

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-34

Deuxième édition
Second edition
2006-03

Fibres optiques –

Partie 1-34:

**Méthodes de mesure et procédures d'essai –
Ondulation de la fibre**

Optical fibres –

Part 1-34:

**Measurement methods and test procedures –
Fibre curl**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60793-1-34:2006

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-34

Deuxième édition
Second edition
2006-03

Fibres optiques –

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

Optical fibres –

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

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Appareillage	8
3.1 Principe	8
3.2 Dispositif de fixation de la fibre	10
3.3 Dispositif de rotation de la fibre	10
3.4 Dispositif de mesure de la flèche	10
3.5 Calculateur (facultatif)	10
4 Préparation de l'échantillon	10
5 Procédure	10
5.1 Montage de la fibre	10
5.2 Rotation	10
5.3 Calculs	10
6 Résultats	12
7 Informations de la spécification	12
Annexe A (normative) Ondulation de fibre par microscopie latérale	14
Annexe B (informative) Mesure d'ondulation de fibre par diffusion de rayons laser	22
Annexe C (informative) Dérivation du modèle circulaire d'ondulation de fibre	26
Figure A.1 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre à l'aide d'un microscope optique	18
Figure A.2 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre à l'aide d'un micromètre laser	18
Figure A.3 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre avec arrimage de l'échantillon dans une ferrule	20
Figure B.1 – Schéma de mesure d'ondulation optique par diffusion de rayons laser	24
Figure C.1 – Disposition géométrique de la mesure de l'ondulation de fibre par microscopie latérale	26
Figure C.2 – Disposition géométrique de la mesure de l'ondulation de fibre par diffusion laser	28

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Apparatus	9
3.1 Principle	9
3.2 Fibre holding fixture	11
3.3 Fibre rotator	11
3.4 Deflection measurement device	11
3.5 Computer (optional)	11
4 Sample preparation	11
5 Procedure	11
5.1 Mounting of the fibre	11
5.2 Rotation	11
5.3 Calculation	11
6 Results	13
7 Specification information	13
Annex A (normative) Fibre curl by side view microscopy	15
Annex B (informative) Fibre curl by laser beam scattering	23
Annex C (informative) Derivation of the circular fiber curl model	27
Figure A.1 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl using an optical microscope	19
Figure A.2 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl using a laser micrometer	19
Figure A.3 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl while securing the sample in a ferrule	21
Figure B.1 – Schematic diagram of optical curl by laser beam scattering	25
Figure C.1– Geometrical layout of side view microscopy fibre curl measurement	27
Figure C.2 – Geometrical layout of laser scattering fibre curl measurement	29

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 (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

Cette deuxième édition remplace et annule la première édition publiée en 2001. Elle constitue une révision technique qui donne plus de détails sur l'exécution de l'essai décrit.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/1049/FDIS	86A/1056/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

**Part 1-34: 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2001. It constitutes a technical revision providing more details for performing the described test.

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

FDIS	Report on voting
86A/1049/FDIS	86A/1056/RVD

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

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

La série CEI 60793 comprend les parties suivantes présentées sous le titre général *Fibres optiques*:

Partie 1-1:	Méthodes de mesure et procédures d'essai – Généralités et guide
Parties 1-20 à 1-29:	Méthodes de mesure et procédures d'essai pour les dimensions
Parties 1-30 à 1-39:	Méthodes de mesure et procédures d'essai pour les caractéristiques mécaniques:
	Partie 1-30: Essais de sélection
	Partie 1-31: Résistance à la traction
	Partie 1-32: Dénudabilité du revêtement
	Partie 1-33: Résistance à la corrosion sous contrainte
	Partie 1-34: Ondulation
Parties 1-40 à 1-49:	Méthodes de mesure et procédures d'essai pour la transmission et les caractéristiques optiques
Parties 1-50 à 1-59:	Méthodes de mesure et procédures d'essai pour les caractéristiques d'environnement
Partie 2:	Spécifications de produits – Généralités
Parties 2-10 à 2-50:	Spécifications de produits – Spécifications intermédiaires.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

IEC 60793 series consists of the following parts, under the general title *Optical fibres*:

- Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance
- Parts 1-20 to 1-29: Measurement methods and test procedures for dimensions
- Parts 1-30 to 1-39: Measurement methods and test procedures for mechanical characteristics
- Part 1-30: Fibre proof test
- Part 1-31: Tensile strength
- Part 1-32: Coating strippability
- Part 1-33: Stress corrosion susceptibility
- Part 1-34: Fibre curl.
- Parts 1-40 to 1-49: Measurement methods and test procedures for transmission and optical characteristics
- Parts 1-50 to 1-59: Measurement methods and test procedures for environmental characteristics.
- Part 2: Product specifications – General
- Parts 2-10 to 2-50: Product specifications – Sectional specifications.

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

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

FIBRES OPTIQUES –

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

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60793 établit des exigences uniformes pour la caractéristique mécanique: ondulation de fibre ou courbure latente des fibres optiques non revêtues. L'ondulation de fibre a été définie comme étant un paramètre important de réduction des pertes par épissurage 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 non revêtues:

méthode A: par microscopie latérale

méthode B: par diffusion de rayons laser.

Les deux méthodes mesurent le rayon de courbure d'une fibre non revêtue en déterminant la valeur de flèche d'une extrémité non soutenue de fibre soumise à une rotation autour de son axe. La méthode A utilise les méthodes vidéo visuelles ou 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 flèche de la fibre tandis qu'elle est soumise à une rotation autour de son axe et d'après la géométrie du dispositif de mesure, on peut calculer le rayon de courbure de la fibre à partir de modèles circulaires simples, dont la déduction est donnée à l'Annexe C.

Ces deux méthodes sont applicables aux fibres optiques des types A1, A2, A3 et B telles que décrites dans la série de spécifications CEI 60793.

