

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Optical fibres –

Part 1-34: Measurement methods and test procedures – Fibre curl

Fibres optiques –

Partie 1-34: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ondulation de la fibre



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

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 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Optical fibres –

Part 1-34: Measurement methods and test procedures – Fibre curl

Fibres optiques –

Partie 1-34: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ondulation de la fibre

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-8322-9396-6

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 Terms and definitions	6
4 Apparatus	7
4.1 Principle	7
4.2 Fibre holding fixture	7
4.3 Fibre rotator	7
4.4 Deflection measurement device	7
4.5 Computer (optional)	7
5 Sample preparation	7
6 Procedure	7
6.1 General	7
6.2 Mounting of the fibre	7
6.3 Rotation	8
7 Calculation	8
8 Result	8
9 Specification information	8
Annex A (normative) Fibre curl by side view microscopy	9
A.1 Principle	9
A.2 Apparatus	10
A.2.1 Deflection measurement device	10
A.2.2 Video camera and monitor	11
A.2.3 Digital image analysis system (optional)	11
A.3 Test procedure	11
A.3.1 General	11
A.3.2 Procedure for the extrema technique	11
A.3.3 Procedure for the Fourier fitting technique	11
A.4 Calculations	11
A.4.1 Extrema technique calculation	11
A.4.2 Fourier fitting technique calculation	11
A.4.3 Computation of fibre curl	12
Annex B (normative) Fibre curl by laser beam scattering	13
B.1 Principle	13
B.2 Apparatus	13
B.2.1 Light source	13
B.2.2 Detector	13
B.3 Test procedure	13
B.3.1 General	13
B.3.2 Procedure for the extrema technique	13
B.3.3 Procedure for the Fourier fitting technique	13
B.4 Calculations	13
B.4.1 Extrema technique calculation	13
B.4.2 Fourier fitting technique calculation	14
B.4.3 Computation of fibre curl	14

Annex C (informative) Derivation of the circular fibre curl	15
C.1 Derivation of equations for side view microscopy	15
C.2 Derivation of equations for the laser scattering method	16
Figure A.1 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl using an optical microscope	9
Figure A.2 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl using a laser micrometer	10
Figure A.3 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl while securing the sample in a ferrule	10
Figure B.1 – Schematic diagram of optical curl by laser beam scattering	14
Figure C.1 – Geometrical layout of side view microscopy fibre curl measurement	15
Figure C.2 – Geometrical layout of laser scattering fibre curl measurement	16

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-34:2021

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

Part 1-34: Measurement methods and test procedures – Fibre curl

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 60793-1-34 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2006. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) modification of several derivation equations for laser scattering;
- b) change of angular increment from 10° to 30° to 10° to 45°;
- c) change of Annex B from informative to normative.

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

CDV	Report on voting
86A/1971/CDV	86A/1994/RVC

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

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

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

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

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

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 1-34: Measurement methods and test procedures – Fibre curl

1 Scope

This part of IEC 60793 establishes uniform requirements for the mechanical characteristic: fibre curl or latent curvature in uncoated optical fibres, i.e. a specified length of the fibre has been stripped from coating. Fibre curl has been identified as an important parameter for minimizing the splice loss of optical fibres when using passive alignment fusion splicers or active alignment mass fusion splicers.

Two methods are recognized for the measurement of fibre curl, in uncoated optical fibres:

- method A: side view microscopy;
- method B: laser beam scattering.

Both methods measure the radius of curvature of an uncoated fibre by determining the amount of deflection that occurs as an unsupported fibre end is rotated about the fibre's axis. Method A uses visual or digital video methods to determine the deflection of the fibre while method B uses a line sensor to measure the maximum deflection of one laser beam relative to a reference laser beam.

By measuring the deflection behaviour of the fibre as it is rotated about its axis and understanding the geometry of the measuring device, the fibre's radius of curvature can be calculated from simple circular models, the derivation of which are given in Annex C.

Both methods are applicable to type B optical fibres as described in IEC 60793 (all parts).

Method A is the reference test method, used to resolve disputes.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60793 (all parts), *Optical fibres*

3 Terms and definitions

No terms and definitions are listed in this document.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

4 Apparatus

4.1 Principle

An uncoated fibre end is mounted in a rotatable fixture so that the end extends freely into space by an overhang distance which will depend on the measurement device. The overhang distance is from the fibre fixture to the free endface of the uncoated fibre. The measurement distance from the fibre fixture to the measurement point is typically 10 mm to 20 mm, and the measurement point shall be close to the fibre's free endface. If the measurement device is designed with measurement distances greater than this, care shall be taken to avoid excessive degradation due to effects of vibration and gravity. The fibre is rotated and the deviations in the position of the test point relative to a reference position are measured to obtain the fibre's radius of curvature, r_c .

Details pertaining to the two methods are given in the relevant Annex A or Annex B. Common apparatus requirements are given in 4.2 to 4.5.

4.2 Fibre holding fixture

Provide a fixture that holds the fibre on a constant axis at the holding position and allows the fibre to be rotated through 360°. The fixture may be a v-groove holder such as a vacuum chuck or a fibre ferrule. If a ferrule is used, take care to ensure that the inside diameter is sized closely enough to the fibre diameter to minimize variability in the deflection measurements.

4.3 Fibre rotator

Provide a device to grip and rotate the fibre through 360°. The device may be manually operated, or it may be driven by a rotational device such as a stepper motor.

4.4 Deflection measurement device

Provide a deflection measurement device according to either Annex A or Annex B.

4.5 Computer (optional)

A computer may be used to provide motion control, data collection and computation.

5 Sample preparation

Use an uncabled fibre of appropriate length for the instrument design. Remove enough coating from one end to allow mounting in the fibre fixture with the necessary overhang. The fibre should not extend much past the measuring device's required measurement distance since excessive lengths can cause degradation as discussed in 4.1.

6 Procedure

6.1 General

Details for each method are given in Annex A and Annex B. Common procedures are described in 6.1 and 6.2.

6.2 Mounting of the fibre

Mount the fibre in the holding fixture so that the stripped end extends into free space with sufficient length to extend up to or beyond the measurement distance. Typical measurement distances range between 10 mm and 20 mm. Attach the other end of the fibre to the fibre rotator.

If the measurement distance is excessive, or the stripped fibre is substantially longer than the required measurement distance, then the measurement may be degraded.

6.3 Rotation

Follow the procedure of Annex A or Annex B.

7 Calculation

Complete the detailed calculation of the fibre curl, r_c , using Annex A or Annex B.

NOTE Though the intermediate parameters used in the calculations are typically scaled in micrometres, the radius of curvature, r_c , is typically re-scaled in units of metres.

8 Result

8.1 The following information should be reported for each test:

- date of the test;
- fibre identification;
- fibre radius of curvature.

8.2 The following information should be available for each test:

- method used to determine curl;
- technique used for calculations;
- description of the equipment;
- calibration data.

