

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-2

Edition 1.2

2001-08

Edition 1:1995 consolidée par les amendements 1:1996 et 2:2000
Edition 1:1995 consolidated with amendments 1:1996 and 2:2000

Fibres optiques –

Partie 1-2:

**Spécification générique –
Méthodes de mesure des dimensions**

Optical fibres –

Part 1-2:

**Generic specification –
Measuring methods for dimensions**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60793-1-2:1995+A1:1996+A2:2000

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/catlg-f.htm) 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/JP.htm) 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/catlg-e.htm) 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/JP.htm) 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**

60793-1-2

Edition 1.2

2001-08

Edition 1:1995 consolidée par les amendements 1:1996 et 2:2000
Edition 1:1995 consolidated with amendments 1:1996 and 2:2000

Fibres optiques –

Partie 1-2:

**Spécification générique –
Méthodes de mesure des dimensions**

Optical fibres –

Part 1-2:

**Generic specification –
Measuring methods for dimensions**

© IEC 2001 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Domaine d'application et objet	10
2 Référence normative	10
3 Essais relatifs aux dimensions	10
4 Surface de référence	12
5 Erreur de concentricité	12
6 Tolérances	12
7 Définitions opérationnelles	14
7.1 Définition du diamètre du cœur d'une fibre optique multimodale	14
8 Méthode CEI 60793-1-A1 – Profil d'indice de réfraction	14
8.1 Méthode CEI 60793-1-A1A – Profil d'indice de réfraction – Méthode du champ proche réfracté	14
8.2 Méthode CEI 60793-1-A1B – Profil d'indice de réfraction – Méthode d'interférométrie transversale	22
9 Méthode CEI 60793-1-A2 – Répartition de la lumière en champ proche	32
9.1 Objet	32
9.2 Paramètres géométriques	32
9.3 Appareillage	32
9.4 Echantillon en essai	36
9.5 Procédure	36
9.6 Résultats	42
10 Méthode CEI 60793-1-A3 – Répartition latérale de la lumière pour le revêtement primaire	44
10.1 Objet	44
10.2 Préparation de l'échantillon	44
10.3 Appareillage	46
10.4 Procédure	48
11 Méthode CEI 60793-1-A4 – Mesure mécanique du diamètre	52
11.1 Objet	52
11.2 Domaine d'application	52
11.3 Appareillage d'essai	52
12 Méthode CEI 60793-1-A5 – Mesure mécanique de la longueur	56
13 Méthode CEI 60793-1-A6 – Mesure de la longueur par mesure du retard de l'impulsion transmise et/ou de l'impulsion réfléchie	56
13.1 Objet	56
13.2 Principe	56
13.3 Echantillon	58
13.4 Appareillage	58
13.5 Procédure	58
13.6 Résultats	60
13.7 Documentation	60

CONTENTS

FOREWORD	7
1 Scope and object	11
2 Normative reference	11
3 Dimensional tests	11
4 Reference surface	13
5 Concentricity error	13
6 Tolerances	13
7 Operational definitions	15
7.1 Definition of multimode fibre diameter	15
8 Method IEC 60793-1-A1 – Refractive index profile	15
8.1 Method IEC 60793-1-A1A – Refractive index profile – Refracted near-field method	15
8.2 Method IEC 60793-1-A1B – Refractive index profile, transverse interference method	23
9 Method IEC 60793-1-A2 – Near-field light distribution	33
9.1 Object	33
9.2 Geometry parameters	33
9.3 Apparatus	33
9.4 Test sample	37
9.5 Procedure	37
9.6 Results	43
10 Method IEC 60793-1-A3 – Side view light distribution for primary coating	45
10.1 Object	45
10.2 Sample preparation	45
10.3 Apparatus	47
10.4 Procedure	49
11 Method IEC 60793-1-A4 – Mechanical diameter measurement	53
11.1 Object	53
11.2 Scope	53
11.3 Test apparatus	53
12 Method IEC 60793-1-A5 – Mechanical length measurement	57
13 Method IEC 60793-1-A6 – Length measurement by delay measuring of transmitted pulse and/or reflected pulse	57
13.1 Object	57
13.2 Principle	57
13.3 Sample	59
13.4 Apparatus	59
13.5 Procedure	59
13.6 Results	61
13.7 Documentation	61

14	Méthode CEI 60793-1-A7 – Méthode de mesure de l'allongement d'une fibre	66
14.1	Objet	66
14.2	Description	66
14.3	Appareillage	66
14.4	Procédure	70
14.5	Résultats	72
15	Méthode CEI 60793-1-A8 – Mesure de la longueur d'une fibre optique par la méthode du déphasage	72
15.1	Objet	72
15.2	Domaine d'application	72
15.3	Appareillage	74
15.4	Echantillonnage et éprouvettes	78
15.5	Procédure	78
15.6	Calcul et interprétation des résultats	80
15.7	Documentation	82
	Annexe A (informative) Détermination de l'indice de groupe	84
	Figure 1 – Technique du champ proche réfracté – Représentation schématique	18
	Figure 2 – Exemple typique d'un appareillage de mesure du champ proche réfracté	20
	Figure 3 – Appareillage d'essai	28
	Figure 4 – Profil d'indice de réfraction – Diagramme annulaire	30
	Figure 5 – Diamètre du cœur dans une section droite déterminé par balayage d'intensité en champ proche, option 1	42
	Figure 6 – Diamètre du cœur dans une section droite déterminé par balayage d'intensité en champ proche, option 2	44
	Figure 7 – Distribution de l'intensité en champ proche dans la région de la frontière cœur-gaine	44
	Figure 8 – Représentation schématique d'un appareillage d'essai typique	50
	Figure 9 – Appareillage de mesure (vue en plan)	52
	Figure 10 – Vue de dessus du système typique de micromètre électronique	56
	Figure 11 – Mesure de la longueur de fibre par la mesure du temps de propagation d'impulsions optiques	62
	Figure 12 – Principe de la mesure de la longueur de fibre	64
	Figure 13 – Montage d'essai pour la méthode A	68
	Figure 14 – Montage d'essai pour la méthode B	70
	Figure 15 – Appareil de mesure de la longueur de fibre	82
	Tableau 1 – Dimensions des fibres optiques	12