La méthode A est la méthode d'essai de référence, utilisée pour résoudre les litiges.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

3 Appareillage

3.1 Principe

Une extrémité de fibre non revêtue est montée dans un dispositif de fixation pouvant tourner de façon que l'extrémité sorte librement dans l'espace, la longueur du débord étant en fonction du dispositif de mesure. La distance de débord est généralement comprise entre 10 mm et 20 mm. Si le dispositif de mesure est conçu avec des distances de débord plus grandes que celle-ci, il faut veiller à éviter une dégradation excessive en raison des effets de vibrations et de gravité. La fibre est soumise à une rotation et les écarts de position du point de débord par rapport à une position de référence sont mesurés pour obtenir le rayon de courbure de la fibre, r_c

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. 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 types A1, A2, A3 and B optical fibres as described in the IEC 60793 series.

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

2 Normative references

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

IEC 60793 (all parts), *Optical fibres*

3 Apparatus

3.1 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 typically 10 mm to 20 mm. If the measurement device is designed with overhang distances greater than this, care must 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 overhang point relative to a reference position are measured to obtain the fibre's radius of curvature, r_c .

Des précisions ayant trait aux deux méthodes sont fournies dans l'annexe correspondante A ou B. Les exigences communes d'appareillage sont données ci-dessous.

3.2 Dispositif de fixation de la fibre

Utiliser un dispositif de fixation pour maintenir la fibre sur un même axe en position d'attente et lui permettre d'effectuer une rotation de 360°. Le dispositif de fixation peut être un support à rainure en V, tel qu'un mandrin à succion, ou une ferrule pour fibre. Avec une ferrule, veiller à ce que le diamètre intérieur de la ferrule soit calibré au plus près du diamètre de la fibre pour réduire la variabilité dans les mesures de la flèche

3.3 Dispositif de rotation de la fibre

Utiliser un dispositif de fixation et de rotation de 360°. Le dispositif peut être activé manuellement ou par un dispositif tournant tel qu'un moteur pas à pas.

3.4 Dispositif de mesure de la flèche

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

3.5 Calculateur (facultatif)

Un calculateur peut être utilisé pour contrôler le processus, collecter les données et effectuer les calculs.

4 Préparation de l'échantillon

Utiliser une fibre non câblée de longueur suffisante pour être montée sur l'appareil de mesure. La fibre doit être suffisamment dénudée à l'une des extrémités pour présenter un débord suffisant une fois montée dans le dispositif de fixation. Il convient de ne pas trop dépasser la distance de débord exigée du dispositif de mesure, sachant que des longueurs excessives peuvent provoquer une dégradation comme l'indique l'Article 3.

5 Procédure

Des précisions relatives à chaque méthode sont données dans les Annexes A et B. Les procédures communes sont décrites ci-dessous.

5.1 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 débord ou au-delà. Les distances de débord typiques sont comprises entre 10 mm et 20 mm. Attacher l'autre extrémité de la fibre au dispositif rotatif. Si la distance de débord est excessive, ou si la fibre dénudée est beaucoup plus longue que la distance de débord exigée, alors la mesure peut être dégradée.

5.2 Rotation

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

5.3 Calculs

Faire le calcul détaillé de l'ondulation de fibre, r_c , à l'aide de l'Annexe A ou de 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 unité de mètres.

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

3.2 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.

3.3 Fibre rotator

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

3.4 Deflection measurement device

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

3.5 Computer (optional)

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

4 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 overhang distance since excessive lengths can cause degradation as discussed in Clause 3.

5 Procedure

Details for each method are given in Annexes A and B. Common procedures are described below.

5.1 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 overhang distance. Typical overhang distances range between 10 mm and 20 mm. Attach the other end of the fibre to the fibre rotator. If the overhang distance is excessive, or the stripped fibre is substantially longer than the required overhang distance, then the measurement may be degraded.

5.2 Rotation

Follow the procedure of Annex A or Annex B.

5.3 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.

6 Résultats

6.1 Il convient de consigner les informations suivantes à chaque essai:

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

6.2 Il convient que les informations suivantes soient disponibles à chaque essai:

- méthode d'essai utilisée pour déterminer l'ondulation;
- description de l'équipement utilisé;
- données d'étalonnage.

7 Informations de la spécification

La spécification particulière doit spécifier les informations suivantes:

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

6 Results

6.1 The following information should be reported for each test:

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

6.2 The following information should be available for each test:

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

7 Specification information

The detail specification shall specify the following:

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

Annexe A (normative)

Ondulation de fibre par microscopie latérale

A.1 Principe

Cette procédure mesure le rayon de courbure d'une fibre non revêtue en déterminant la valeur de flèche d'une extrémité non soutenue de fibre soumise à une rotation autour de son axe. L'amplitude de flèche de la fibre et la distance de débord 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, dont la description est donnée à l'Article C.1. Les Figures A.1, A.2 et A.3 présentent les schémas de montages d'essai typiques pour ces techniques.

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. Avec un microscope d'observation, utiliser un moyen permettant de mesurer avec précision la flèche de la fibre, tel qu'un micromètre oculaire filaire ou un système d'analyse de l'image numérique.

A.2.2 Caméra vidéo et moniteur

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

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

Un analyseur vidéo numérique peut être utilisé pour obtenir une localisation plus précise des flèches par rapport à celle obtenue par un micromètre oculaire filaire. Un tel système peut comprendre une caméra vidéo analogique ou numérique, un capteur de page-écran et un logiciel associé pour la localisation de la position de fibre à la distance de débord lorsque la fibre est soumise à une rotation.

A.3 Procédure d'essai

A.3.1 Général

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

A.3.2 Procédure pour la technique des extrêmes

Appliquer un mouvement de rotation à l'éprouvette jusqu'à ce que la flèche soit à son maximum et enregistrer la valeur de la flèche $D_{\max}$. Appliquer un mouvement de rotation à l'éprouvette 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, $D_{\min}$.

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 overhang 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 Figures A.1, A.2 and A.3.

