from the specimen (for example, a calibrated goniometer). The axis of rotation of the mechanism shall intercept the endface of the specimen and shall be perpendicular to the specimen axis, and the rotation plane of this mechanism shall be coincident with specimen axis. Provide means for recording the relative angular position of the detector with respect to the specimen output axis.

Use a detector that is linear within 5 % over the range of intensity encountered. A pinhole aperture may be used to restrict the effective size of the detector in order to achieve increased resolution. The detector or aperture size can be determined according to the angular resolution that is desired for the apparatus according to Equation (3):

$$D = 4 R \sin(\delta) \quad (3)$$

where

D is the detector aperture diameter, in mm;

δ is the desired angular resolution, in degrees (°);

R is the distance from the specimen output endface to the detector or aperture, in mm;

A is the resolution of $\pm 0,5^\circ$ that is typically used. R shall also meet the far-field requirement:

$$R \geq \frac{d^2}{\lambda} \quad (4)$$

where

R is the distance from the sample output endface to the detector or aperture, in mm;

d is the diameter of the emitting region of the specimen, in μm ;

λ is the centre wavelength of the optical source, in nm.

5.2.2.3 Recording

The detection angle is recorded directly using this technique.

5.2.3 Technique 2 – Angular scan (see Figure 3)

Use a means of supporting the specimen such that the output endface is coincident with the axis of rotation of the specimen. This mechanism (e.g. a goniometer or precision rotating stage) shall rotate sufficiently to allow the full radiation cone in the plane of rotation to sweep past the fixed detector. That is, the rotation shall be greater than the total angle of the specimen output radiation.

The detector requirements are the same as Technique 1 and like Technique 1 the angle is recorded as a direct result of this method. Provide means to record the included angle formed by the specimen axis and the imaginary line between the detector and the specimen endface.

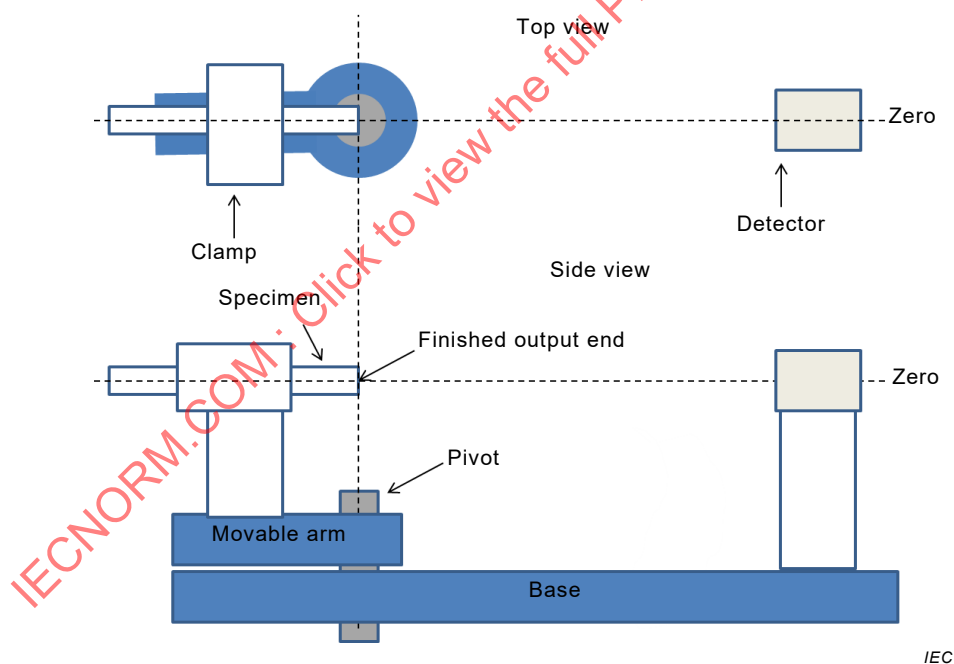


Figure 3 –Technique 2 – Angular scan

5.2.4 Technique 3 – Scan of the spatial field pattern (see Figure 4)

5.2.4.1 Fibre output end support apparatus

Provide a means of supporting and aligning the specimen output end that allows stable and repeatable positioning.

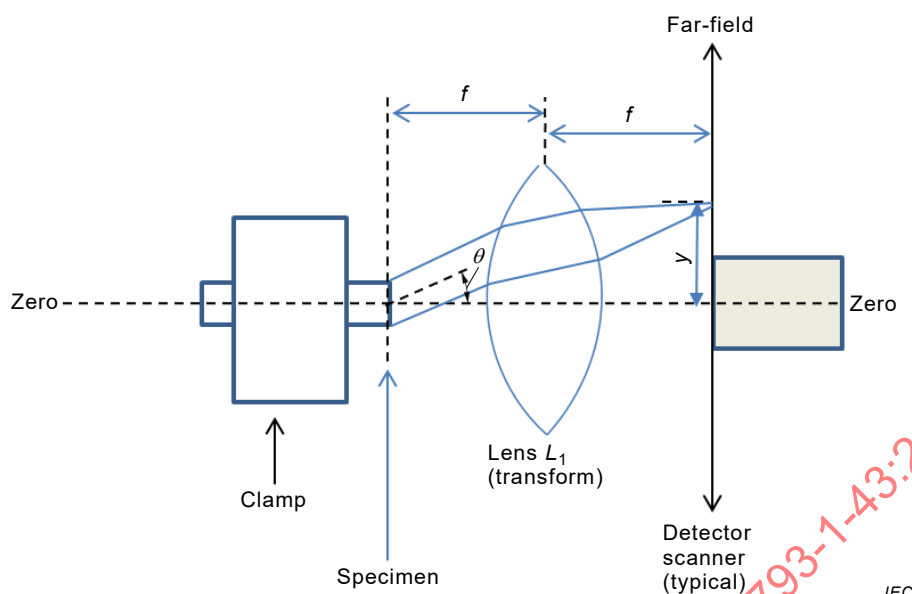


Figure 4 – Technique 3 – Scan of the spatial field pattern

5.2.4.2 Far-field transformation and projection

Create a spatial representation of the far-field of the specimen by suitable means (for example, by using a microscope objective or other well corrected lens to obtain the Fourier transform of the fibre output near-field pattern).