14	Method IEC 60793-1-A7 – Fibre elongation measurement method.....	67
14.1	Object	67
14.2	Description	67
14.3	Apparatus.....	67
14.4	Procedure	71
14.5	Results.....	73
15	Method IEC 60793-1-A8 – Length measurement of an optical fibre by the phase-shift method	73
15.1	Object	73
15.2	Scope.....	73
15.3	Apparatus.....	75
15.4	Sampling and specimens.....	79
15.5	Procedure	79
15.6	Calculation and interpretation of results.....	81
15.7	Documentation	83
	Annex A (informative) Determination of group index.....	85
	Figure 1 – Refracted near-field technique – Schematic diagram	19
	Figure 2 – Typical arrangement of the refracted near-field test set	21
	Figure 3 – Test apparatus	29
	Figure 4 – Refractive index profile – Ring pattern.....	31
	Figure 5 – Cross-sectional core diameter as determined by the near-field intensity scan – option 1	43
	Figure 6 – Cross-sectional core diameter as determined by the near-field intensity scan – option 2	45
	Figure 7 – Near-field intensity distribution in the region of the core-cladding boundary.....	45
	Figure 8 – Schematic diagram of a typical test equipment.....	51
	Figure 9 – Measurement set-up (side view).....	53
	Figure 10 – Top view of a typical electronic micrometer system	57
	Figure 11 – Measurement of fibre length by propagation time of optical pulses	63
	Figure 12 – Principle of fibre-length measurement	65
	Figure 13 – Measurement set-up for method A.....	69
	Figure 14 – Measurement set-up for method B.....	71
	Figure 15 – Apparatus for fibre length measurement.....	83
	Table 1 – Dimensions of optical fibres.....	13

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES –

**Partie 1-2: Spécification générique –
Méthodes de mesure des dimensions**

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 60793-1-2 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette norme doit être utilisée conjointement avec les normes suivantes:

CEI 60793-1-1:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 1: Généralités*

CEI 60793-1-3:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 3: Méthodes de mesure des caractéristiques mécaniques*

CEI 60793-1-4:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 4: Méthodes de mesure des caractéristiques optiques et de transmission*

CEI 60793-1-5:1995, *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique – Section 5: Méthodes de mesure des caractéristiques d'environnement*

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

Part 1-2: Generic specification – Measuring methods for dimensions

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60793-1-2 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This standard shall be used in conjunction with the following standards:

IEC 60793-1-1:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 1: General*

IEC 60793-1-3:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 3: Measuring methods for mechanical characteristics*

IEC 60793-1-4:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 4: Measuring methods for transmission and optical characteristics*

IEC 60793-1-5:1995, *Optical fibres – Part 1: Generic specification – Section 5: Measuring methods for environmental characteristics*

Annex A is for information only.

La présente version consolidée de la CEI 60793-1-2 est issue de la première édition (1995) [documents 86A/301/FDIS et 86A/327/RVD], de son amendement 1 (1996) [documents 86A/339/FDIS et 86A/362/RVD] et de son amendement 2 (2000) [documents 86A/583/FDIS et 86A/617/RVD].

Elle porte le numéro d'édition 1.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant 2001. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-2:1995+AMD1:1996+AMD2:2000 CSV

Withdrawn

This consolidated version of IEC 60793-1-2 is based on the first edition (1995) [documents 86A/301/FDIS and 86A/327/RVD], its amendment 1 (1996) [documents 86A/339/FDIS and 86A/362/RVD] and its amendment 2 (2000) [documents 86A/583/FDIS and 86A/617/RVD].

It bears the edition number 1.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until 2001. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-2:1995+AMD1:1996+AMD2:2000 CSV

Withdrawn

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-2: Spécification générique – Méthodes de mesure des dimensions

1 Domaine d'application et objet

La présente section de la CEI 60793-1 présente les méthodes de mesure applicables à la mesure pratique de la longueur et des dimensions en section droite d'une fibre optique. Elles sont à utiliser pour le contrôle des fibres lors des relations commerciales.

L'objet de cette section est d'établir des prescriptions uniformes relatives aux caractéristiques géométriques des fibres optiques.

2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 60793-1. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 60793-1 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60794-1:1993, *Câbles à fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

3 Essais relatifs aux dimensions

Les dimensions des fibres optiques doivent être déterminées en soumettant les échantillons à des essais choisis dans le tableau 1. Les essais appliqués, les critères d'acceptation et le nombre d'échantillons doivent être tels que ceux qui sont indiqués dans la spécification particulière. Il est clair que ce tableau englobe toutes les catégories de fibres, mais que les essais ne sont pas tous applicables à n'importe quelle catégorie de fibre.

Lorsque le revêtement primaire comporte au moins deux couches concentriques coaxiales constituées de matériaux différents, la couche qui recouvre la gaine doit être définie comme première couche, la couche concentrique suivante qui la recouvre sera la deuxième couche, etc.

OPTICAL FIBRES –

Part 1-2: Generic specification – Measuring methods for dimensions

1 Scope and object

This section of IEC 60793-1 gives the measuring methods applicable to the practical measurement of the length and the cross-sectional dimensions of an optical fibre. The methods are to be used for inspection of optical fibres for commercial purposes.

The object of this section is to establish uniform requirements for geometrical characteristics of optical fibres.

2 Normative reference

The following normative document contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 60793-1. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this section of IEC 60793-1 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60794-1:1993, *Optical fibre cables – Part 1: Generic specification*

3 Dimensional tests

The dimensions of the optical fibres shall be determined by subjecting samples to tests selected from table 1. The tests applied, acceptance criteria and number of samples shall be as specified in the detail specification. It should be clear that this table encompasses all categories of fibres, but not all tests are applicable to any one fibre category.

When the primary coating is composed of two or more coaxial and concentric layers of different materials, the layer applied immediately over the cladding shall be defined as the first layer, the layer applied concentrically over it shall be defined second layer, etc.

Tableau 1 – Dimensions des fibres optiques

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 60793-1-A1A	Champ proche réfracté	Diamètre du cœur
CEI 60793-1-A1B	Interférométrie transversale	Diamètre de la gaine Non-circularités Erreurs de concentricité
CEI 60793-1-A2	Répartition de la lumière en champ proche	Diamètre du cœur Diamètre de la gaine Non-circularités Erreurs de concentricité
CEI 60793-1-A3	Répartition latérale de la lumière pour le revêtement primaire	Diamètre du revêtement primaire Non-circularité du revêtement primaire Erreur de concentricité du revêtement primaire
CEI 60793-1-A4	Mesure mécanique du diamètre	Diamètre de la gaine Diamètre du revêtement primaire Diamètre du revêtement protecteur Non-circularités
CEI 60793-1-A5	Mesure mécanique de la longueur (à l'étude)	Longueur de la fibre
CEI 60793-1-A6	Retard d'impulsion transmise et/ou réfléchi	Longueur de la fibre
CEI 60793-1-C1C	Technique de rétrodiffusion	Longueur de la fibre
CEI 60793-1-A7	Allongement d'une fibre	Variation de longueur
CEI 60793-1-A8	Déphasage	Longueur de la fibre
<p>NOTE 1 Il convient de limiter les techniques de mesure du diamètre de cœur, champ proche réfracté et répartition de la lumière en champ proche, aux fibres de catégorie A1.</p> <p>NOTE 2 Lors de l'utilisation des méthodes d'essai mécaniques (CEI 60793-1-A4) il est recommandé de mentionner «à l'étude» pour la mesure des diamètres du revêtement primaire et du revêtement protecteur dans l'attente d'études complémentaires démontrant que cette méthode convient pour mesurer ces paramètres.</p> <p>NOTE 3 Il convient que le texte de la note 2 soit complété par «... pour les fibres de catégorie B1.», car cette note s'applique uniquement aux fibres de catégorie B1.</p> <p>NOTE 4 Pour des raisons pratiques, le diamètre du cœur des fibres unimodales n'est normalement pas spécifié.</p> <p>NOTE 5 Une définition du diamètre du cœur des fibres unimodales est à l'étude.</p>		