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 micrometer. 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 overhang 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.3.3 Procédure pour la technique d'ajustement de Fourier

Enregistrer la valeur de la flèche de l'éprouvette en position initiale D_1 et en position angulaire, θ_1 . Tourner l'éprouvette de 360° (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 flèche à chaque incrément, $D_{2...n}$, ainsi que ses positions angulaires, $\theta_{2...n}$. Les incréments angulaires généralement utilisés sont compris entre 10° et 30° .

A.4 Calculs

A.4.1 Calcul pour la technique des extrêmes

La flèche de la fibre δ_f est calculée par l'équation:

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

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:

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

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

Calculer δ_f comme étant l'amplitude 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 de θ_i et D_i peut être utilisé en variante. La technique de Fourier décrite ci-dessus 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 débord.

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 30° are typically used.

A.4 Calculations

A.4.1 Extrema technique calculation

The fibre deflection δ_f is calculated by:

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

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:

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

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

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 above 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 overhang distance.

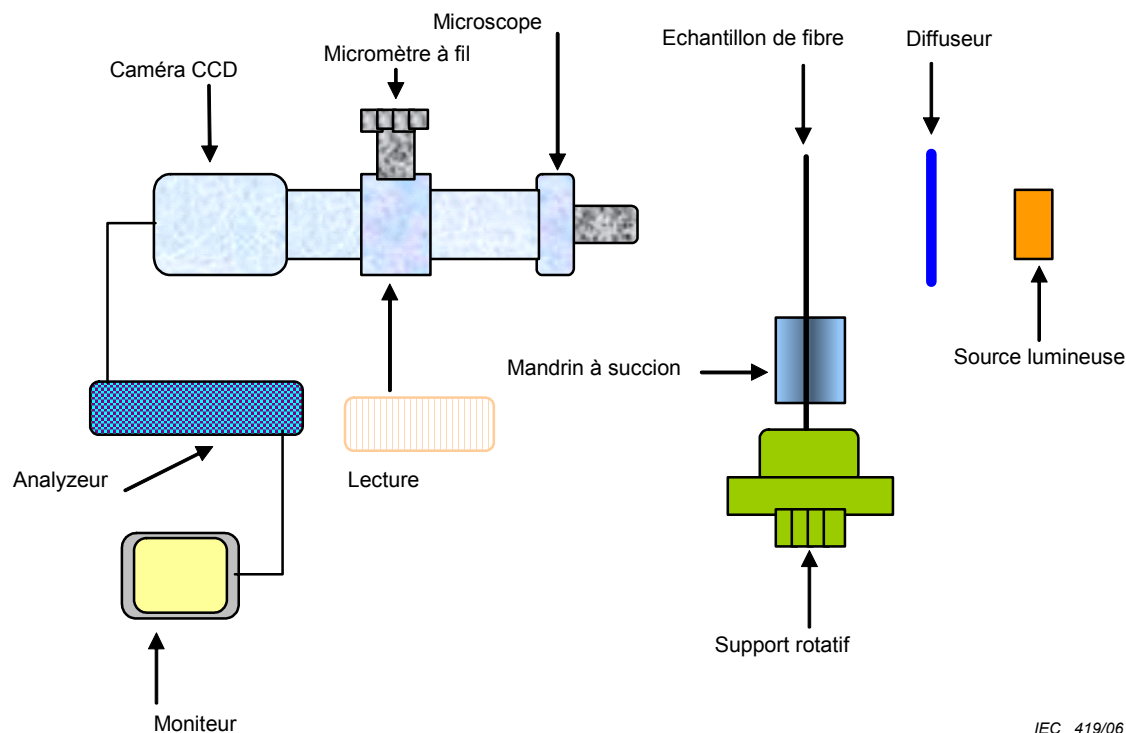


Figure A.1 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre à l'aide d'un microscope optique

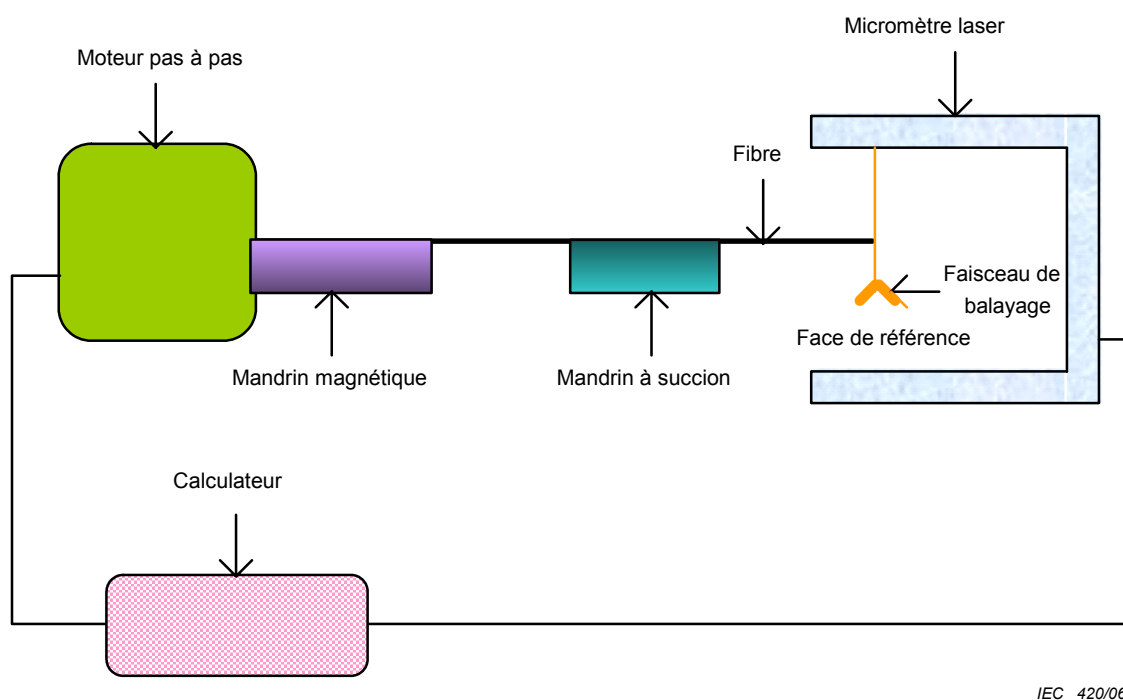


Figure A.2 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre à l'aide d'un micromètre laser