Scan this pattern or its image using a pinhole aperture so as to enable the far-field intensity to be recorded. The size of the pinhole aperture shall be less than, or equal to, one-half the diffraction limit of the system:

$$d \leq \frac{1,22 M \lambda f}{2D} \quad (5)$$

where

d is the diameter of the pinhole, in μm ;

M is the magnification from the back focal plane of the transforming lens to the scanning plane;

λ is the spectral wavelength emitted from the fibre, in nm;

f is the focal length of the transform lens, in mm;

D is the fibre core diameter, in mm.

The numerical aperture of the lens, L_1 , should be large enough so as not to limit the numerical aperture of the fibre specimen.

5.2.4.3 Scanning system

Provide a method of scanning the far-field pattern with respect to the pinhole aperture and detector.

5.2.4.4 System calibration

Perform a calibration to measure the distance of movement of the scanning system in the back focal plane of the far-field transforming lens to the emission angle, θ , with respect to the specimen output end axis as shown in Equation (6). Inputting a set of known angles and recording the output positions can be used for this purpose.

$$y = f \sin \theta \quad (6)$$

where

y is the distance from the central axis to the spatial plane;

f is the focal length of the transform lens, L_1 ;

θ is the angle with respect to the optical axis.

5.2.4.5 Recording system

Provide means to record $E(y)$, the detected intensity as a function of the scan position, y , and to correct the detected intensity as follows:

$$I(\theta) = E(y) \cos \theta \quad (7)$$

where

$I(\theta)$ is the angular intensity distribution as detected by angular scan lens;

$E(y)$ is the radiance at distance y from the axis of the spatial pattern;

y is the distance from the axis of the spatial field pattern;

θ is the angle with respect to the axis of the specimen output.

5.2.4.6 Optical detector

For Technique 3, Equation (8) describes the detector aperture and Equation (5) gives the appropriate detector size:

$$D = 2f \sin(\delta) \quad (8)$$

where

D is the detector aperture diameter, in μm ;

f is the focal length of the transform lens, in mm;

δ is the desired angular resolution, in degrees ($^\circ$).

5.2.5 Technique 4 – Inverse far-field measurement (see Figure 5, applicable to subcategory A4d fibres)

Provide suitable means to align the centre of the input endface of the specimen to the incident spot of collimated light. Scan the angle of the incident light to the specimen, and measure the output power at each angle. The light source shall be in accordance with that described in 5.1.1 and 5.1.2. The spot size of the light shall be small enough, for example less than or equal to one-tenth of the specimen in diameter. Maximum launch angle, θ_L in Figure 5, shall be greater than the estimated maximum propagation angle of the specimen.

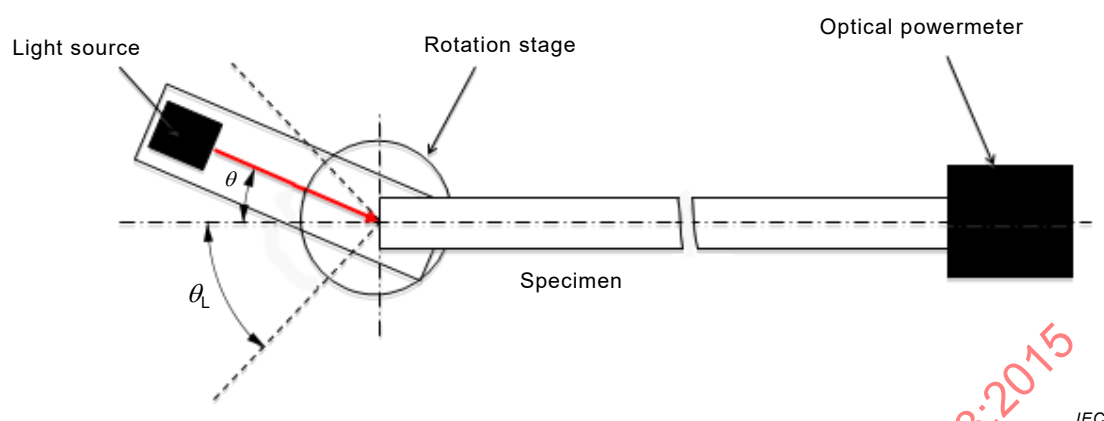


Figure 5 – Technique 4 – Inverse far-field method

6 Sampling and specimens

6.1 Specimen length

The NA_{ff} can be impacted by the specimen length. For this reason, the specimen length is given as part of the detailed product specifications including IEC 60793-2-10, IEC 60793-2-20, IEC 60793-2-30 and IEC 60793-2-40. Default values are also listed in Annex B. Longer specimen lengths than what are practical to measure on a regular basis may be required for some products. In these cases a mapping function may be used as described in informative Annex A.

6.2 Specimen endface

Prepare a flat endface, orthogonal to the fibre axis, at the input and output ends of each specimen. The accuracy of these measurements is affected by a non-perpendicular endface. End angles less than 2° are recommended.

7 Procedure

The following procedure shall be followed:

- Place the specimen ends in the support devices. The input end shall be approximately at the centre of the input plane of the focused image of the constant radiance spot.
- Set the optical source to the desired wavelength and spectral width.
- Scan the far-field radiation pattern along a diameter and record intensity versus angular position.

8 Calculations

8.1 Far-field versus maximum theoretical value

The relationship between the far-field numerical aperture and the maximum theoretical numerical aperture as described in Equation (2) is dependent upon the measurement wavelength of the far-field and profile measurements. Most far-field measurements are made at 850 nm, whereas profile measurements are commonly made at 540 nm or 633 nm. For these wavelengths, the relationship between NA_{ff} and NA_{th} is given by

$$NA_{ff} = \beta NA_{th} \quad (9)$$

where

NA_{ff} is the NA in the far-field;

$\beta = 0,95$ when the profile measurement is made at 540 nm, and $\beta = 0,96$ when the measurement is made at 633 nm;

NA_{th} is the maximum theoretical NA.