4 Surface de référence

La surface de référence sera déterminée dans la spécification particulière et pourra être soit la surface du cœur, de gaine, du revêtement primaire, soit celle du revêtement protecteur.

5 Erreur de concentricité

L'erreur de concentricité peut être spécifiée entre deux quelconques des diamètres mentionnés ci-dessus, et peut être indiquée dans la spécification particulière.

6 Tolérances

Les tolérances sur les diamètres peuvent être indiquées dans la spécification particulière.

Table 1 – Dimensions of optical fibres

Test method	Test	Characteristics covered by the test method
IEC 60793-1-A1A	Refracted near-field	Diameter of core
IEC 60793-1-A1B	Transverse interference method	Diameter of cladding Non-circularities Concentricity errors
IEC 60793-1-A2	Near-field light distribution	Diameter of core Diameter of cladding Non-circularities Concentricity errors
IEC 60793-1-A3	Side view light distribution for primary coating	Diameter of primary coating Non-circularity of primary coating Concentricity error of primary coating
IEC 60793-1-A4	Mechanical diameter measurement	Diameter of cladding Diameter of primary coating Diameter of buffer Non-circularities
IEC 60793-1-A5	Mechanical length measurement (under consideration)	Length of fibre
IEC 60793-1-A6	Delay of transmitted and/or reflected pulse	Length of fibre
IEC 60793-1-C1C	Backscattering technique	Length of fibre
IEC 60793-1-A7	Fibre elongation	Length variation
IEC 60793-1-A8	Phase shift	Length of fibre
<p>NOTE 1 The core diameter measurement techniques, refracted near-field and near-field light distribution, should be restricted to A1 category fibres.</p> <p>NOTE 2 The use of mechanical test methods (IEC 60793-1-A4) should be labelled “under consideration” for measuring the diameters of the primary coating and buffer pending further study to demonstrate that this method is suitable to measure these parameters.</p> <p>NOTE 3 The text “... for B1 category fibre.” should be appended to note 2, since this note only applies to B1 category types.</p> <p>NOTE 4 For practical reasons, the core diameter of single-mode fibres is not normally specified.</p> <p>NOTE 5 A definition of the core diameter of single-mode fibres is under consideration.</p>		

4 Reference surface

The reference surface will be defined in the detail specification and may be either the core, cladding, primary coating, or buffer surface.

5 Concentricity error

The concentricity error may be specified between any two of the above-mentioned diameters, and can be specified in the detail specification.

6 Tolerances

Tolerances on diameters can be specified in the detail specification.

7 Définitions opérationnelles

7.1 Définition du diamètre du cœur d'une fibre optique multimodale

Le diamètre du cœur d'une fibre optique multimodale est défini à partir du profil d'indice de réfraction comme le diamètre passant par le centre du cœur et coupant le profil d'indice au point n_3 , de sorte que:

$$n_3 = n_2 + k(n_1 - n_2)$$

où

n_2 est l'indice de réfraction de la gaine homogène;

n_1 est l'indice de réfraction maximal; et

k est une constante communément désignée par «facteur k ».

Le profil d'indice de réfraction peut être déterminé par des techniques de mesures de profil telles que la mesure du champ proche réfracté ou l'interférométrie transversale ou par la mesure du champ proche d'un cœur entièrement éclairé telle que la mesure du champ proche transmis.

Il est recommandé d'utiliser un ajustement de courbe avec les techniques de mesure de profil d'indice et les techniques de mesure du champ proche afin d'améliorer la précision de la mesure du diamètre du cœur.

NOTE 1 De façon typique, $k = 0,025$ pour les techniques ajustées de mesure de profil ou pour la méthode de mesure du champ proche transmis non ajustée est équivalente à $k = 0$ pour la méthode de mesure du champ proche transmis avec ajustement.

NOTE 2 Pour ce qui concerne les fibres présentant des profils d'indice de réfraction ayant une région de transition progressive au niveau de leur limite cœur/gaine, une valeur de $k = 0,05$ pour la méthode de mesure du champ proche transmis non ajustée est équivalente à $k = 0$ pour la méthode de mesure du champ proche transmis avec ajustement.

8 Méthode CEI 60793-1-A1 – Profil d'indice de réfraction

8.1 Méthode CEI 60793-1-A1A – Profil d'indice de réfraction – Méthode du champ proche réfracté

8.1.1 Objet

La mesure du champ proche réfracté est simple, précise et mesure directement les variations de l'indice de réfraction transversalement à la fibre (cœur et gaine). La mesure présente une bonne résolution et peut être calibrée pour donner des valeurs absolues de l'indice de réfraction. Elle peut être utilisée indifféremment pour les fibres unimodales et multimodales.

Pour les fibres unimodales (catégorie B), l'erreur de concentricité du cœur mesurée en utilisant cette méthode est généralement égale à l'erreur de concentricité du champ de mode de la fibre.

8.1.2 Appareillage

Une représentation schématique de l'appareillage est donnée par les figures 1 et 2.

8.1.2.1 Source

Un laser stable émettant quelques milliwatts de puissance optique sur le mode TEM_{00} est nécessaire.

Un laser hélium-néon émettant sur la longueur d'onde de 633 nm peut être utilisé, mais un facteur de correction est à apporter pour extrapoler les résultats à des longueurs d'onde différentes. Il est à noter que la mesure à 633 nm peut ne pas donner des informations complètes à des longueurs d'onde plus élevées, en particulier un dopage non uniforme de la fibre peut affecter la correction.