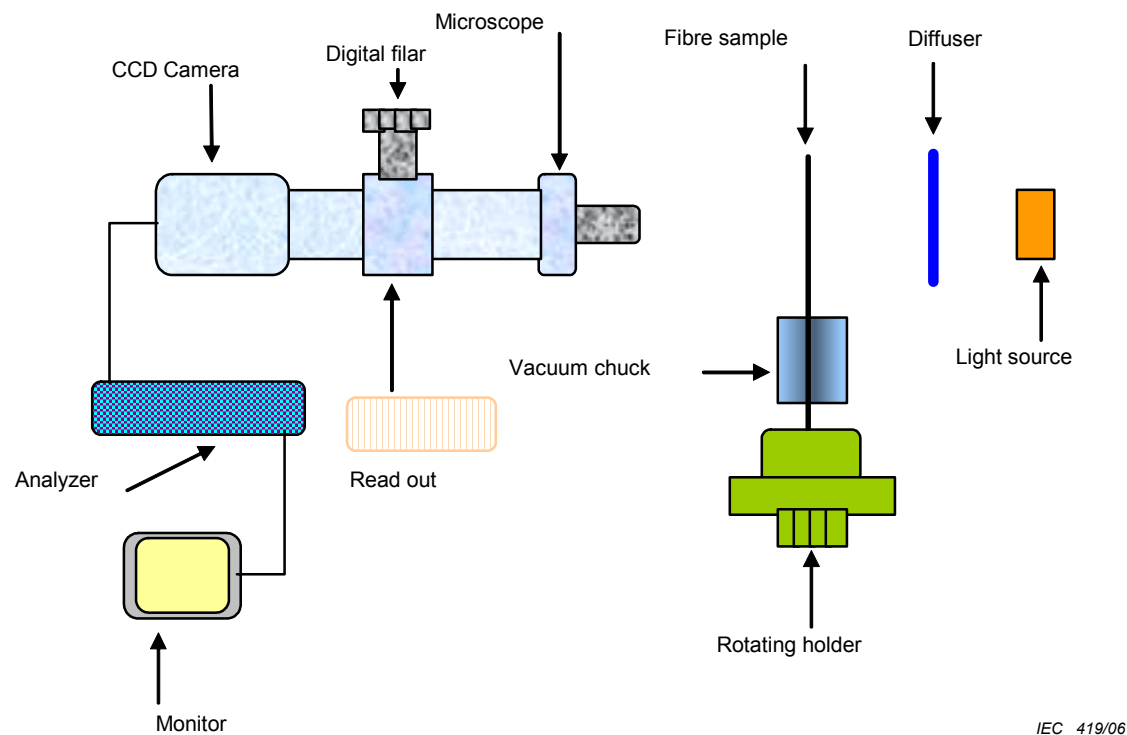


Figure A.1 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl using an optical microscope

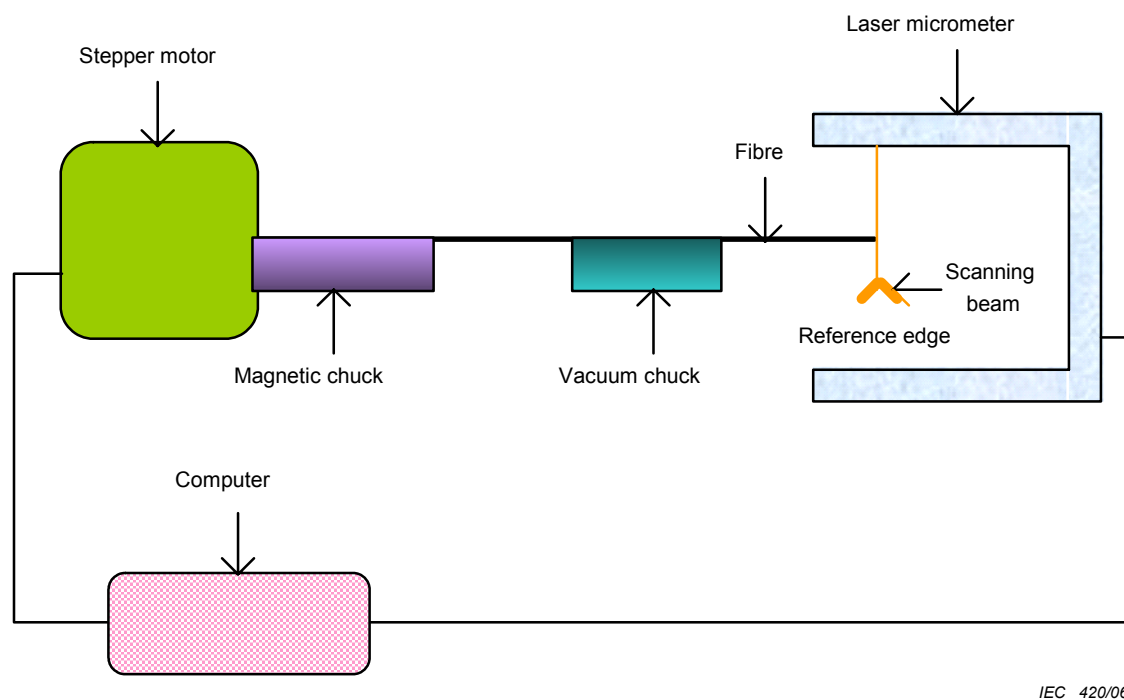


Figure A.2 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl using a laser micrometer