Report NA_{ff} at 850 nm as the fibre numerical aperture. This value may be obtained directly from a far-field measurement at 850 nm or, using Equation (12), indirectly from a profile measurement.

8.2 Threshold intensity angle, θ_k

Normalize the scanned pattern to the peak intensity. For measurement Techniques 1, 2 and 3, note the points on the pattern at which the intensity is k_{NA} % of the maximum. The value of k_{NA} is product specific. For this reason, they are given as part of the detailed product specifications including IEC 60793-2-10, IEC 60793-2-20, IEC 60793-2-30 and IEC 60793-2-40. Default values are also listed in Annex B. Record half the angle between these points as θ_k .

Technique 4, inverse far-field measurement, does not use a specific threshold; instead, a local minimum in the far-field intensity pattern is used to define the NA.

8.3 Numerical aperture, NA_{ff}

When the NA measurement is conducted using Techniques 1 and 2, calculate the far-field numerical aperture using the following equation:

$$NA_{ff} = \sin \theta_k \quad (10)$$

where

NA_{ff} is the far-field numerical aperture.

Figure 6 gives an example of a far-field scan of an A1a.2 multimode fibre with an $NA_{ff} = 0,20$. The data is normalized so the maximum value of one is in the centre of the scan and the $k_{NA} = 5\%$ level is shown as a dashed line.

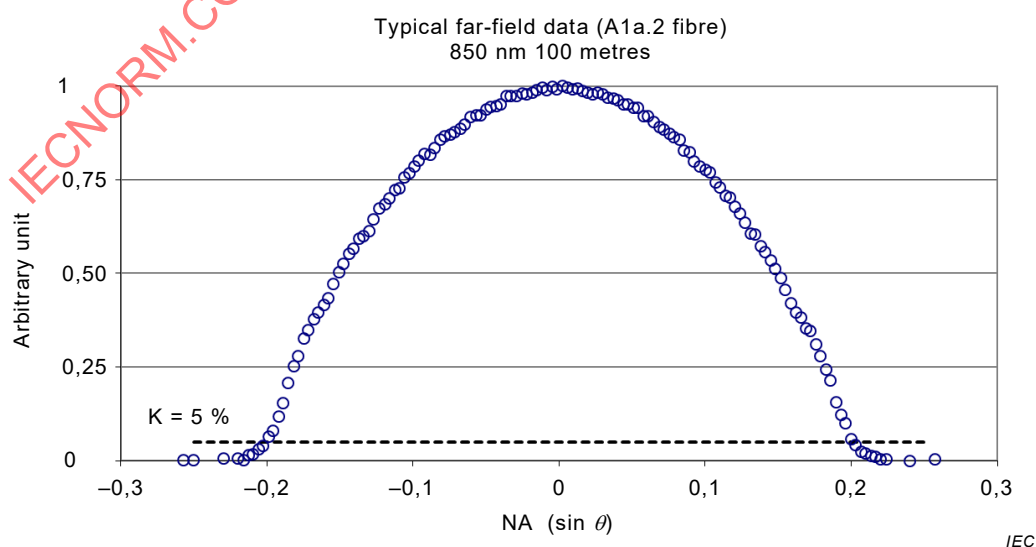


Figure 6 – Example of a far-field NA measurement

8.4 Calculating far-field intensity pattern when using Technique 3

When using Technique 3 the distance, y , shall be transformed into the angle θ . This is done using the following approach:

Find the central y position y_0 in the scan by typical centring techniques (the average of the 50 % points, first moments analysis, etc.). Subtract y_0 from the recorded y positions, yielding a corrected set of positions, y' . Now calculate the set of θ 's using Equation (11):

$$\theta = \arcsin(y'/f) \quad (11)$$

Finally, compute the far-field intensity pattern using Equation (10).

8.5 Calculating NA when using Technique 4

When using Technique 4, a local minimum in the far-field intensity pattern is used to determine the numerical aperture. Figure 7 shows a representative data from this measurement.

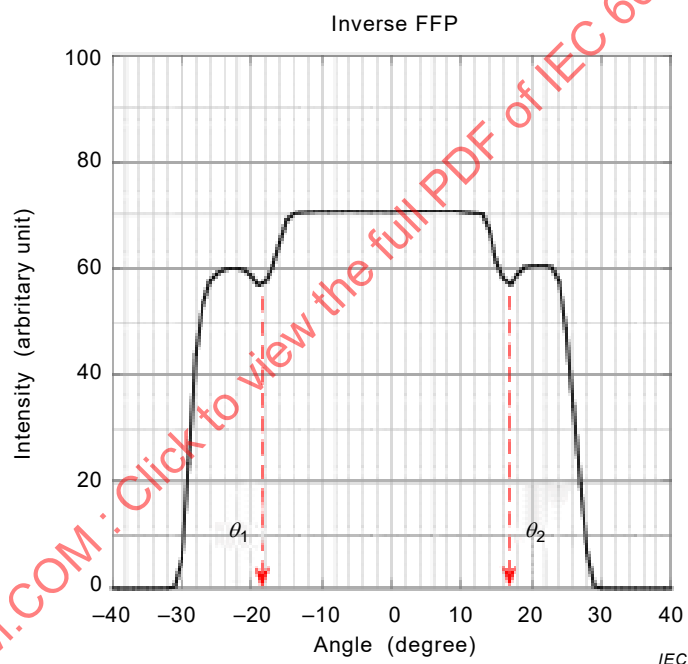


Figure 7 – Sample output of an A4d fibre measured using Technique 4

The two angles, θ_1 and θ_2 are determined by finding the local minimums as shown in Figure 7. The NA is then determined using Equation (12) below:

$$NA_{ff} = \sin\left(\frac{|\theta_1| + |\theta_2|}{2}\right) \quad (12)$$

9 Results

9.1 Information available with each measurement

Report the following information with each measurement:

- date and title of measurement;

- identification of specimen;
- optical source wavelength;
- measurement results obtained from Clause 8.