7 Operational definitions

7.1 Definition of multimode fibre diameter

The core diameter of a multimode optical fibre is defined from the refractive index profile as that diameter passing through the core center and intersecting the index profile at the points n_3 such that:

$$n_3 = n_2 + k(n_1 - n_2)$$

where

n_2 is the refractive index of the homogeneous cladding

n_1 is the maximum refractive index, and

k is a constant commonly called the "k factor"

The refractive index profile can be measured by profiling techniques such as the refracted near-field measurement (RNF) or transverse interferometry (TI), and by measurement of the near-field of a fully illuminated core such as the transmitted near-field measurement (TNF).

It is recommended that curve fitting be used with both the index profiling and the TNF techniques to improve the measurement precision of the core diameter.

NOTE 1 Typically, $k = 0,025$ for either the fitted profiling methods or the unfitted TNF method is equivalent to $k = 0$ for the fitted TNF method.

NOTE 2 For fibres with refractive index profiles that have gradual transition region at their core/cladding boundary, a value of $k = 0,05$ for the unfitted TNF method is equivalent to $k = 0$ for the fitted TNF method.

8 Method IEC 60793-1-A1 – Refractive index profile

8.1 Method IEC 60793-1-A1A – Refractive index profile – Refracted near-field method

8.1.1 Object

The refracted near field measurement is straightforward, accurate and measures directly the refractive index variation across the fibre (core and cladding). The measurement is capable of good resolution and can be calibrated to give absolute values of refractive indexes. It can be used to obtain profiles of both single-mode and multimode fibres.

For single-mode (category B) fibres, the core concentricity error measured using this method generally equals mode field concentricity error of the fibre.

8.1.2 Test apparatus

A schematic diagram of the test apparatus is shown in figures 1 and 2.

8.1.2.1 Source

A stable laser giving a few milliwatts of power in the TEM_{00} mode is required.

A HeNe laser, which has a wavelength of 633 nm, may be used, but a correction factor must be applied to the results for extrapolation at different wavelengths. It shall be noted that measurement at 633 nm may not give complete information at longer wavelengths, in particular non-uniform fibre doping can affect the correction.

Une lame quart d'onde est introduite pour transposer le faisceau d'une polarisation rectiligne à une polarisation circulaire, car la réflexion de la lumière sur une interface air-verre dépend étroitement de l'angle et de la polarisation.

Un diaphragme au foyer de la lentille 1 agit en tant que filtre spatial.

8.1.2.2 Optique d'injection

L'optique d'injection, qui est déterminée pour saturer l'ouverture numérique de la fibre, délimite un faisceau de lumière focalisée sur la face plane de la fibre. Il convient que l'angle de ce faisceau avec l'axe de la fibre soit inférieur à 1° . La résolution de l'équipement est déterminée par la taille de la tache focale, qui doit être aussi petite que possible pour maximiser la résolution, par exemple plus petite que $1,5 \mu\text{m}$. L'équipement permet de déplacer cette tache focale le long du diamètre de la fibre.

8.1.2.3 Cellule à liquide d'indice

Le liquide de la cellule à liquide d'indice doit avoir un indice de réfraction légèrement plus grand que celui de la gaine de la fibre.

8.1.2.4 Détection

La lumière réfractée est collectée et envoyée sur le détecteur en s'assurant que toute la lumière est collectée. La dimension nécessaire pour le disque et sa position le long de l'axe central peuvent être déterminées par calcul.

8.1.3 Préparation de l'échantillon

Il convient que la longueur de fibre soit inférieure à 2 m.

L'ensemble des protections mécaniques doit être éliminé de la section de fibre immergée dans la cellule à liquide d'indice.

Les faces de la fibre doivent être propres, planes et perpendiculaires à l'axe de la fibre.

8.1.4 Procédure

On se référera au schéma représentant l'appareillage (figure 2).

8.1.4.1 Courbe de profil d'indice de la fibre

La face d'entrée de la fibre à mesurer est immergée dans une cellule à liquide d'indice dont l'indice de réfraction est légèrement supérieur à l'indice de la gaine de la fibre. La fibre est illuminée par l'arrière par un flux lumineux issu d'une lampe à filament de tungstène. Les objectifs 2 et 3 produisent une image de la fibre.

La position de l'objectif 3 est ajustée pour centrer et mettre au point l'image de la fibre; le faisceau laser est en même temps centré et focalisé sur la fibre.

Le disque est centré sur le cône de sortie. Pour les fibres multimodales, le disque est positionné sur l'axe optique de manière à n'occulter que les modes de fuite. Pour les fibres unimodales, le disque est positionné pour obtenir la résolution maximale.

Les modes réfractés passant au-delà du disque sont collectés et focalisés sur une photodiode. La tache laser focalisée est déplacée le long de la section de l'extrémité de la fibre et un enregistrement de la variation de l'indice de réfraction est obtenu directement.

A quarter-wave plate is introduced to change the beam from linear to circular polarization because the reflectivity of light at an air-glass interface is strongly angle and polarization dependent.

A pinhole placed at the focus of lens 1 acts as a spatial filter.

8.1.2.2 Launch optics

The launch optics, which are arranged to overfill the NA of the fibre, brings a beam of light to a focus on the flat end of the fibre. The optical axis of the beam of light should be within 1° of the axis of the fibre. The resolution of the equipment is determined by the size of the focused spot, which should be as small as possible in order to maximize the resolution, for example less than 1,5 µm. The equipment enables the focused spot to be scanned across the fibre diameter.

8.1.2.3 Liquid cell

The liquid in the liquid cell shall have a refractive index slightly higher than that of the fibre cladding.

8.1.2.4 Sensing

The refracted light is collected and brought to the detector in any convenient manner provided that all the refracted light is collected. By calculation, the required size of disc and its position along the central axis can be determined.

8.1.3 Sample preparation

The fibre length should be less than 2 m.

All fibre coatings shall be removed from the section of fibre immersed in the liquid cell.

The fibre ends shall be clean, smooth and perpendicular to the fibre axis.

8.1.4 Procedure

Refer to the schematic diagram of the test apparatus (figure 2).

8.1.4.1 Fibre index profile plot

The launch end of the fibre to be measured is immersed in a liquid cell whose refractive index is slightly higher than that of the fibre cladding. The fibre is back illuminated by light from a tungsten lamp. Lenses 2 and 3 produce a focused image of the fibre.

The position of lens 3 is adjusted to centre and focus the fibre image, and the laser beam is simultaneously centred and focused on the fibre.

The disc is centred on the output cone. For multimode fibre, the disc is positioned on the optical axis to just block the leaky modes. For single-mode fibre, the disc is positioned to give optimum resolution.

Refracted modes passing the disc are collected and focused onto a photodiode. The focused laser spot is traversed across the fibre end and a plot of fibre refractive index variation is directly obtained.