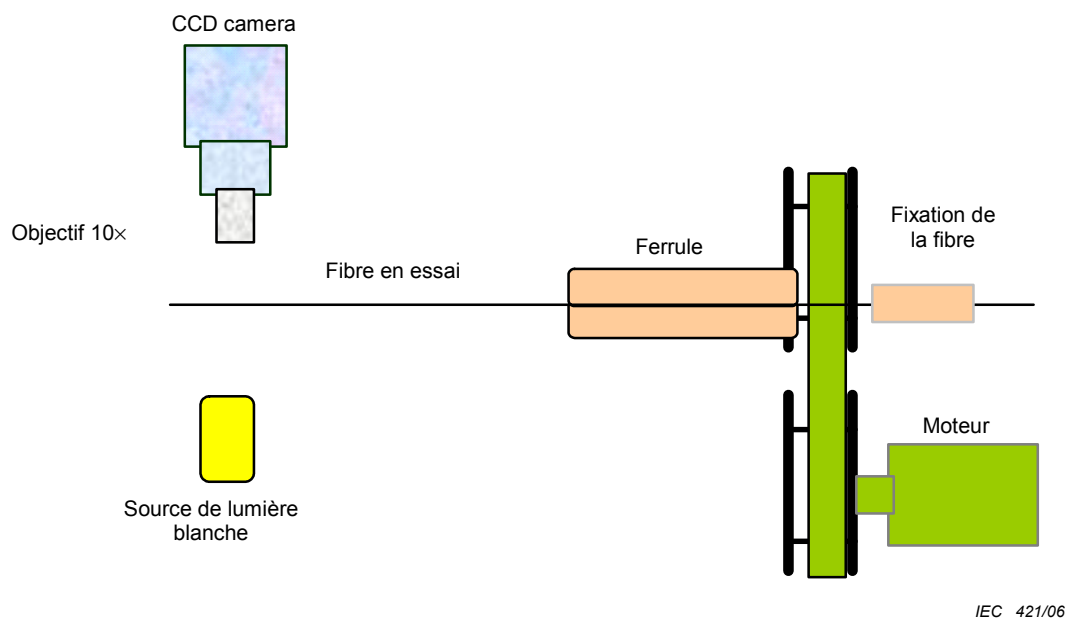


Figure A.3 – Schéma d'appareillage pour mesurer l'ondulation de la fibre avec arrimage de l'échantillon dans une ferrule

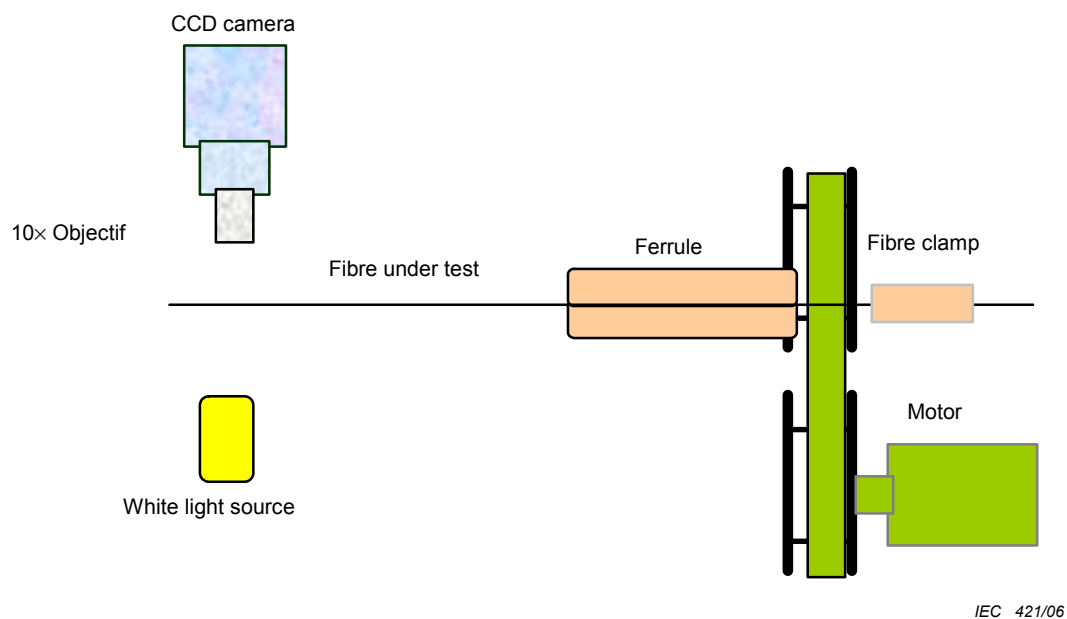


Figure A.3 – Schematic diagram for apparatus to measure fibre curl while securing the sample in a ferrule

Annexe B (informative)

Mesure d'ondulation de fibre par diffusion de rayons laser

B.1 Principe

Cette méthode mesure de la courbure latente (ondulation) d'une fibre optique par diffusion de rayons laser.

Cette procédure mesure le rayon de courbure d'une fibre non revêtue en déterminant la valeur de flèche d'une extrémité non soutenue de fibre soumise à une rotation autour de l'axe de la fibre. La mesure de la flèche différentielle de deux faisceaux séparés par une distance connue et la géométrie du dispositif de mesure permettent de calculer le rayon de courbure de la fibre à partir d'un modèle circulaire simple, dont la description est donnée à l'Article C.2. Un schéma est représenté à la Figure B.1.

B.2 Appareillage

B.2.1 Source lumineuse

Les faisceaux divisés d'un laser hélium – néon sont utilisés comme source lumineuse.

B.2.2 Détecteur

Un capteur d'images tel qu'un capteur de lignes CCD est utilisé comme détecteur.

B.3 Procédure d'essai

B.3.1 Généralités

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

B.3.2 Procédure pour la technique des extrêmes

Appliquer un mouvement de rotation à l'éprouvette jusqu'à ce que la flèche soit à son maximum et enregistrer la valeur de la flèche $\Delta S_{\max}$.