9.2 Information available upon request

The following information shall be available upon request:

- centre wavelength and spectral width of interference filters, if used;
- detection system technique used in 5.2;
- detection system calibration and angular resolution;
- size and numerical aperture of launch spot;
- technique used to strip cladding modes.
- specimen length(s)

10 Specification information

The detail specification shall specify the following information:

- type of fibre to be measured;
- failure or acceptance criteria;
- formation to be reported;
- any deviations to the procedure that apply;
- specimen length;
- source wavelength;
- threshold (k).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-43:2015

Annex A (informative)

Mapping NA measurement to alternative lengths

A.1 Introductory remark

The far-field NA can have length dependence. Annex A presents a mapping function that can be used to relate the reference test method to an alternative test using a different specimen length.

A.2 Mapping long length NA_{ff} measurement to short length NA_{ff} measurement

The specimen length specified in the detailed product specification may not be practical for a production measurement. If a manufacturer can show that the length dependence of the far-field is reproducible and predictable for a given design they can develop a mapping function that relates the NA_{ff} for a short length production measurement to the NA_{ff} obtained using the reference test method. A relationship that has been shown to work for some designs is given in Equations (13) and (14). The $NA_{ff,alt}$ is measured with a specimen length other than what is recommended in the detailed product using Equation (13).

$$NA_{ff,alt} = \sin \theta_{k, NA,alt} \quad (13)$$

Then the alternative NA is mapped to the NA with Equation (14):

$$NA_{ff} = NA_{ff,alt} + f(NA_{ff,alt}) \quad (14)$$

As an example the NA_{ff} is measured on a 2 m specimen using $k_{NA,alt} = 5\%$ using Equation (13). Then using $f(NA_{ff,alt}) = -0,01$ and Equation (14) one can predict the NA_{ff} for the reference test method.

Annex B (normative)

Product specific default values for NA measurement

B.1 Introductory remark

Several values from the product specification are needed to complete the far-field numerical aperture measurement. They include the measurement wavelength (λ_{NA}), the threshold value (k_{NA}) and the specimen length (L). These product specifications are all currently being revised to include this information. Since we cannot be sure that all of the product specifications will be completed with this essential information this appendix lists default values for these variables as a function of product type. This is done to allow time for the respective product specification documents to be revised to incorporate these parameters. Once published in the product specification the default values in this annex will become informative.

B.2 Table of default values used in NA measurement for multimode products

Table B.1 gives the default values for parameters used in the far-field NA measurement of multimode fibres.

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

Product	Detailed product specification	Specimen length L_{NA}	Threshold value $k_{NA} \%$	Measurement wavelength λ_{NA}
Model A1a.1a multimode fibres	IEC 60793-2-10	2,0 ± 0,2 m	5	850 ± 10 nm
Model A1a.1b multimode fibres (bend insensitive version)	IEC 60793-2-10	100 m ± 10	5	850 ± 10 nm
Model A1a.2a multimode fibres	IEC 60793-2-10	2,0 m ± 0,2	5	850 ± 10 nm
Model A1a.2b multimode fibres (bend insensitive version)	IEC 60793-2-10	100 ± 10m	5	850 ± 10 nm
Model A1a.3a multimode fibres	IEC 60793-2-10	2,0 m ± 0,2	5	850 ± 10 nm
Model A1a.3b multimode fibres (bend insensitive version)	IEC 60793-2-10	100 ± 10m	5	850 ± 10 nm
Subcategory A1b multimode fibres	IEC 60793-2-10	2,0 m ± 0,3	5	850 ± 10 nm
Subcategory A1d multimode fibres	IEC 60793-2-10	2,0 m ± 0,3	5	850 ± 10 nm
Category A2 multimode fibres	IEC 60793-2-20	2,0 m ± 0,2	50	850 ± 10 nm
Category A3 multimode fibres	IEC 60793-2-30	2,0 m ± 0,2	50	850 ± 10 nm
Subcategory A4a multimode fibres	IEC 60793-2-40	2,0 m ± 0,2	50	650 ± 10 nm
Subcategory A4b multimode fibres	IEC 60793-2-40	2,0 m ± 0,2	50	650 ± 10 nm
Subcategory A4c multimode fibres	IEC 60793-2-40	2,0 m ± 0,2	50	650 ± 10 nm
Subcategory A4d multimode fibres	IEC 60793-2-40	2,0 m ± 0,2	50	650 ± 10 nm
Subcategory A4e multimode fibres	IEC 60793-2-40	2,0 m ± 0,2	50	650 ± 10 nm
Subcategory A4f multimode fibres	IEC 60793-2-40	6,0 m ± 0,6	5	850 ± 10 nm
Subcategory A4g multimode fibres	IEC 60793-2-40	6,0 m ± 0,6	5	850 ± 10 nm
Subcategory A4h multimode fibres	IEC 60793-2-40	6,0 m ± 0,6	5	850 ± 10 nm

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-43:2015

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-43:2015

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 Na_{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*

3 Présentation de la méthode

Cette procédure d'essai décrit une méthode de mesure de la distribution angulaire de l'intensité énergétique (en champ lointain) issue d'une fibre optique. L'ouverture numérique d'une fibre optique multimodale peut être calculée à partir des résultats de cette mesure en utilisant l'Equation (10) donnant l'ouverture numérique en champ lointain, NA_{ff} , comme décrit en 8.3.

En guise de contexte, l'ouverture numérique théorique maximale d'une fibre multimodale est définie comme suit:

$$NA_{th} = \sin \theta_m \quad (1)$$

où

NA_{th} est l'ouverture numérique théorique maximale;

θ_m est le plus grand angle du rayon méridien incident pouvant être guidé par la fibre.

En termes de profil d'indice de la fibre:

$$NA_{th} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2)$$

où n_1 est l'indice de réfraction maximal du cœur et n_2 est l'indice de réfraction moyen de la gaine à un endroit éloigné de la région du cœur. La Figure 1 ci-dessous représente un profil d'indice de réfraction d'une fibre multimodale à gradient d'indice et donne n_1 et n_2 .