9 Specification information

The detail specification shall specify the following:

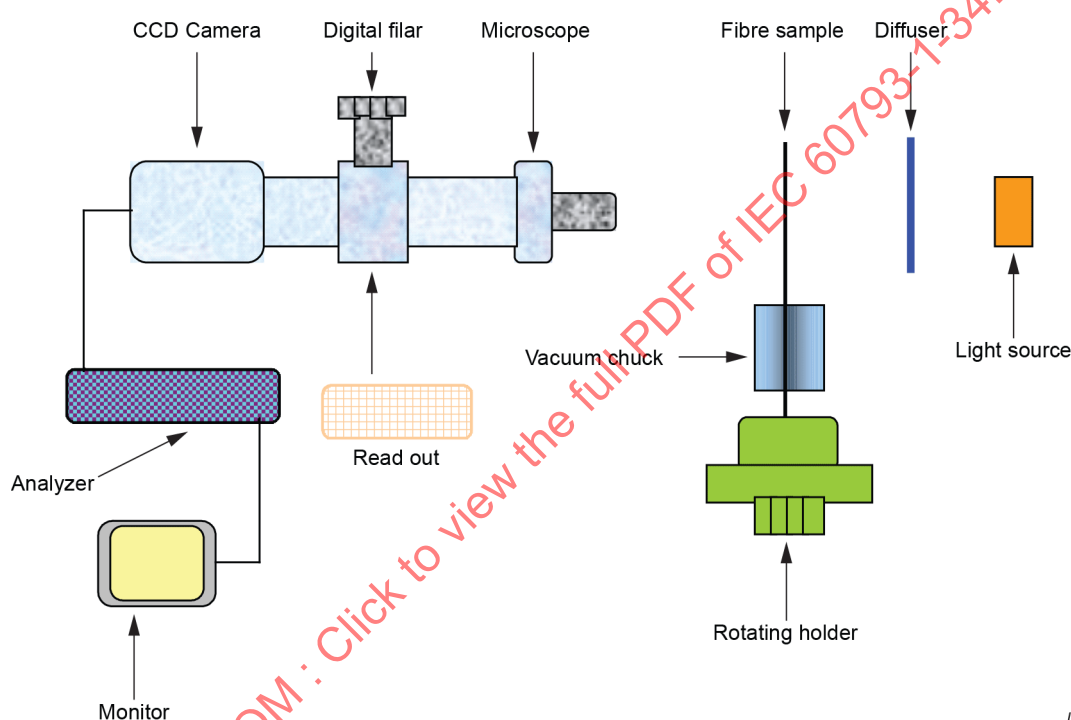
- information to be reported;
- any deviations to the procedure that apply;
- failure or acceptance criteria.

Annex A (normative)

Fibre curl by side view microscopy

A.1 Principle

This procedure measures the radius of curvature of an uncoated fibre by determining the amount of deflection that occurs as an unsupported fibre end is rotated about the fibre's axis. By knowing the amplitude of the deflection of the fibre and the measurement distance from the fibre fixture to the measurement point, the fibre's radius of curvature can be calculated from a simple circular model, the derivation of which is given in Clause C.1. Schematic diagrams of typical test set-ups for these techniques are shown in Figure A.1, Figure A.2 and Figure A.3.



IEC

Figure A.1 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl using an optical microscope

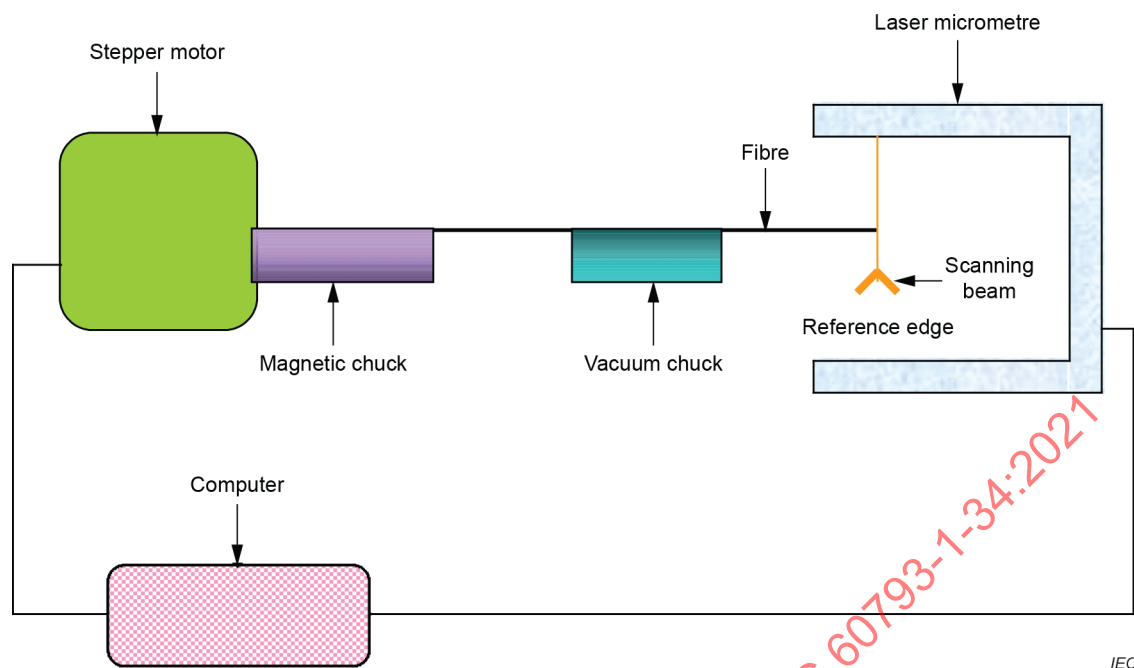


Figure A.2 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl using a laser micrometre

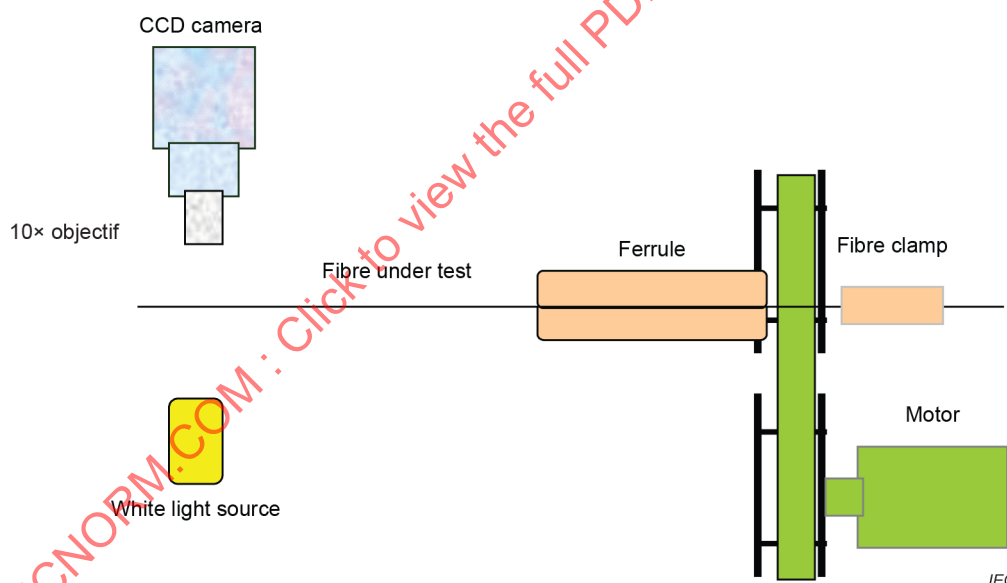


Figure A.3 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl while securing the sample in a ferrule