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

Enregistrer la valeur de la flèche de l'éprouvette en position initiale ΔS_1 et en position angulaire, θ_1 . Tourner l'éprouvette de 360° (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 flèche à chaque incrément, $\Delta S_{2...n}$, ainsi que ses positions angulaires, $^\circ_{2...n}$. Les incréments angulaires généralement utilisés sont compris entre 10° et 30° .

Annex B (informative)

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 30° are typically used.

B.4 Calculs

B.4.1 Calcul pour la technique des extrêmes

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

où ΔZ est la distance de séparation entre deux faisceaux laser.

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

Calculer les coefficients de Fourier du premier ordre:

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

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

Calculer ΔS comme étant l'amplitude de Fourier du premier ordre:

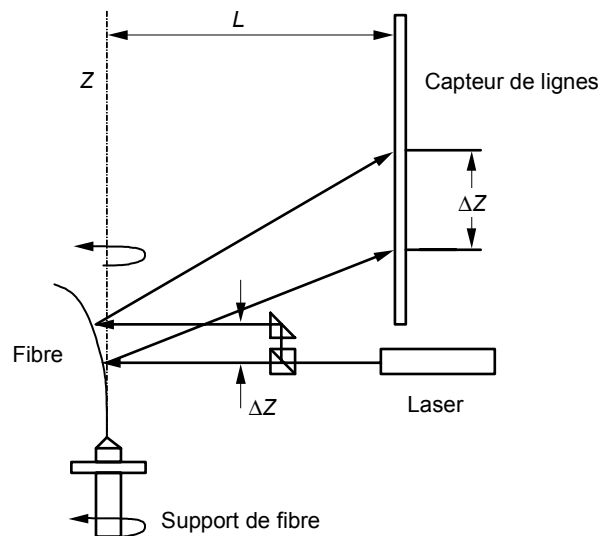
$$S_A = \sqrt{R_1^2 + I_1^2} \quad (\text{B.4})$$

L'ajustement des moindres carrés de l'ensemble de θ_i et $(\Delta S_i - \Delta Z)$ peut être utilisé en variante. La technique de Fourier décrite ci-dessus et l'ajustement des moindres carrés de l'amplitude et de la phase sont numériquement équivalents.

B.4.3 Calcul de l'ondulation de la fibre

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

où L est la distance entre la fibre et le capteur de lignes et ΔZ est la distance de séparation des faisceaux laser.



IEC 422/06

Figure B.1 – Schéma de mesure d'ondulation optique par diffusion de rayons laser

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:

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

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

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

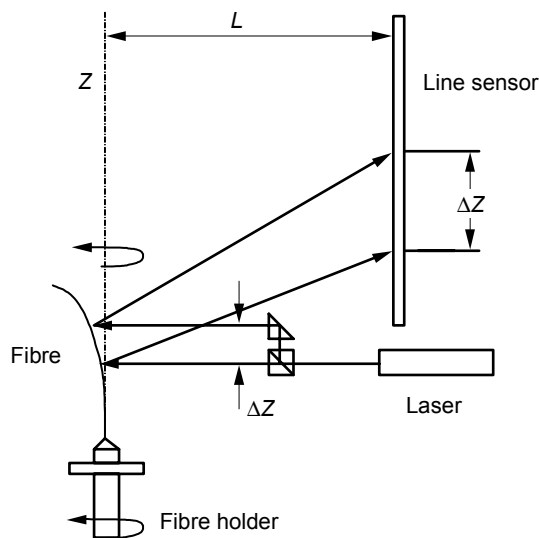
$$S_A = \sqrt{R_1^2 + I_1^2} \quad (\text{B.4})$$

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 and ΔZ is the laser beam separation distance.



IEC 422/06

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

Annexe C (informative)

Dérivation du modèle circulaire d'ondulation de fibre

C.1 Dérivation des équations pour la microscopie latérale

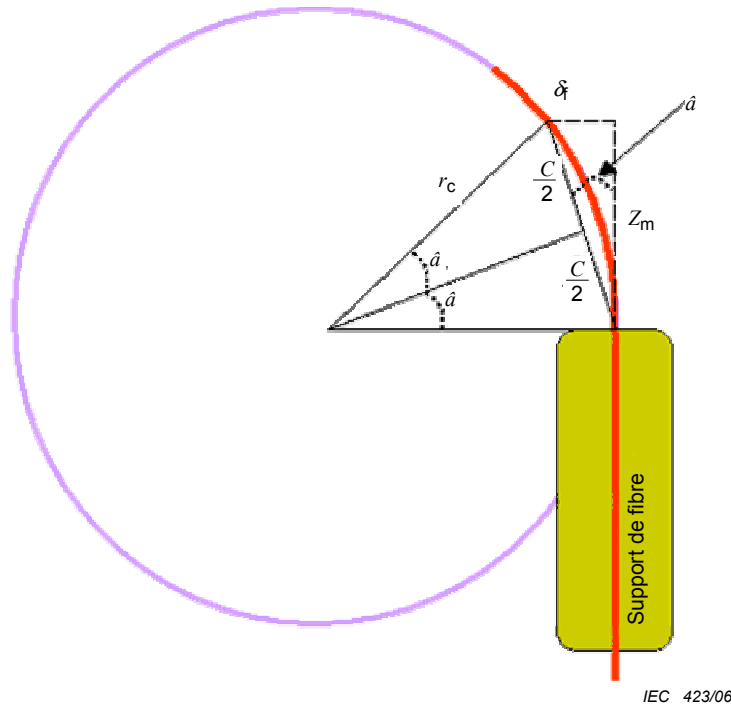


Figure C.1 – Disposition géométrique de la mesure de l'ondulation de fibre par microscopie latérale

On a les définitions suivantes:

Z_m est la distance de débord;

δ_f est la flèche de la fibre par rapport à l'axe du support de fibre mesuré à Z_m ;

C est l'hypoténuse du triangle rectangle formé par Z_m , δ_f , et C .