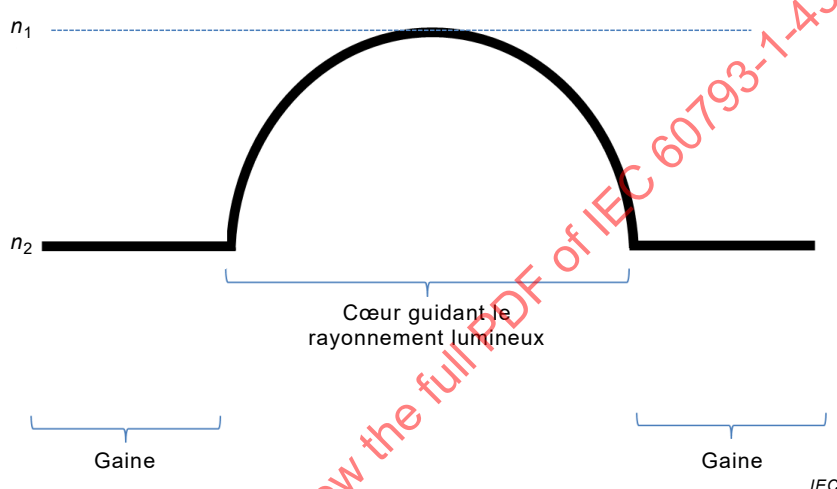


Figure 1 – Profil d'indice de réfraction représentatif pour une fibre multimodale à gradient d'indice

NA_{ff} peut être déterminée à partir du diagramme de rayonnement en champ lointain mesuré sur une courte longueur de fibre ou à partir de la mesure du profil d'indice de réfraction de la fibre. La méthode du champ lointain permet d'acquérir le diagramme de l'intensité énergétique, $I(\theta)$, d'une fibre et l'ouverture numérique en champ lointain, NA_{ff} , est définie comme le sinus du demi-angle où cette intensité énergétique a diminué jusqu'à un pourcentage seuil (k_{NA} %) de sa valeur maximale. Le seuil utilisé dépend du type de fibre multimodale mesurée et est indiqué dans la spécification particulière de produit pour la fibre mesurée.

4 Méthode d'essai de référence

La méthode d'essai de référence pour mesurer l'ouverture numérique est la mesure en champ lointain définie dans la présente norme.

NOTE L'indice du cœur et l'indice de la gaine peuvent être déterminés de manière empirique par la méthode A (mesure en champ proche réfracté) de l'IEC 60793-1-20 pour donner une approximation de l'ouverture numérique théorique, NA_{th} .

5 Appareillage

5.1 Système d'entrée

5.1.1 Source de rayonnement lumineux

Utiliser une source de rayonnement lumineux incohérente de manière à obtenir sur toute la face d'extrémité du spécimen une luminance sensiblement constante (variations de moins de 10 % en intensité). Elle doit être stable en intensité énergétique et en position dans un intervalle de temps suffisant pour effectuer la mesure.

La géométrie du cœur des fibres de classe A doit être déterminée en utilisant un élément d'illumination à la longueur d'onde de fonctionnement de la fibre qui satisfait aux exigences spatiales et angulaires suivantes.

La puissance par unité de surface dans le plan focal de la fibre en essai ne doit pas varier de plus de $\pm 10\%$ sur la surface du cœur.

La puissance par unité d'angle solide ne doit pas varier de plus de $\pm 10\%$ sur le cône d'admission du cœur.

5.1.2 Optique d'entrée

Utiliser un système de composants optiques pour créer une tache de luminance sensiblement constante de diamètre supérieur à celui de la face d'extrémité du spécimen et d'ouverture numérique supérieure à celle du spécimen. La source de rayonnement lumineux doit être incohérente, mais de largeur spectrale inférieure à 100 nm (largeur à mi-hauteur).

NA_{ff} est affectée par la longueur d'onde de mesure. Pour cette raison, la longueur d'onde centrale est donnée dans les spécifications particulières de produit, par exemple l'IEC 60793-2-10, l'IEC 60793-2-20, l'IEC 60793-2-30 et l'IEC 60793-2-40. Des valeurs par défaut de la longueur d'onde centrale sont également données à l'Annexe B. Prévoir un moyen pour vérifier l'alignement de la face d'extrémité. Des filtres optiques peuvent être utilisés pour limiter la largeur spectrale de la source.

5.1.3 Soutien et alignement de l'extrémité d'entrée de la fibre

Prévoir un moyen pour soutenir l'extrémité d'entrée du spécimen qui permette un positionnement stable et reproductible sans introduire de déformation significative de la fibre. Prévoir un moyen approprié pour aligner la face d'extrémité d'entrée par rapport au rayonnement injecté.

5.1.4 Extracteur de modes de gaine

Prévoir un moyen approprié pour éliminer la transmission de rayonnement lumineux dans la gaine du spécimen. Le revêtement de la fibre est souvent suffisant pour assurer cette fonction. Sinon, il est nécessaire d'utiliser des extracteurs de modes de gaine à proximité des deux extrémités du spécimen d'essai. Noter que certaines spécifications particulières de produit exigent des spécimens plus longs pour aider également à la suppression des modes de gaine.

5.2 Système de sortie et détection

5.2.1 Généralités

Quatre techniques équivalentes peuvent être utilisées pour détecter la distribution (en champ lointain) angulaire de l'intensité énergétique issue du spécimen. Les Techniques 1 et 2 sont des balayages angulaires du diagramme en champ lointain. La Technique 3 est un balayage de la transformée spatiale du diagramme angulaire de l'intensité énergétique. (Un détecteur à balayage de petite ou de grande surface peut être utilisé.) La Technique 4 utilise une mesure en champ lointain inverse.