A.2 Apparatus

A.2.1 Deflection measurement device

Provide a device to measure the fibre deflection as it is rotated through 360°. Such a device may consist of a viewing microscope or an optical measuring instrument such as a laser micrometre. If a viewing microscope is used, provide means to permit accurate measurement of fibre deflection, such as a filar eyepiece or a digital image analysis system.

A.2.2 Video camera and monitor

A video camera and monitor may be used to enhance the viewing system for manual or automated operation.

A.2.3 Digital image analysis system (optional)

A digital video analyser may be used to provide more precise location of the deflections than might be obtained by a filar eyepiece. Such a system might include an analogue or digital video camera, a frame grabber and associated software for the purpose of locating the fibre's position at the measurement distance as the fibre is rotated.

A.3 Test procedure

A.3.1 General

Two techniques are provided for obtaining the deflection, δ_f . The first is an extrema technique that is limited by the precision with which the extremes of the deflection can be determined. The second is a Fourier fitting method.

A.3.2 Procedure for the extrema technique

Rotate the specimen until the deflection is at a maximum and record the deflection value, $D_{\max}$. Rotate the specimen until the deflection is at a minimum, typically 180° from the angular position of the maximum, and record the deflection value, $D_{\min}$.

A.3.3 Procedure for the Fourier fitting technique

Record the deflection of the specimen at its initial position, D_1 , and angular position, θ_1 . Rotate the specimen through 360° (do not duplicate the initial position in the data as the last angular position), stopping at equal angular increments and recording the deflection values at each increment, $D_{2...n}$, and its angular positions, $\theta_{2...n}$. Angular increments of 10° to 45° are typically used.

A.4 Calculations

A.4.1 Extrema technique calculation

The fibre deflection δ_f is calculated by Formula (A.1):

$$\delta_f = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2} \quad (\text{A.1})$$

where

$D_{\max}$ and $D_{\min}$ are the maximum and minimum deflection values, generally described in micrometres.

A.4.2 Fourier fitting technique calculation

Compute the first order Fourier coefficients:

$$I_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n D_i \times \sin \theta_i \quad (\text{A.2})$$

$$R_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n D_i \times \cos \theta_i \quad (\text{A.3})$$

Compute δ_f as the magnitude of the first-order Fourier component:

$$\delta_f = \sqrt{R_1^2 + I_1^2} \quad (\text{A.4})$$

Least squares fitting of the set of θ_i and D_i may be used as an alternative. The Fourier technique described in A.4.2 and least squares fitting of the amplitude and phase are numerically equivalent.

A.4.3 Computation of fibre curl

Fibre curl, r_c , is computed as:

$$r_c = \frac{Z_m^2 + \delta_f^2}{2\delta_f} \quad (\text{A.5})$$

where

Z_m is the measurement distance.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-34:2021

Annex B (normative)

Fibre curl by laser beam scattering

B.1 Principle

This procedure measures the latent curvature (curl) in an optical fibre by laser beam scattering.

This procedure measures the radius of curvature of an uncoated fibre by determining the amount of deflection that occurs as an unsupported fibre end is rotated about the fibre's axis. By measuring the differential deflection of two beams separated by a known distance and the geometry of the measuring device, the fibre's radius of curvature can be calculated from a simple circular model, the derivation of which is given in Clause C.2. A schematic diagram is shown in Figure B.1.

B.2 Apparatus

B.2.1 Light source

Split He-Ne laser beams are used as the light source.

B.2.2 Detector

An image sensor such as CCD line sensor is used as the detector.

B.3 Test procedure

B.3.1 General

Two techniques are provided for obtaining the deflection difference, ΔS . The first is an extrema technique that is limited by the precision with which the extremes of the deflection can be determined. The second is a Fourier fitting method.

B.3.2 Procedure for the extrema technique

Rotate the specimen until the deflection is at a maximum and record the deflection value, $\Delta S_{\max}$.

B.3.3 Procedure for the Fourier fitting technique

Record the deflection of the specimen at its initial position, ΔS_1 , and angular position, θ_1 . Rotate the specimen through 360° (do not duplicate the initial position in the data as the last angular position), stopping at equal angular increments and recording the deflection values at each increment, $\Delta S_{2...n}$, and its angular positions, $\theta_{2...n}$. Angular increments of 10° to 45° are typically used.

B.4 Calculations

B.4.1 Extrema technique calculation

$$S_A = \Delta S_{\max} - \Delta Z \quad (\text{B.1})$$

where

ΔZ is the separation distance of the two laser beams.

B.4.2 Fourier fitting technique calculation

Compute the first order Fourier coefficients:

$$I_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \Delta S_i \times \sin \theta_i \quad (\text{B.2})$$

$$R_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \Delta S_i \times \cos \theta_i \quad (\text{B.3})$$

Compute S_A as the magnitude of the first-order Fourier component:

$$S_A = \sqrt{R_1^2 + I_1^2} \quad (\text{B.4})$$

Least squares fitting of the set of θ_i and $(\Delta S_i - \Delta Z)$ may be used as an alternative. The Fourier technique described above and least squares fitting of the amplitude and phase are numerically equivalent.

B.4.3 Computation of fibre curl

$$r_c \approx \frac{2L\Delta Z}{S_A} \quad (\text{B.5})$$

where

L is the distance between the fibre and the line sensor;

ΔZ is the laser beam separation distance.