8.1.4.2 Etalonnage de l'équipement

L'étalonnage de l'équipement est réalisé lorsque la fibre n'est pas présente dans la cellule à liquide d'indice. Pendant la mesure, l'angle du cône de lumière varie en fonction de l'indice de réfraction vu au point d'impact sur la fibre (entraînant une variation de la puissance optique au-delà du disque). Connaissant l'indice du liquide et l'épaisseur de la cellule, cette variation peut être simulée, fibre ôtée, par translation du disque le long de l'axe optique. En amenant le disque sur un certain nombre de positions prédéterminées, on peut ainsi étalonner le profil en terme d'indices relatifs. Les indices absolus, par exemple n_1 et n_2 , peuvent être déterminés seulement si l'indice de gaine ou celui du liquide sont connus avec précision pour la longueur d'onde utilisée et à la température de mesure.

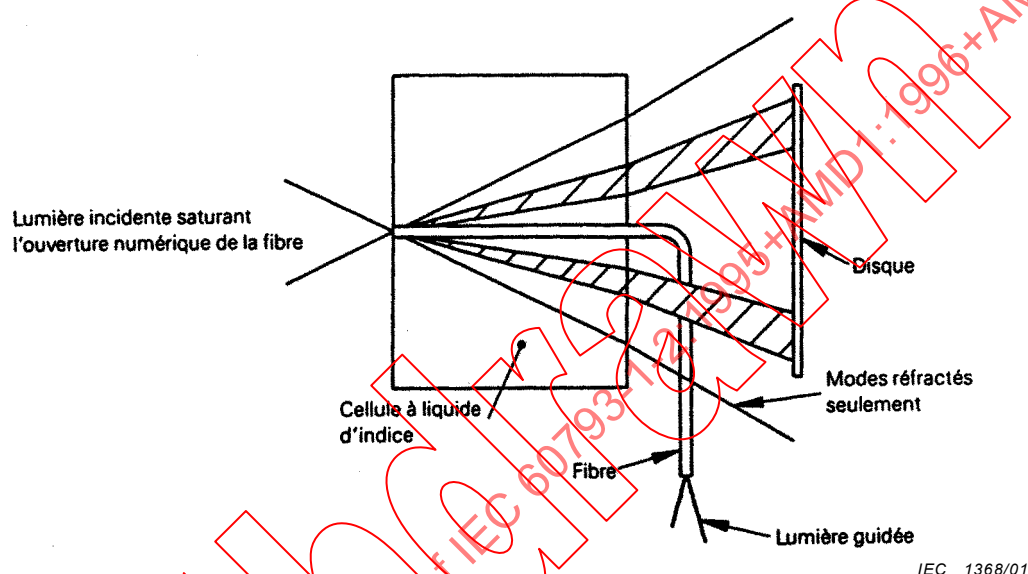


Figure 1 – Technique du champ proche réfracté – Représentation schématisque

8.1.4.2 Equipment calibration

The equipment is calibrated with the fibre removed from the liquid cell. During the measurement the angle of the cone of light varies according to the refractive index seen at the entry point to the fibre (hence the change of power passing the disc). With the fibre removed and the liquid index and cell thickness known, this change in angle can be simulated by translating the disc along the optic axis. By moving the disc to a number of predetermined positions the profile can be scaled in terms of relative index. Absolute indices, that is n_1 and n_2 , can only be found if the cladding index or the liquid index, at the measurement wavelength and temperature, is known accurately.

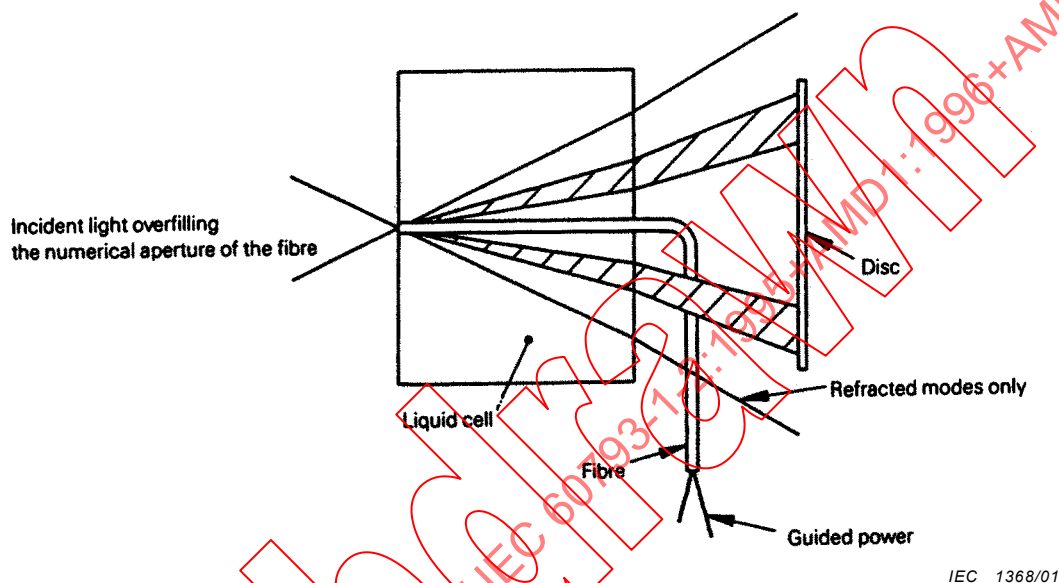
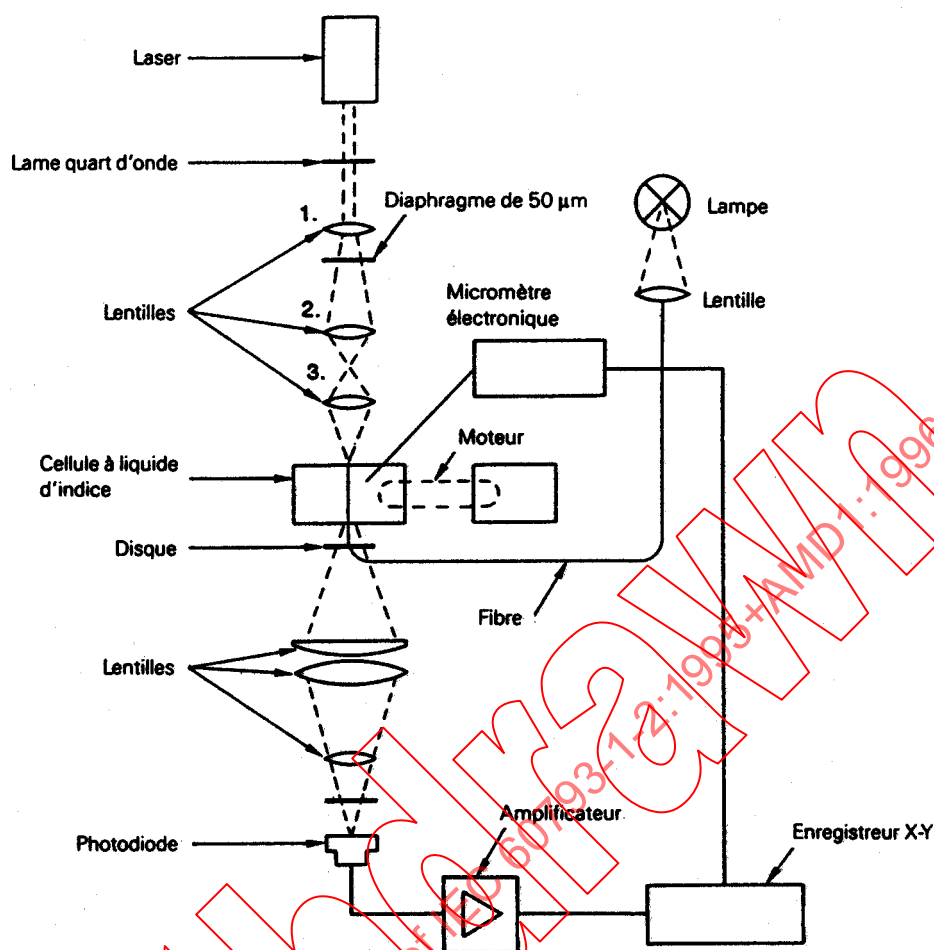