En conséquence:

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

Tracer un triangle isocèle de base C et de côtés r_c à partir du centre du cercle. Tracer la bissectrice du triangle isocèle à partir de la base C pour former deux triangles rectangles. L'angle $\hat{a}$ des triangles rectangles ainsi formés est égal à l'angle $\hat{a}$ du triangle rectangle formé par Z_m , δ_f et C .

En conséquence:

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

Annex C (informative)

Derivation of the circular fiber curl model

C.1 Derivation of equations for side view microscopy

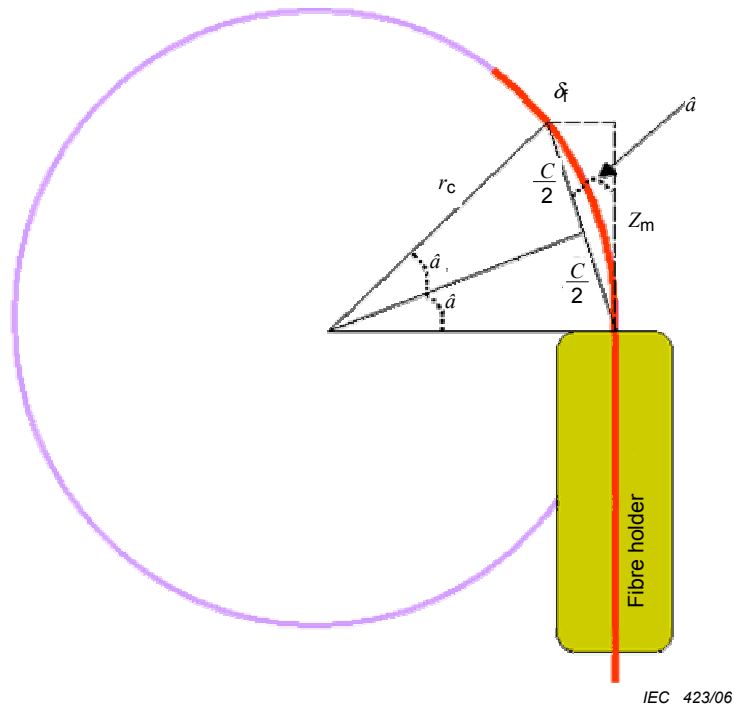


Figure C.1– Geometrical layout of side view microscopy fibre curl measurement

We define the following:

Z_m is the overhang 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.

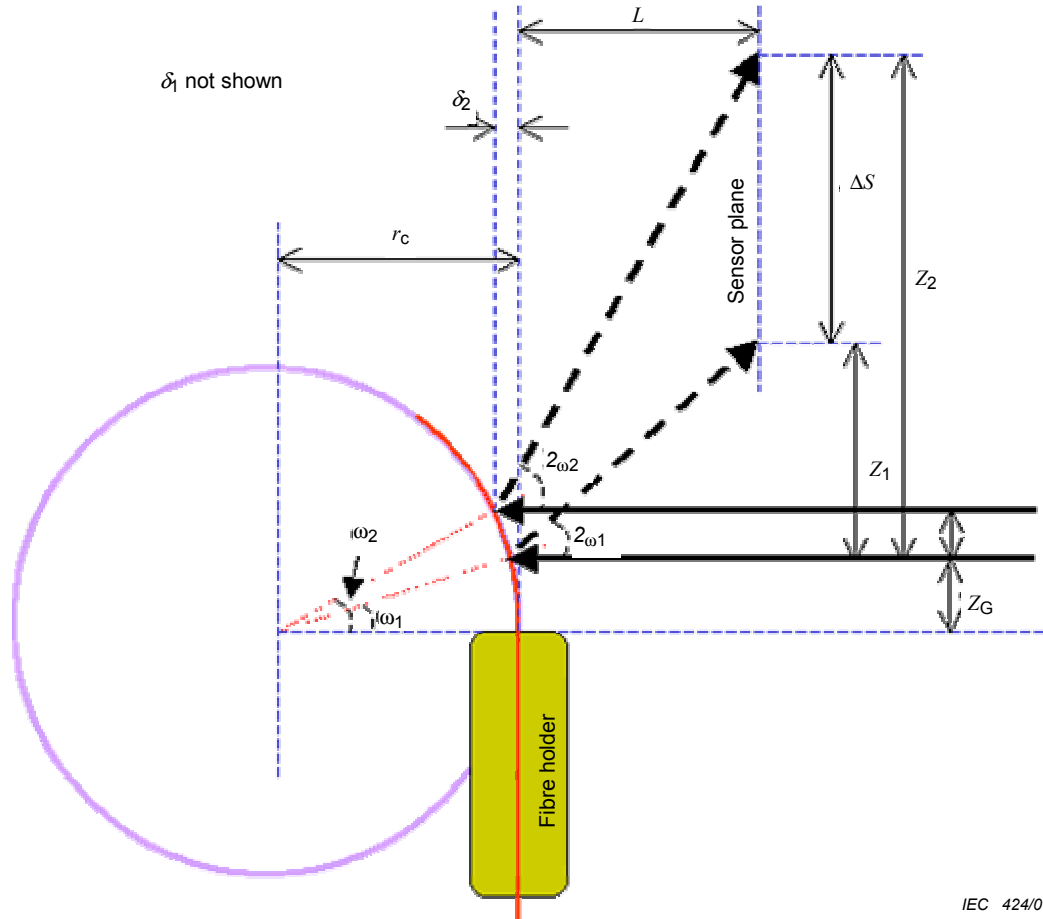
Therefore

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

Substituting (C.1) into (C.2) gives:

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

C.2 Derivation of Equations for the Laser Scattering Method



IEC 424/06

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

We define the following:

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.