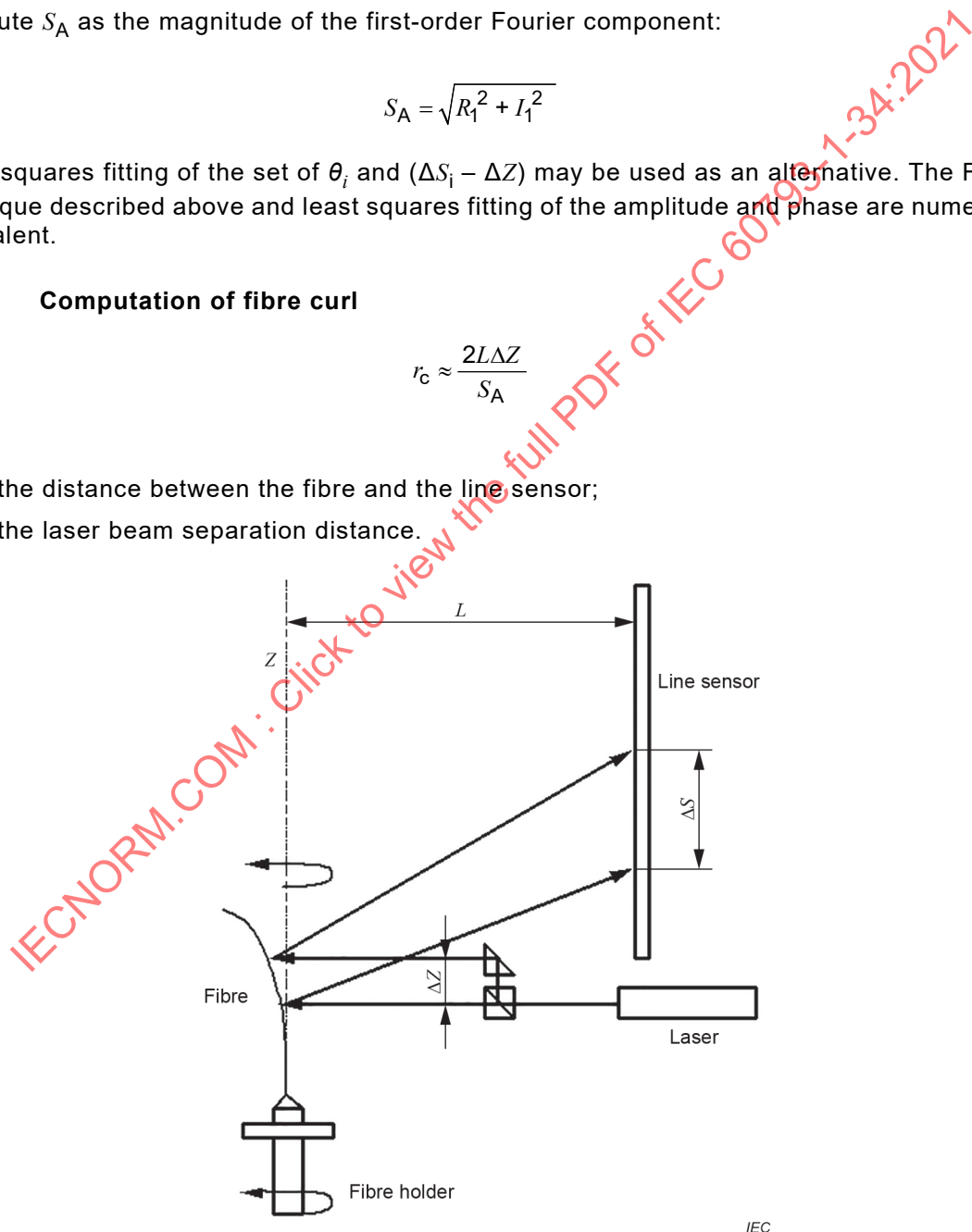


Figure B.1 – Schematic diagram of optical curl by laser beam scattering

Annex C

(informative)

Derivation of the circular fibre curl model

C.1 Derivation of equations for side view microscopy

Figure C.1 shows the geometrical layout of side view microscopy fibre curl measurement.

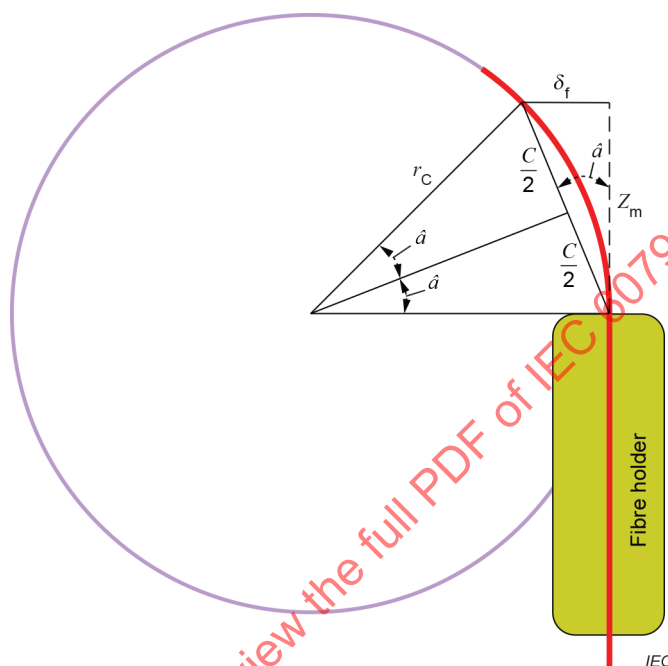


Figure C.1 – Geometrical layout of side view microscopy fibre curl measurement

We define the following:

Z_m is the measurement distance;

δ_f is the fibre deflection from the fibre holder's axis measured at Z_m ;

C is the hypotenuse of right triangle formed by Z_m , δ_f , and C .

Therefore,

$$C = \sqrt{Z_m^2 + \delta_f^2} \quad (\text{C.1})$$

Form an isosceles triangle with C as the base and sides r_c extending from the centre of the circle. Bisect C and form two right triangles from the isosceles triangle. Angle $\hat{a}$ of the newly formed right triangles is equal to angle $\hat{a}$ of the Z_m , δ_f and C right triangle.

Therefore,

$$\sin \hat{a} = \frac{\delta_f}{C} = \frac{1/2 C}{r_c} \quad (\text{C.2})$$

$$r_c = \frac{Z_m^2 + \delta_f^2}{2\delta_f} \quad (C.3)$$

Figure C.2 shows the deometrical layout of laser scattering fibre curl measurement.