Figure 1 – Refracted near-field technique – Schematic diagram

IEC 1368/01



IEC 1369/01

Figure 2 – Exemple typique d'un appareillage de mesure du champ proche réfracté

8.1.4.3 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- disposition du montage d'essai et procédure de correction en longueur d'onde;
- humidité relative et température ambiante;
- identification de la fibre. Suivant les prescriptions de la spécification:
 - profil correspondant aux centres du cœur et de la gaine et étalonné pour une longueur d'onde déterminée;
 - profils le long des axes principaux du cœur étalonnés pour une longueur d'onde déterminée;
 - profils le long des axes principaux de la gaine étalonnés pour une longueur d'onde déterminée.

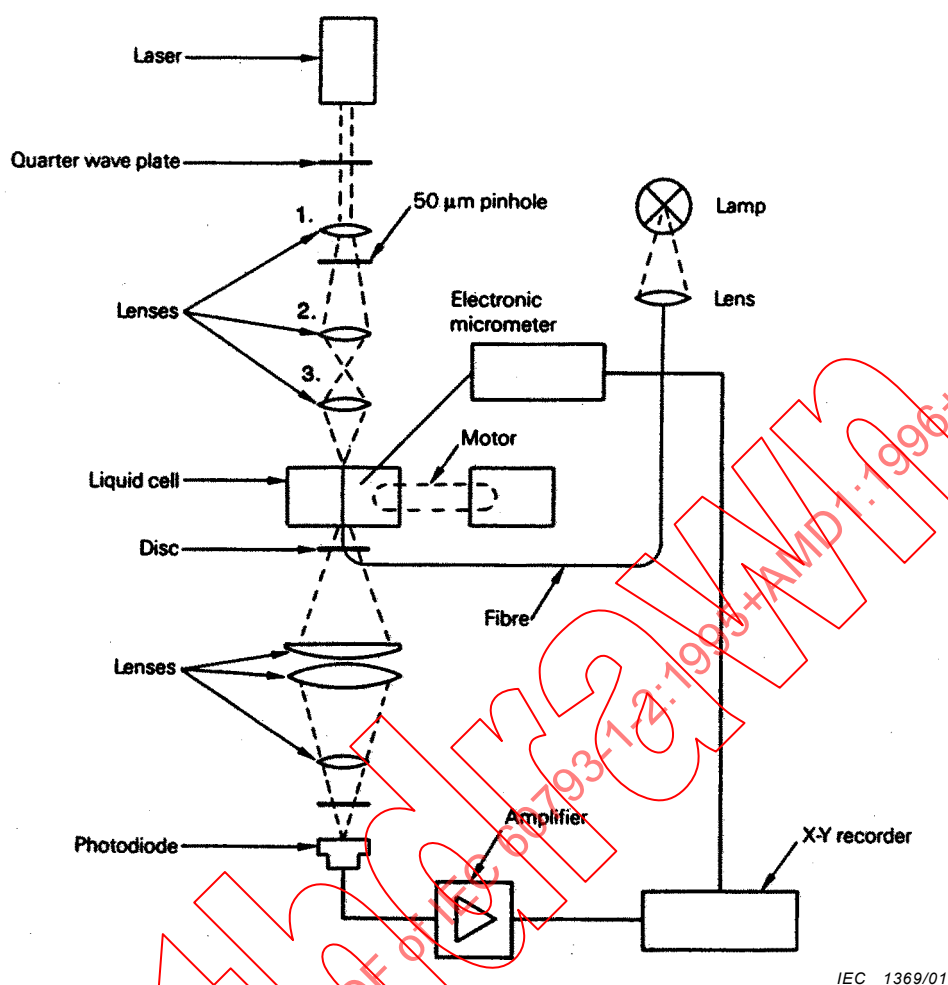


Figure 2 – Typical arrangement of the refracted near-field test set

8.1.4.3 Results

The following details shall be presented:

- test arrangement and wavelength correction procedure;
- relative humidity and ambient temperature;
- fibre identification. Depending on specification requirement:
 - profile through core and cladding centres calibrated for a given wavelength;
 - profiles along the core major and minor axes calibrated for a given wavelength;
 - profiles along the cladding major and minor axes calibrated for a given wavelength.

A partir du balayage d'une section du profil, les grandeurs suivantes peuvent être calculées:

- diamètre du cœur;
- diamètre de gaine;
- erreur de concentricité entre le cœur et la gaine;
- non-circularité du cœur;
- non-circularité de la gaine;
- ouverture numérique théorique maximale;
- différence d'indice;
- différence d'indice relative;
- indications sur la précision et la reproductibilité.

8.2 Méthode CEI 60793-1-A1B – Profil d'indice de réfraction – Méthode d'interférométrie transversale

8.2.1 Objet

La présente méthode d'essai établit les procédures à suivre afin de déterminer le profil d'indice de réfraction $n(r)$ d'un échantillon de fibre optique par interférométrie transversale. Au moyen d'un microscope interférentiel, l'échantillon de fibre est éclairé perpendiculairement à son axe afin de générer un diagramme de franges. Le profil d'indice de réfraction est obtenu par détection vidéo et numérisation des franges d'interférence par moyen informatique.