5.2.2 Technique 1 – Balayage angulaire (voir Figure 2) Figure 2 – Technique 1 – Balayage angulaire

5.2.2.1 Soutien et alignement de l'extrémité de sortie de la fibre

Utiliser un moyen pour soutenir et aligner l'extrémité de sortie du spécimen qui permette un alignement de la face d'extrémité sur l'axe de rotation du détecteur optique et sur le plan de rotation du détecteur optique.

Par exemple, un plateau à succion monté sur des micropositionneurs X-Y-Z avec un microscope permettant d'aligner l'extrémité de la fibre conviendrait. Des exemples incluent un goniomètre ou une platine de rotation entraînée par un moteur pas-à-pas.

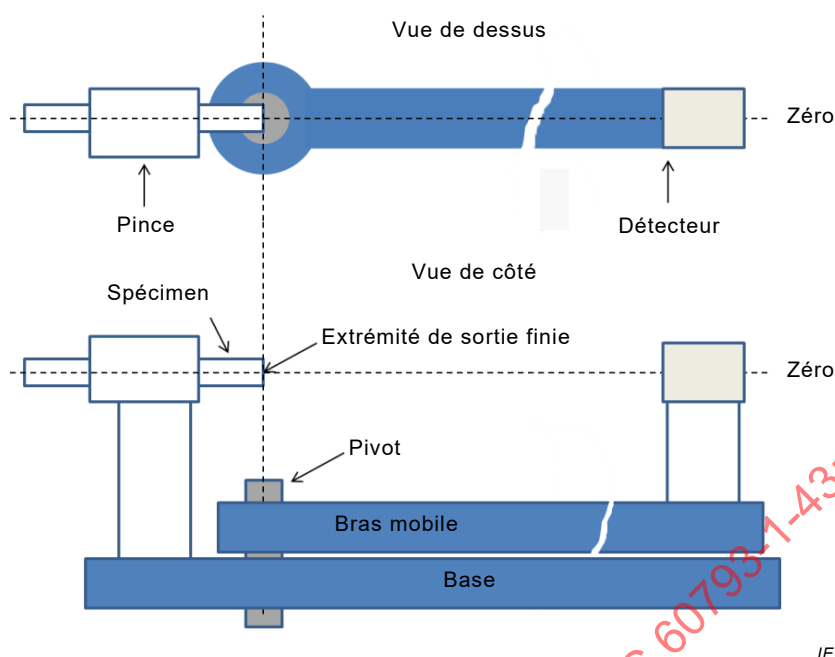


Figure 2 – Technique 1 – Balayage angulaire

5.2.2.2 Mécanisme du système de détection

Utiliser un moyen de rotation du détecteur optique approprié, de telle sorte que le détecteur balaie un arc suffisant pour couvrir pratiquement la totalité du cône de rayonnement issu du spécimen (par exemple un goniomètre calibré). L'axe de rotation du mécanisme doit intercepter la face d'extrémité du spécimen et doit être perpendiculaire à l'axe du spécimen; le plan de rotation de ce mécanisme doit coïncider avec l'axe du spécimen. Prévoir un moyen pour enregistrer la position angulaire relative du détecteur par rapport à l'axe de sortie du spécimen.

Utiliser un détecteur dont la linéarité est meilleure que 5 % dans l'intervalle de mesure des intensités énergétiques rencontrées. Un diaphragme peut être utilisé pour restreindre la taille effective du détecteur dans le but d'améliorer la résolution. Le diamètre du détecteur ou du diaphragme peut être déterminé à partir de la résolution angulaire souhaitée pour l'appareil selon l'Equation (3):

$$D = 4 R \sin(\delta) \quad (3)$$

où

D est le diamètre de l'ouverture du détecteur, en mm;

δ est la résolution angulaire souhaitée, en degrés ($^{\circ}$);

R est la distance entre la face d'extrémité de sortie du spécimen et le détecteur ou le diaphragme, en mm.

A est la résolution de $\pm 0,5^{\circ}$ typiquement utilisée. R doit aussi satisfaire aux exigences de champ lointain:

$$R \geq \frac{d^2}{\lambda} \quad (4)$$

où

R est la distance entre la face d'extrémité de sortie de l'échantillon et le détecteur ou le diaphragme, en mm.

d est le diamètre de la région émettrice du spécimen, en μm ;

λ est la longueur d'onde centrale de la source optique, en nm.

5.2.2.3 Enregistrement

L'angle de détection est enregistré directement en utilisant cette technique.

5.2.3 Technique 2 – Balayage angulaire (voir Figure 3)

Utiliser un moyen pour soutenir le spécimen de telle sorte que la face d'extrémité de sortie coïncide avec l'axe de rotation du spécimen. Ce mécanisme (par exemple un goniomètre ou une platine de rotation de précision) doit tourner suffisamment pour que tout le cône de rayonnement dans le plan de rotation balaie le détecteur fixe. Autrement dit, l'angle de rotation doit être supérieur à l'angle total du rayonnement à la sortie du spécimen.

Les exigences relatives au détecteur sont les mêmes que celles de la Technique 1, et comme pour la Technique 1, l'angle est enregistré comme résultat direct de cette méthode. Prévoir un moyen pour enregistrer l'angle formé par l'axe du spécimen et la ligne imaginaire reliant le détecteur et la face d'extrémité du spécimen.