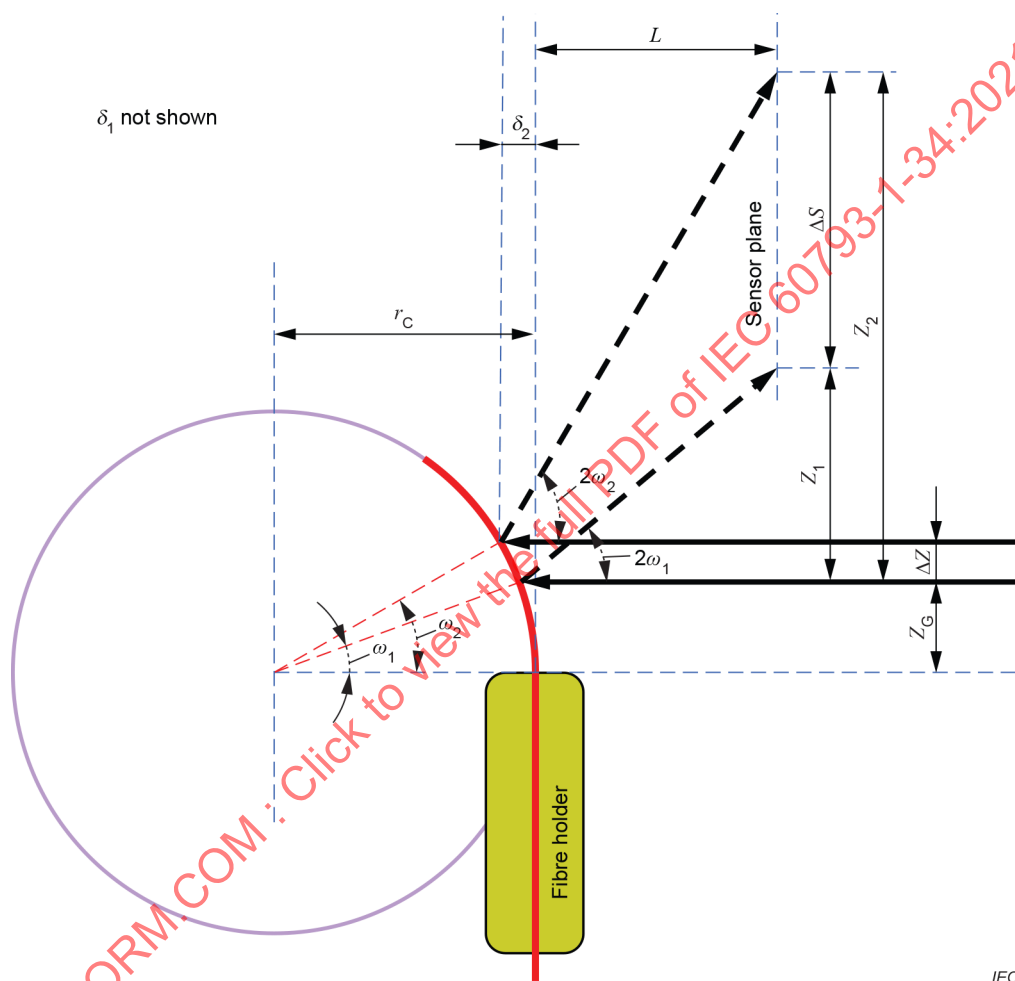


Figure C.2 – Geometrical layout of laser scattering fibre curl measurement

ΔZ is the separation distance between the two laser beams;
 L is the distance between the fibre holder's axis of rotation and the sensor plane;
 Z_G is the distance from the fibre holder to the first beam's impingement point.

$$\Delta S = Z_2 - Z_1 \quad (\text{C.4})$$

$$Z_1 = \left[L + Z_G \tan \frac{\omega_1}{2} \right] \tan 2\omega_1 \quad (\text{C.5})$$

$$Z_1 = \left[L + (\Delta Z + Z_G) \tan \frac{\omega_2}{2} \right] \tan 2\omega_2 + \Delta Z \quad (\text{C.6})$$

The small corrections to the parameter L in Formulae (C.5) and (C.6) are due to the fact that when the curled fibre is rotated to its maximum deflection point, the laser beams impinge on the fibre at a distance which depends on r_c , Z_G and ΔZ . These terms are on the order of $\Delta Z^2/r_c$, which for practical systems are very small, and can usually be ignored.

The z-coordinates of each beam relative to the fibre constraint point are

$$Z_G = r_c \sin \omega_1 \quad (\text{C.7})$$

$$\Delta Z = r_c \sin \omega_2 - Z_G \quad (\text{C.8})$$

The angle ω_1 can be expressed two different ways:

$$\sin \omega_1 = \frac{Z_G}{r_c} \quad (\text{C.9})$$

$$\tan 2\omega_1 = \frac{Z_1}{L + Z_G \tan \frac{\omega_1}{2}} \approx \frac{Z_1}{L} \quad (\text{C.10})$$

Likewise, the angle ω_2 can be expressed in two different ways:

$$\sin \omega_2 = \frac{Z_G + \Delta Z}{r_c} \quad (\text{C.11})$$

$$\tan 2\omega_2 = \frac{Z_2 - \Delta Z}{L + (\Delta Z + Z_G) \tan \frac{\omega_2}{2}} \approx \frac{Z_2 - \Delta Z}{L} \quad (\text{C.12})$$

It is convenient to measure the difference between the deflections of the two beams, ΔS , which will be invariant with the angle of entry of the fibre. When the fibre's curl radius is substantially larger than the geometrical parameters L , Z_G and ΔZ of the measuring device, we can successfully use small angle approximations to get the difference results.

If we assume for both ω_1 and ω_2 (a good assumption for practical fibres and implementations):

$$\begin{aligned} \sin \omega &\approx \omega \\ \tan \frac{\omega}{2} &\approx \frac{\omega}{2} \\ \tan 2\omega &\approx 2\omega \end{aligned}$$

then we can rewrite Formula (C.4) as:

$$\Delta S = 2L(\omega_2 - \omega_1) + (\Delta Z + Z_G)\omega_2^2 - Z_G\omega_1^2 + \Delta Z \quad (\text{C.13})$$

and using Formulae (C.9) and (C.11) (and the small angle approximation), we get

$$\Delta S = \frac{2L\Delta Z}{r_c} + \Delta Z + \frac{(\Delta Z + Z_G)^3}{r_c^2} - \frac{Z_G^3}{r_c^2} \quad (\text{C.14})$$

Inspecting Formula (C.14), we can see two cubic terms. If one considers a practical system with a very curled fibre ($r_c = 1$ m) and letting ΔZ and Z_G be 0,01 m (1 cm), then we can see that these cubic terms become very small compared with the first two terms. We can then write