Il est également admis de déterminer le diamètre du cœur d'une fibre de catégorie A1 sur la base des résultats de cette procédure d'essai.

Il est permis de déterminer l'ouverture numérique maximale d'une fibre de catégorie A1 sur la base des résultats de cette procédure d'essai.

8.2.2 Appareillage

Pour effectuer cette mesure, les équipements d'essai illustrés sur la figure 3 ci-après sont nécessaires.

8.2.2.1 Microscope interférentiel de lumière transmise

Ce microscope spécial est constitué par la combinaison de deux microscopes et d'un interféromètre permettant d'obtenir une image agrandie des objets soumis à l'essai avec des franges interférentielles. Un condenseur parallèle ainsi qu'un objectif génère un chemin optique au travers de l'échantillon en essai et un chemin de référence pour la lumière d'éclairage quasi cohérente obtenue au moyen d'un filtre à bande étroite et d'une source de lumière blanche.

8.2.2.2 Caméra et moniteur de télévision

La caméra produit une image électronique qui permet de quantifier les nuances de frange de façon que des méthodes analytiques puissent être utilisées pour localiser de manière précise les coordonnées centrales d'une frange. Ceci permet également d'effectuer des mesures à des longueurs d'onde non incluses dans le spectre visible. Le moniteur permet à l'opérateur de visualiser facilement l'échantillon d'essai et l'aide à mettre en place les procédures nécessaires au réglage adéquat de l'échantillon et des franges.

By the raster scan of the across-section of the profile, the following quantities may be calculated:

- diameter of core;
- diameter of cladding;
- concentricity error core/cladding;
- non-circularity of core;
- non-circularity of cladding;
- maximum theoretical numerical aperture;
- index difference;
- relative index difference;
- indications of accuracy and reproducibility.

8.2 Method IEC 60793-1-A1B – Refractive index profile, transverse interference method

8.2.1 Object

The intent of this test method is to establish procedures to be followed to determine the refractive index profile $n(r)$ of an optical fibre sample by transverse interferometry. Using an interference microscope, the fibre sample is illuminated perpendicular to its axis to generate a fringe pattern. The refractive index profile is obtained from video detection and digitization of the interference fringes under computer control.

Determination of the core diameter of a category A1 fibre may also be made from the results of this test procedure.

Determination of the maximum theoretical numerical aperture of a category A1 fibre may also be made from the results of this test procedure.

8.2.2 Apparatus

The following test equipment shown in figure 3 is necessary to make this measurement:

8.2.2.1 Transmitted light interference microscope

This special purpose microscope is a combination of two microscopes and an interferometer in such a way that the magnified image of the test objects appears together with interference fringes. A parallel condenser and objective lens system create a sample test path and a reference path for the quasi-coherent illuminating light obtained using a narrow band filter and a white light source.

8.2.2.2 Television camera and monitor

The camera produces an electronic picture that permits the quantification of fringe shading so that analytical methods can be utilized to locate precisely the centre coordinates of a fringe. It also permits measurements to be made at wavelengths outside the visible spectrum. The monitor allows the operator to view the test sample easily and aids in the set-up procedures necessary to provide proper adjustment of the sample and the fringes.

8.2.2.3 Numériseur vidéo

Cet ensemble fonctionne avec la caméra et l'ordinateur de façon que le champ de sortie du microscope, tel que vu par la caméra, puisse être numérisé. L'ordinateur adresse un emplacement sur le vidicon de la caméra et le numériseur renvoie à l'ordinateur un nombre binaire, par exemple à 8 bits, indiquant la nuance de gris au niveau de l'emplacement adressé. L'emplacement du point en cours de codage est indiqué sur le moniteur par un curseur point qui sert d'aide à l'opérateur.

8.2.2.4 Calculateur programmable et traceur

L'ordinateur (calculateur programmable) cumule des informations d'intensité par rapport à la position de façon que le déplacement d'une frange à partir de son niveau de gaine puisse être déterminé en fonction de la position radiale du cœur. L'ordinateur calcule Δn puis trace le profil d'indice en même temps que les coordonnées radiales. L'ordinateur détermine alors une courbe du profil d'indice ajustée en puissance et la courbe est dessinée par le traceur.

8.2.3 Echantillon en essai

Un échantillon en essai doit être constitué d'une longueur de 20 mm de fibre propre non revêtue.

8.2.4 Procédure d'essai

8.2.4.1 Préparation

L'échantillon en essai est placé à plat sous l'objectif du microscope d'essai, sur un porte-éprouvette optiquement plat (fourni avec le microscope). Des quantités égales d'huile ayant un indice de réfraction égal à celui de la gaine sont alors placées sur le porte-éprouvette et sur la plaque de référence. En utilisant des objectifs à immersion de grossissement X 100, on monte la platine porte-objet du microscope jusqu'à ce que les objectifs soient en contact avec l'huile. La fibre est alors placée dans le champ de l'objectif et mise au point en bloquant le faisceau de référence. Le faisceau de référence est ensuite débloquent et les commandes du microscope réglées de manière à visualiser sur le moniteur d'affichage un diagramme de franges très contrasté comme illustré sur la figure 3, où les courbes des franges sont dues au cœur.

L'axe de la fibre est alors orienté perpendiculairement aux lignes de franges et la séparation entre les lignes de franges est réglée au moyen des commandes du microscope de telle façon qu'environ quatre franges soient visibles sur le moniteur. Pour faciliter l'analyse, les lignes de franges sont affichées parallèlement aux lignes de balayage horizontal de la caméra, également au moyen des commandes du microscope.

Une fois les franges correctement orientées, le calculateur programmable et le numériseur balaient automatiquement une frange donnée afin d'obtenir la valeur de décalage (axe Y) dans le cœur en utilisant la position de la frange dans la gaine comme étant la position de décalage nul ($Y = 0$). Un balayage séparé est effectué verticalement sur les deux franges adjacentes de la gaine de manière à obtenir la séparation de frange L . Une fois terminé le balayage de la frange, on détermine un ensemble de points de décalage de frange Q_p ainsi que la séparation de frange L pour les utiliser dans le calcul de n_p . Ici, p est le nombre de positions radiales auxquelles le décalage de frange est mesuré.

8.2.2.3 Video digitizer

This unit operates with the camera and computer controller so that the output field of the microscope as seen by the camera can be digitized. The computer addresses a location on the camera vidicon and the digitizer returns to the calculator, for example, an 8-bit binary number indicating shade of grey at the addressed location. The location of the point being encoded is indicated by a dot cursor on the monitor as an operator aid.

8.2.2.4 Programmable calculator and plotter

The computer (programmable calculator) accumulates intensity versus position data so that the displacement of a fringe from its cladding level can be determined as a function of core radial position. The computer calculates Δn and then plots the index profile along with the radial coordinates. The computer then determines a best-fit power-law curve to the index profile and the curve is drawn by the plotter.