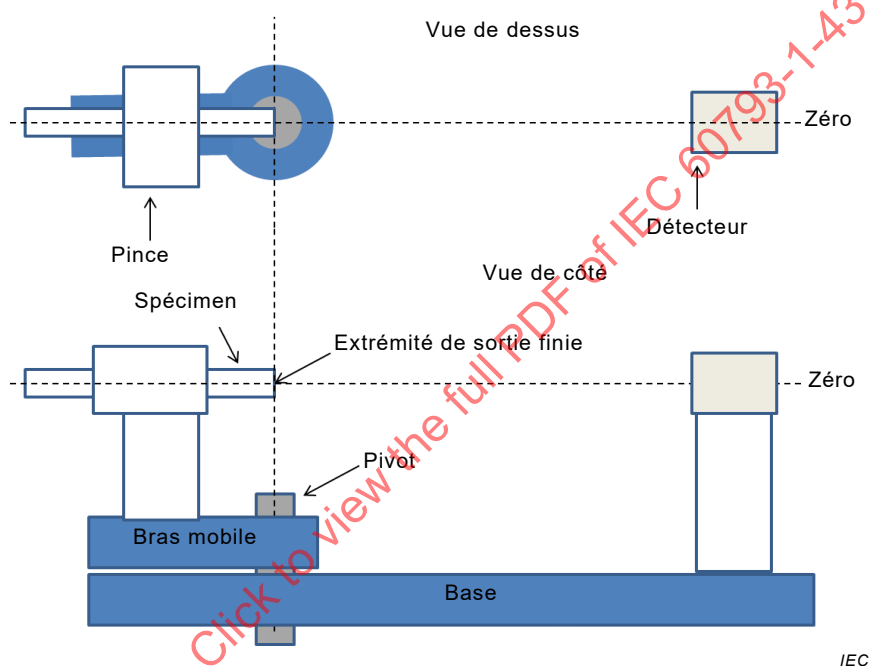


Figure 3 – Technique 2 – Balayage angulaire

5.2.4 Technique 3 – Balayage du diagramme en champ spatial (voir Figure 4)

5.2.4.1 Support de l'extrémité de sortie de la fibre

Prévoir un moyen pour soutenir et aligner l'extrémité de sortie du spécimen qui permette un positionnement stable et reproductible.

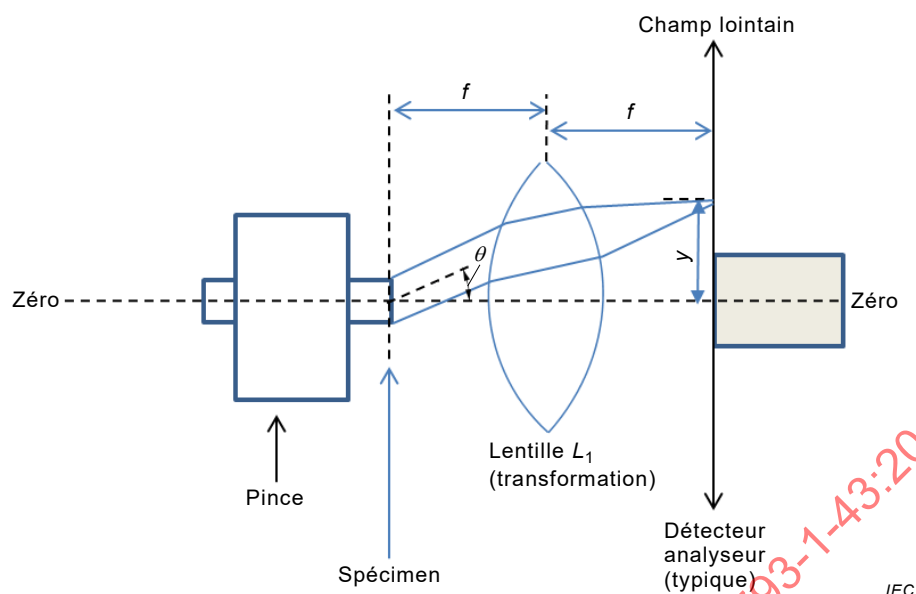


Figure 4 – Technique 3 – Balayage du diagramme en champ spatial

5.2.4.2 Transformation et projection en champ lointain

Effectuer une représentation spatiale du champ lointain du spécimen à l'aide d'un moyen approprié, (par exemple en utilisant l'objectif d'un microscope ou une lentille bien corrigée pour obtenir la transformée de Fourier du diagramme de sortie de la fibre en champ proche).

Balayer ce diagramme ou son image à l'aide d'un diaphragme de façon à enregistrer l'intensité énergétique du champ lointain. Le diamètre du diaphragme doit être inférieur ou égal à la moitié de la limite de diffraction du système:

$$d \leq \frac{1,22 M \lambda f}{2D} \quad (5)$$

où

d est le diamètre du diaphragme, en μm ;

M est le grossissement du plan focal arrière de la lentille de transformation au plan de balayage;

λ est la longueur d'onde spectrale émise par la fibre, en nm;

f est la distance focale de la lentille de transformation, en mm;

D est le diamètre du cœur de la fibre, en mm.

Il convient que l'ouverture numérique de la lentille L_1 soit assez grande pour ne pas limiter l'ouverture numérique du spécimen de fibre.

5.2.4.3 Système de balayage

Prévoir une méthode de balayage du diagramme en champ lointain en fonction du diaphragme et du détecteur.

5.2.4.4 Etalonnage du système

Effectuer un étalonnage pour mesurer la distance du déplacement du système de balayage dans le plan focal arrière de la lentille de transformation en champ lointain pour l'angle d'émission, θ , par rapport à l'axe de l'extrémité de sortie du spécimen selon l'Equation (6). Pour cela il est possible d'entrer un ensemble d'angles connus et d'enregistrer les positions de sortie.

$$y = f \sin \theta \quad (6)$$

où

y est la distance entre l'axe central et le plan spatial;

f est la distance focale de la lentille de transformation, L_1 ;

θ est l'angle par rapport à l'axe optique.

5.2.4.5 Système d'enregistrement

Prévoir un moyen pour enregistrer l'intensité énergétique, $E(y)$, détectée en fonction de la position du balayage, y , et pour corriger l'intensité énergétique détectée comme suit:

$$I(\theta) = E(y) \cos \theta \quad (7)$$

où

$I(\theta)$ est la distribution de l'intensité énergétique angulaire détectée par une lentille de balayage angulaire;

$E(y)$ est la luminance à une distance y de l'axe du diagramme spatial;

y est la distance par rapport à l'axe du diagramme du champ spatial;

θ est l'angle par rapport à l'axe de sortie du spécimen.