$$\Delta S = \frac{SL\Delta Z}{r_c} + \Delta Z \quad (\text{C.15})$$

and finally

$$r_c = \frac{2L\Delta Z}{\Delta S - \Delta Z} \quad (\text{C.16})$$

For practical fibres and measuring device constraints, all of the above approximations will not contribute errors in excess of hundredths of percent. For fibres with curl radii in excess of 5 m, these errors become even smaller.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-34:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	22
1 Domaine d'application	24
2 Références normatives	24
3 Termes et définitions	24
4 Appareillage	25
4.1 Principe	25
4.2 Dispositif de fixation de la fibre	25
4.3 Dispositif de rotation de la fibre.....	25
4.4 Dispositif de mesure de la flèche	25
4.5 Ordinateur (facultatif).....	25
5 Préparation de l'échantillon	25
6 Mode opératoire	26
6.1 Généralités	26
6.2 Montage de la fibre	26
6.3 Rotation	26
7 Calcul	26
8 Résultat.....	26
9 Informations à mentionner dans la spécification.....	26
Annexe A (normative) Mesure de l'ondulation de fibre par microscopie latérale	27
A.1 Principe	27
A.2 Appareillage.....	28
A.2.1 Dispositif de mesure de la flèche	28
A.2.2 Caméra vidéo et moniteur.....	29
A.2.3 Système d'analyse d'image numérique (facultatif).....	29
A.3 Procédure d'essai	29
A.3.1 Généralités.....	29
A.3.2 Procédure pour la technique des extrêmes	29
A.3.3 Procédure pour la technique d'ajustement de Fourier	29
A.4 Calculs	29
A.4.1 Calcul pour la technique des extrêmes	29
A.4.2 Calcul pour la technique d'ajustement de Fourier.....	29
A.4.3 Calcul de l'ondulation de la fibre	30
Annexe B (normative) Mesure de l'ondulation de fibre par diffusion d'un faisceau laser	31
B.1 Principe	31
B.2 Appareillage.....	31
B.2.1 Source de rayonnement lumineux.....	31
B.2.2 Détecteur.....	31
B.3 Procédure d'essai	31
B.3.1 Généralités.....	31
B.3.2 Procédure pour la technique des extrêmes	31
B.3.3 Procédure pour la technique d'ajustement de Fourier	31
B.4 Calculs	31
B.4.1 Calcul pour la technique des extrêmes	31
B.4.2 Calcul pour la technique d'ajustement de Fourier.....	32
B.4.3 Calcul de l'ondulation de la fibre	32

Annexe C (informative) Détermination du modèle circulaire d'ondulation de fibre	33
C.1 Détermination des équations pour la microscopie latérale	33
C.2 Détermination des équations pour la méthode de diffusion laser	34
 Figure A.1 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre à l'aide d'un microscope optique	27
Figure A.2 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre à l'aide d'un micromètre laser	28
Figure A.3 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre en fixant l'échantillon dans une férule	28
Figure B.1 – Schéma de mesure de l'ondulation optique par diffusion de rayons laser	32
Figure C.1 – Disposition géométrique de la mesure de l'ondulation de fibre par microscopie latérale	33
Figure C.2 – Disposition géométrique de la mesure de l'ondulation de fibre par diffusion laser	34

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-34:2021

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-34: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ondulation de la fibre

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. À 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 propriété et averti de leur existence.

La Norme internationale IEC 60793-1-34 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

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

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

- a) modification de plusieurs équations de détermination pour la diffusion laser;
- b) modification de l'incrément angulaire qui passe de 10° à 30° à 10° à 45°;
- c) changement de statut de l'Annexe B qui devient normative.

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

CDV	Rapport de vote
86A/1971/CDV	86A/1994/RVC

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60793, publiées sous le titre général *Fibres optiques*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

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

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 1-34: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ondulation de la fibre

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60793 établit des exigences uniformes pour les caractéristiques mécaniques: ondulation de fibre ou courbure latente des fibres optiques sans revêtement, c'est-à-dire qu'une longueur spécifiée de la fibre a été dénudée. L'ondulation de fibre a été définie comme étant un paramètre important de réduction des pertes d'épissure des fibres optiques lors de l'utilisation de soudeuses par fusion avec alignement passif ou de soudeuses par fusion de masse avec alignement actif.

Deux méthodes sont reconnues pour la mesure de l'ondulation de fibre, pour les fibres optiques sans revêtement:

- méthode A: par microscopie latérale;
- méthode B: par diffusion d'un faisceau laser.

Les deux méthodes mesurent le rayon de courbure d'une fibre sans revêtement en déterminant la valeur de la flèche d'une extrémité de fibre non soutenue soumise à une rotation autour de son axe. La méthode A utilise des méthodes visuelles ou vidéo numériques pour déterminer la flèche de la fibre tandis que la méthode B utilise un capteur de ligne pour mesurer la flèche maximale d'un faisceau laser par rapport à un faisceau laser de référence.

En mesurant le comportement de la flèche de la fibre pendant qu'elle est soumise à une rotation autour de son axe et d'après la configuration du dispositif de mesure, le rayon de courbure de la fibre peut être calculé à partir de modèles circulaires simples, déterminés à l'Annexe C.

Ces deux méthodes sont applicables aux fibres optiques du type B telles que décrites dans la série IEC 60793 (toutes les parties).

La méthode A est la méthode d'essai de référence, utilisée en cas de litige.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60793 (toutes les parties), *Fibres optiques*

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

4 Appareillage

4.1 Principe

Une extrémité de fibre sans revêtement est montée dans un dispositif de fixation pouvant tourner de façon que l'extrémité sorte librement sur une longueur "de débord" qui dépend du dispositif de mesure. La longueur "de débord" est la distance entre le dispositif de fixation de la fibre et la face d'extrémité libre de la fibre sans revêtement. La distance de mesure entre le dispositif de fixation de la fibre et le point de mesure est généralement comprise entre 10 mm et 20 mm. Le point de mesure doit être proche de la face d'extrémité libre de la fibre. Si le dispositif de mesure est conçu avec des distances de mesure supérieures à celle indiquée ci-dessus, des précautions doivent être prises pour éviter une dégradation excessive en raison des effets des vibrations et de la gravité. La fibre est soumise à une rotation et les écarts de position du point d'essai par rapport à une position de référence sont mesurés pour obtenir le rayon de courbure de la fibre, r_c .

Des précisions ayant trait aux deux méthodes sont données dans l'Annexe A ou B selon le cas. Les exigences communes relatives à l'appareillage sont données dans 4.2 à 4.5.

4.2 Dispositif de fixation de la fibre

Utiliser un dispositif de fixation pour maintenir la fibre en position sur un axe constant et permettre une rotation de 360°. Le dispositif de fixation peut être un support à rainure en V, tel qu'un plateau de maintien à vide ou une fêrle pour fibre. Si une fêrle est utilisée, veiller à ce que son diamètre intérieur soit d'une taille aussi proche que possible du diamètre de la fibre pour réduire le plus possible la variabilité dans les mesures de la flèche.

4.3 Dispositif de rotation de la fibre

Utiliser un dispositif permettant de fixer la fibre et de lui appliquer une rotation de 360°. Le dispositif peut être activé manuellement ou par un dispositif tournant tel qu'un moteur pas à pas.

4.4 Dispositif de mesure de la flèche

Utiliser un dispositif de mesure de la flèche conforme à l'une ou l'autre des Annexes A ou B.

4.5 Ordinateur (facultatif)

Un ordinateur peut être utilisé pour assurer un contrôle des déplacements, collecter les données et effectuer les calculs.