Note that

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

$$Z_1 = [L + \Delta Z \tan \frac{\omega_1}{2}] \tan 2\omega_1 \quad (C.5)$$

$$Z_2 = [L + (\Delta Z + Z_G) \tan \frac{\omega_2}{2}] \tan 2\omega_2 + \Delta Z \quad (C.6)$$

Les petites corrections apportées au paramètre L en C.5 et C.6 ci-dessus sont dues au fait que lorsque la fibre ondulée est soumise à une rotation à son point de flèche maximale, les faisceaux laser heurtent la fibre à une distance qui dépend de r_c , Z_G et ΔZ . Ces termes sont de l'ordre de $\Delta Z^2/r_c$, qui pour les systèmes pratiques sont très petits, et peuvent être habituellement ignorés.

Les coordonnées z de chaque faisceau par rapport au point de contrainte de la fibre sont les suivantes

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

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

L'angle ω_1 peut être exprimé de deux façons différentes:

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

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

De même, l'angle ω_2 peut être exprimé de deux façons différentes:

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

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

Il est commode de mesurer la différence entre les flèches de deux faisceaux, ΔS , qui sera invariante avec l'angle d'entrée de la fibre. Lorsque le rayon d'ondulation de la fibre est beaucoup plus grand que les paramètres géométriques L , Z_G et ΔZ du dispositif de mesure, on peut utiliser avec succès des approximations aux petits angles pour obtenir les résultats de la différence.

Si l'on prend pour hypothèse ω_1 et ω_2 (une bonne hypothèse pour des fibres et des mises en application pratiques)

$$\sin \omega \approx \omega$$

$$\tan \frac{\omega}{2} \approx \frac{\omega}{2}$$

$$\tan 2\omega \approx 2\omega$$

alors on peut reformuler les équations C.4 comme suit:

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

The small corrections to the parameter L in C.5 and C.6 above 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:

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

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

Likewise, the angle ω_2 can be expressed 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)

$$\sin \omega \approx \omega$$

$$\tan \frac{\omega}{2} \approx \frac{\omega}{2}$$

$$\tan 2\omega \approx 2\omega$$

then we can rewrite equations C.4 as:

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

et au moyen de C.9 et de C.11 (et l'approximation aux petits angles) on obtient

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

En examinant l'équation C.14 on peut remarquer deux termes cubiques. Si l'on considère un système pratique avec une fibre très ondulée ($r_c = 1$ m) et soient ΔZ et Z_G représentant 0,01 m (1 cm) alors on peut remarquer que ces termes cubiques deviennent très petits comparés aux deux premiers termes. On peut alors formuler

$$\Delta S = \frac{2L\Delta Z}{r_c} + \Delta Z \quad (C.15)$$

et enfin

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

Pour les fibres pratiques et les contraintes du dispositif de mesure, toutes les approximations ci-dessus ne contribueront pas à des erreurs supérieures aux centièmes du pourcent. Pour les fibres avec rayons d'ondulation supérieurs 5 m, ces erreurs deviennent d'autant plus réduites.

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

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

Inspecting equation 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

$$\Delta S = \frac{2L\Delta Z}{r_c} + \Delta Z \quad (\text{C.15})$$

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.



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembe

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembe

1211 GENEVA 20

Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent ☐
 librarian ☐
 researcher ☐
 design engineer ☐
 safety engineer ☐
 testing engineer ☐
 marketing specialist ☐
 other.....

Q3 I work for/in/as a:
(tick all that apply)

- manufacturing ☐
 consultant ☐
 government ☐
 test/certification facility ☐
 public utility ☐
 education ☐
 military ☐
 other.....

Q4 This standard will be used for:
(tick all that apply)

- general reference ☐
 product research ☐
 product design/development ☐
 specifications ☐
 tenders ☐
 quality assessment ☐
 certification ☐
 technical documentation ☐
 thesis ☐
 manufacturing ☐
 other.....

Q5 This standard meets my needs:
(tick one)

- not at all ☐
 nearly ☐
 fairly well ☐
 exactly ☐

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date ☐
 standard is incomplete ☐
 standard is too academic ☐
 standard is too superficial ☐
 title is misleading ☐
 I made the wrong choice ☐
 other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
 (2) below average,
 (3) average,
 (4) above average,
 (5) exceptional,
 (6) not applicable

- timeliness.....
 quality of writing.....
 technical contents.....
 logic of arrangement of contents
 tables, charts, graphs, figures.....
 other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only ☐
 English text only ☐
 both English and French texts ☐

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse



Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:
 (ex. 60601-1-1)

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
 (cochez tout ce qui convient)
 Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat ☐
- bibliothécaire ☐
- chercheur ☐
- ingénieur concepteur ☐
- ingénieur sécurité ☐
- ingénieur d'essais ☐
- spécialiste en marketing ☐
- autre(s).....

Q3 Je travaille:
 (cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie ☐
- comme consultant ☐
- pour un gouvernement ☐
- pour un organisme d'essais/ certification ☐
- dans un service public ☐
- dans l'enseignement ☐
- comme militaire ☐
- autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
 (cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence ☐
- une recherche de produit ☐
- une étude/développement de produit ☐
- des spécifications ☐
- des soumissions ☐
- une évaluation de la qualité ☐
- une certification ☐
- une documentation technique ☐
- une thèse ☐
- la fabrication ☐
- autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
 (une seule réponse)

- pas du tout ☐
- à peu près ☐
- assez bien ☐
- parfaitement ☐

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
 (cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée ☐
- la norme est incomplète ☐
- la norme est trop théorique ☐
- la norme est trop superficielle ☐
- le titre est équivoque ☐
- je n'ai pas fait le bon choix ☐
- autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
 (1) inacceptable,
 (2) au-dessous de la moyenne,
 (3) moyen,
 (4) au-dessus de la moyenne,
 (5) exceptionnel,
 (6) sans objet

- publication en temps opportun
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique
- disposition logique du contenu
- tableaux, diagrammes, graphiques, figures
- autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français ☐
- uniquement le texte anglais ☐
- les textes anglais et français ☐

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ISBN 2-8318-8567-1



ICS 33.180.10