5.2.4.6 Détecteur optique

Pour la Technique 3, l'Equation (8) décrit l'ouverture du détecteur et l'Equation (5) donne la taille appropriée du détecteur:

$$D = 2 f \sin(\delta) \quad (8)$$

où

D est le diamètre de l'ouverture du détecteur, en μm ;

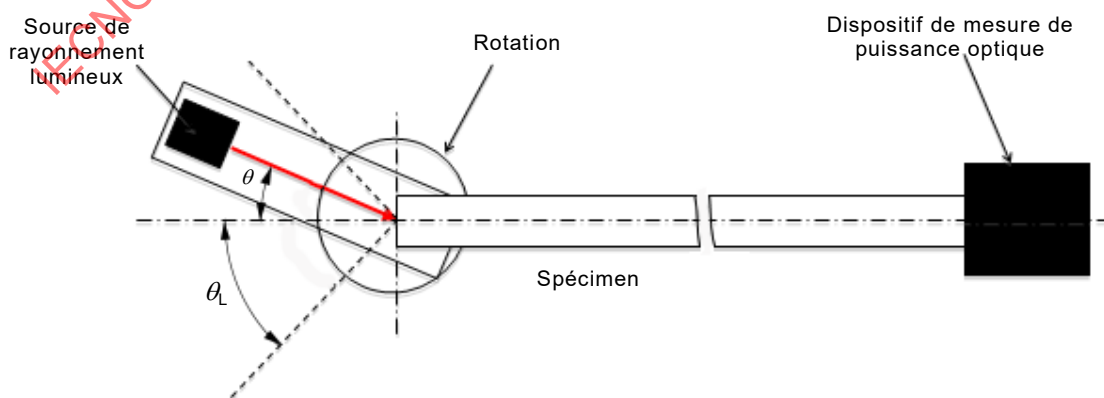
f est la distance focale de la lentille de transformation, en mm;

δ est la résolution angulaire souhaitée, en degrés ($^\circ$).

5.2.5 Technique 4 – Mesure en champ lointain inverse (voir Figure 5, applicable aux fibres de la sous-catégorie A4d)

Prévoir un moyen approprié pour aligner le centre de la face d'extrémité d'entrée du spécimen sur la tache lumineuse incidente du rayonnement lumineux collimaté. Balayer l'angle du rayonnement lumineux incident sur le spécimen et mesurer la puissance de sortie à chaque angle. La source de rayonnement lumineux doit être conforme à celle décrite en 5.1.1 et 5.1.2. Le diamètre de la tache du rayonnement lumineux doit être suffisamment petit, par exemple inférieur ou égal à un dixième du diamètre du spécimen. L'angle d'injection maximal, θ_L , à la Figure 5 – Technique 4 – Méthode en champ lointain inverse

, doit être supérieur à l'angle de propagation maximal estimé du spécimen.



IEC

Figure 5 – Technique 4 – Méthode en champ lointain inverse

6 Echantillonnage et spécimens

6.1 Longueur des spécimens

NA_{ff} peut être affectée par la longueur du spécimen. Pour cette raison, la longueur du spécimen est donnée dans les spécifications particulières de produit, par exemple l'IEC 60793-2-10, l'IEC 60793-2-20, l'IEC 60793-2-30 et l'IEC 60793-2-40. Des valeurs par défaut sont également données à l'Annexe B. Des spécimens plus longs que ceux utilisés dans la pratique pour les mesures régulières peuvent être exigés pour certains produits. Dans ces cas, une fonction de mise en correspondance, telle que celle décrite à l'Annexe A (informative), peut être utilisée.

6.2 Face d'extrémité de spécimen

Préparer une face d'extrémité plane perpendiculaire à l'axe de la fibre au niveau des extrémités d'entrée et de sortie de chaque spécimen. La précision de ces mesures est affectée par la non-perpendicularité d'une face d'extrémité. Des angles d'extrémité inférieurs à 2° sont recommandés.

7 Procédure

La procédure suivante doit être appliquée:

- Placer les extrémités du spécimen dans les supports. L'extrémité d'entrée doit être approximativement au centre du point d'entrée de l'image focalisée de la tache à luminance constante.
- Régler la source optique à la longueur d'onde et à la largeur spectrale souhaitées.
- Balayer le diagramme de rayonnement en champ lointain le long d'un diamètre et enregistrer l'intensité énergétique en fonction de la position angulaire.

8 Calculs

8.1 Relation entre valeur théorique maximale et valeur en champ lointain

La relation entre l'ouverture numérique en champ lointain et l'ouverture numérique théorique maximale, telle qu'elle est donnée par l'Equation (2), dépend de la longueur d'onde de mesure en champ lointain et des mesures de profil d'indice. Le plus souvent, les mesures en champ lointain sont effectuées à 850 nm, tandis que les mesures du profil d'indice sont généralement effectuées à 540 nm ou 633 nm. Pour ces longueurs d'onde, la relation entre NA_{ff} et NA_{th} est donnée par:

$$NA_{ff} = \beta NA_{th} \quad (9)$$

où

NA_{ff} est l'ouverture numérique en champ lointain;

$\beta = 0,95$ quand la mesure de profil est faite à 540 nm, et $\beta = 0,96$ quand la mesure est faite à 633 nm;

NA_{th} est l'ouverture numérique théorique maximale.

Consigner NA_{ff} à 850 nm comme l'ouverture numérique de la fibre. Cette valeur peut être obtenue directement à partir d'une mesure en champ lointain à 850 nm, ou en utilisant l'Equation (12), indirectement à partir d'une mesure de profil.

8.2 Angle d'intensité seuil, θ_k

Normaliser le diagramme balayé par rapport à l'intensité énergétique de crête. Pour les Techniques de mesure 1, 2 et 3, relever les points du diagramme pour lesquels l'intensité est de k_{NA} % du maximum. Les valeurs de k_{NA} sont spécifiques au produit. Pour cette raison, ces valeurs sont données dans les spécifications particulières de produit, par exemple l'IEC 60793-2-10, l'IEC 60793-2-2, l'IEC 60793-2-30 et l'IEC 60793-2-40. Des valeurs par défaut sont également données à l'Annexe B. Enregistrer le demi-angle entre ces points comme étant θ_k .