5 Préparation de l'échantillon

Utiliser une fibre non câblée d'une longueur appropriée à l'appareil de mesure. Dénuder suffisamment la fibre à l'une de ses extrémités pour obtenir un débord suffisant une fois montée dans le dispositif de fixation. Il convient que la fibre ne dépasse pas trop la distance de mesure exigée du dispositif de mesure, sachant que des longueurs excessives peuvent provoquer une dégradation comme cela est expliqué au 4.1.

6 Mode opératoire

6.1 Généralités

Les informations détaillées concernant chaque méthode sont données à l'Annexe A et à l'Annexe B. Les procédures communes sont décrites au 6.1 et au 6.2.

6.2 Montage de la fibre

Monter la fibre dans le dispositif de fixation, en permettant à l'extrémité dénudée de sortir librement de sorte qu'elle dépasse d'une longueur suffisante et se prolonge jusqu'à la distance de mesure ou au-delà. Les distances de mesure types sont comprises entre 10 mm et 20 mm. Fixer l'autre extrémité de la fibre au dispositif qui applique la rotation. Si la distance de mesure est excessive, ou si la fibre dénudée est beaucoup plus longue que la distance de mesure exigée, alors la mesure peut être dégradée.

6.3 Rotation

Suivre la procédure de l'Annexe A ou de l'Annexe B.

7 Calcul

Faire le calcul détaillé de l'ondulation de fibre, r_c , en utilisant l'Annexe A ou l'Annexe B.

NOTE Bien que les paramètres intermédiaires utilisés dans les calculs soient généralement mis à l'échelle en micromètres, le rayon de courbure, r_c , est généralement remis à l'échelle en mètres.

8 Résultat

8.1 Il convient de consigner les informations suivantes pour chaque essai:

- la date de l'essai;
- l'identification de la fibre;
- le rayon de courbure de la fibre.

8.2 Il convient que les informations suivantes soient disponibles pour chaque essai:

- la méthode d'essai utilisée pour déterminer l'ondulation;
- la technique utilisée pour les calculs;
- la description de l'équipement;
- les données d'étalonnage.

9 Informations à mentionner dans la spécification

La spécification particulière doit spécifier les informations suivantes:

- les informations à consigner;
- tout écart par rapport à la procédure qui s'applique;
- les critères de défaillance ou d'acceptation.

Annexe A (normative)

Mesure de l'ondulation de fibre par microscopie latérale

A.1 Principe

Cette procédure mesure le rayon de courbure d'une fibre sans revêtement en déterminant la valeur de la flèche d'une extrémité de fibre non soutenue soumise à une rotation autour de son axe. L'amplitude de la flèche de la fibre et la distance de mesure entre le dispositif de fixation de la fibre et le point de mesure permettent de calculer le rayon de courbure de la fibre à partir d'un modèle circulaire simple, déterminé à l'Article C.1. Les Figures A.1, A.2 et A.3 présentent des schémas de montages d'essai types pour ces techniques.

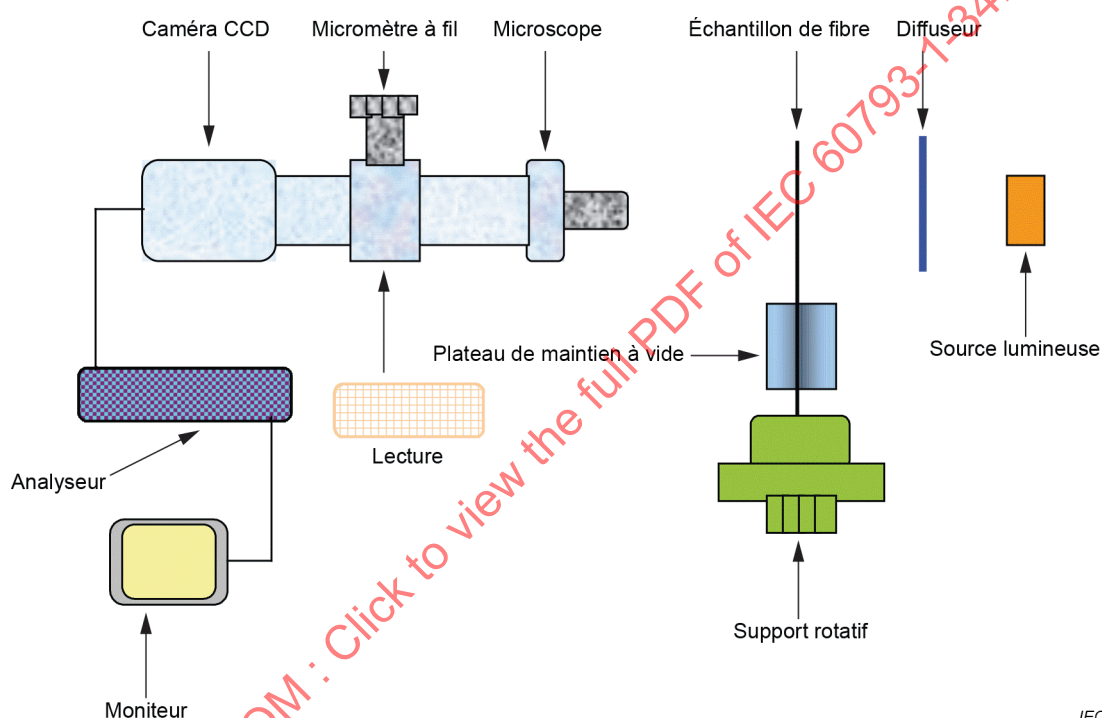


Figure A.1 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre à l'aide d'un microscope optique

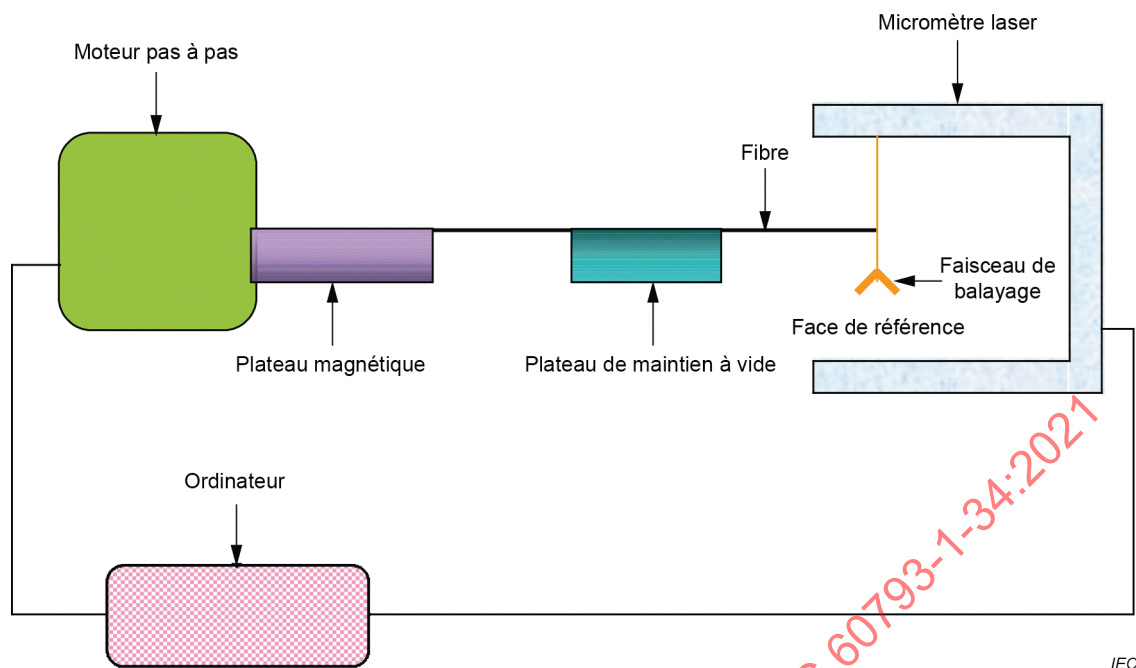


Figure A.2 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre à l'aide d'un micromètre laser

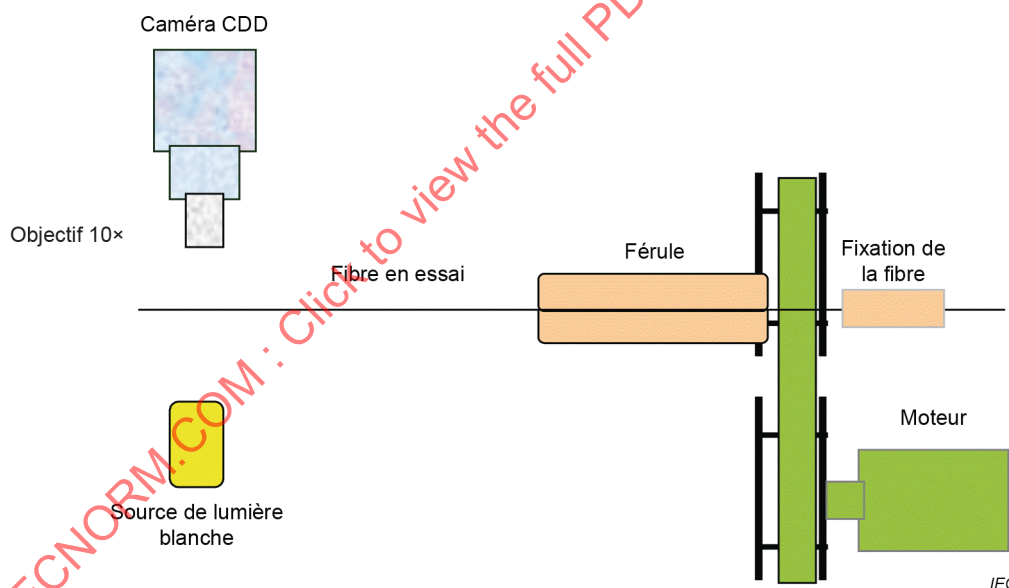


Figure A.3 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre en fixant l'échantillon dans une férule

A.2 Appareillage

A.2.1 Dispositif de mesure de la flèche

Utiliser un dispositif permettant de mesurer la flèche de la fibre soumise à une rotation de 360°. Un tel dispositif peut comprendre un microscope d'observation ou un appareil de mesure optique tel qu'un micromètre laser. Si un microscope d'observation est utilisé, prévoir un moyen permettant de mesurer avec précision la flèche de la fibre, tel qu'un oculaire à fil ou un système d'analyse d'image numérique.

A.2.2 Caméra vidéo et moniteur

Une caméra vidéo et un moniteur peuvent être utilisés pour améliorer le système d'observation avec un fonctionnement manuel ou automatisé.

A.2.3 Système d'analyse d'image numérique (facultatif)

Un analyseur vidéo numérique peut être utilisé pour obtenir une localisation plus précise des flèches qui pourraient être obtenues par un oculaire à fil. Un tel système pourrait comprendre une caméra vidéo analogique ou numérique, un dispositif d'acquisition d'image et un logiciel associé pour la localisation de la position de la fibre à la distance de mesure lorsque la fibre est soumise à une rotation.

A.3 Procédure d'essai

A.3.1 Généralités

Deux techniques sont utilisées pour obtenir la flèche, δ_f . La première est une technique des extrêmes limitée par la précision avec laquelle les valeurs extrêmes des flèches peuvent être déterminées. La seconde est une méthode d'ajustement de Fourier.

A.3.2 Procédure pour la technique des extrêmes

Appliquer un mouvement de rotation au spécimen jusqu'à ce que la flèche soit à son maximum et enregistrer la valeur de la flèche $D_{\max}$. Appliquer un mouvement de rotation au spécimen jusqu'à ce que la flèche soit à son minimum, généralement 180° à partir de la position angulaire du maximum et enregistrer la valeur de la flèche $D_{\min}$.

A.3.3 Procédure pour la technique d'ajustement de Fourier

Enregistrer la valeur de la flèche du spécimen à sa position initiale D_1 et à sa position angulaire, θ_1 . Appliquer une rotation de 360° au spécimen (ne pas dupliquer la position initiale dans les données comme la dernière position angulaire), en marquant des arrêts à incréments angulaires réguliers et enregistrer les valeurs de la flèche à chaque incrément, $D_2 \dots n$, ainsi que ses positions angulaires, $\theta_2 \dots n$. Les incréments angulaires généralement utilisés sont compris entre 10° et 45° .

A.4 Calculs

A.4.1 Calcul pour la technique des extrêmes

La flèche de la fibre δ_f est calculée par la formule (A.1):

$$\delta_f = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2} \quad (\text{A.1})$$

où

$D_{\max}$ et $D_{\min}$ sont les valeurs de flèche maximale et minimale, exprimées généralement en micromètres.

A.4.2 Calcul pour la technique d'ajustement de Fourier

Calculer les coefficients de Fourier du premier ordre:

$$I_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n D_i \times \sin \theta_i \quad (\text{A.2})$$

$$R_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n D_i \times \cos \theta_i \quad (\text{A.3})$$

Calculer δ_f comme étant l'amplitude de la composante de Fourier du premier ordre:

$$\delta_f = \sqrt{R_1^2 + I_1^2} \quad (\text{A.4})$$

L'ajustement des moindres carrés de l'ensemble des θ_i et D_i peut être utilisé en variante. La technique de Fourier décrite au A.4.2 et l'ajustement des moindres carrés de l'amplitude et de la phase sont numériquement équivalents.

A.4.3 Calcul de l'ondulation de la fibre

L'ondulation de la fibre, r_c , est calculée comme suit:

$$r_c = \frac{Z_m^2 + \delta_f^2}{2\delta_f} \quad (\text{A.5})$$

où

Z_m est la distance de mesure.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-34:2021