8.2.3 Test sample

A test sample shall consist of a 20 mm length of clean uncoated fibre.

8.2.4 Test procedure

8.2.4.1 Preparation

The test sample is placed on its side under the test objective of the microscope on an optically flat specimen plate (supplied with the microscope). Equal amounts of oil having a refractive index equal to that of the cladding are then placed on the specimen plate and on the reference plate. Using 100 X immersion objectives, the stage of the microscope is raised until the objectives contact the oil. The fibre is then located in the field of view of the objective and focused with the reference beam blocked. The reference beam is then unlocked and the microscope controls adjusted to produce a high-contrast fringe pattern as illustrated on the display monitor in figure 3, where the curves in the fringes are caused by the core.

The fibre axis is then oriented perpendicular to the fringe lines, and the separation between fringe lines is adjusted using microscope controls so that about four fringes are visible on the monitor. For convenience of analysis, the fringe lines are made parallel to the horizontal scan lines of the camera, again using microscope controls.

Once the fringes are properly oriented, the programmable calculator and digitizer automatically scan a selected fringe to obtain the amount of shift (Y axis) in the core using the position of the fringe in the cladding as the zero shift ($Y = 0$) position. A separate scan is made vertically across two adjacent fringes in the cladding to obtain the fringe separation L . At the conclusion of scanning the fringe, a set of fringe shift points Q_p and fringe separation L are determined for use in calculating n_p . Here p is the number of radial positions at which the fringe shift is measured.

8.2.4.2 Calculs

Aux fins d'analyse, le profil de l'indice de réfraction du cœur de la fibre est calculé par approximation au moyen d'une série d'anneaux concentriques (figure 4). La partie supérieure de la figure 4 illustre la frange et la corrélation entre points de décalage de frange et chemins optiques rectilignes traversant le cœur. Selon la valeur de la résolution spatiale requise en $n(r)$, il n'est pas nécessaire que ces franges coïncident avec les couches de dépôt dans la fibre. L'indice de réfraction dans un anneau donné est supposé être constant dans cette approximation. L'indice de l'anneau p est supérieur à celui des gaines d'une valeur:

$$\Delta n_p = \frac{1}{S_{p,j}} \left[\frac{\lambda Q_p}{L} - \sum_{j=1}^{p-1} \Delta n_j S_{p,j} \right] \quad (1)$$

où $S_{p,j}$ est la distance parcourue par le rayon p dans l'anneau j :

$$S_{p,j} = 2 \left\{ \left[R_{j-1}^2 - R_p^2 \right]^{1/2} - \left[R_j^2 - R_p^2 \right]^{1/2} \right\} \quad (2)$$

Ici R_j est le rayon de l'anneau j , Q_p est le décalage de frange sur la distance p , et L est l'espacement des franges adjacentes.

Après avoir calculé Δn_p , ces données sont alors dessinées sur le traceur X-Y. Ceci fournit le profil d'indice de la fibre. D'autres calculs supplémentaires au moyen des techniques d'ajustement de la courbe sont utilisés pour obtenir les paramètres qui répondent le mieux à l'équation de l'indice de réfraction type:

$$\Delta n(r) = \Delta n_0 [1 - (r/a)^g] \quad (3)$$

Ici Δn_0 est la différence d'indice de réfraction pour $r = 0$, a est le rayon du cœur et g est le facteur de forme, d'une valeur d'environ 2.

La procédure d'ajustement détermine les valeurs Δn_0 , g et a qui donnent le meilleur ajustement au profil réel. Dans la procédure d'ajustement, seules les données entre 0,15 a et 0,95 a sont utilisées pour éviter les perturbations inacceptables dues aux irrégularités de limites cœur/gaine et du trou central d'indice. Il est admis d'utiliser une valeur nominale de a pour déterminer les limites d'ajustement de la courbe.

L'écart au sens des moindres carrés de la courbe ajustée par rapport au profil réel est également calculé à partir de la procédure d'ajustement de la courbe. Une faible valeur d'écart correspond à un profil lisse. Il est admis de déterminer les valeurs du diamètre du cœur et de l'ouverture numérique à partir des valeurs des paramètres ajustés obtenus au cours de cette procédure d'essai. Les méthodes pour déterminer le diamètre du cœur de la fibre et l'ouverture numérique sont à l'étude.

8.2.5 Résultats

8.2.5.1 Les informations suivantes doivent être fournies:

- intitulé de l'essai;
- date de l'essai;
- identification de l'échantillon d'essai;
- données de l'essai;
- humidité relative et température ambiante.

8.2.4.2 Calculations

For the purpose of analysis, the refractive index profile of the fibre core is approximated by a series of concentric rings (figure 4). The top portion of figure 4 shows the fringe and the correlation of fringe shift points to unbent paths traversing the core. These fringes need not coincide with the deposition layers in the fibre, depending on how much spatial resolution is desired in $n(r)$. The refractive index within a ring is assumed to be constant in this approximation. The index of the ring p exceeds that of the cladding by:

$$\Delta n_p = \frac{1}{S_{p,j}} \left[\frac{\lambda Q_p}{L} - \sum_{j=1}^{p-1} \Delta n_j S_{p,j} \right] \quad (1)$$

where $S_{p,j}$ is the distance the p ray travels in the j ring:

$$S_{p,j} = 2 \left\{ \left[R_{j-1}^2 - R_p^2 \right]^{1/2} - \left[R_j^2 - R_p^2 \right]^{1/2} \right\} \quad (2)$$

Here R_j is the radius of ring j , Q_p is the fringe shift at p , and L is the spacing of adjacent fringes.

Once the calculated Δn_p is complete, these data are then plotted on the X-Y plotter. This is the index profile of the fibre. Additional calculations using curve fitting techniques are utilized to obtain parameters that best match the model refractive index equation:

$$\Delta n(r) = \Delta n_0 [1 - (r/a)^g] \quad (3)$$

Here Δn_0 is the refractive index difference at $r = 0$, a is the core radius, and g is the shape factor, approximately 2.

The fitting procedure determines the Δn_0 , g , and a values that result in the best fit to the actual profile. In the fitting procedure, only data between $0,15 a$ and $0,95 a$ are utilized to avoid unacceptable disturbances caused by the center index dip and the core/cladding boundary irregularities. A nominal value of a may be used to determine the limits of the curve fit.

Also calculated from the curve fitting routine is the r.m.s. deviation of the fitted curve from the actual profile. A low value of deviation corresponds to a smooth profile. Values for core diameter and numerical aperture may be determined from the values of the fitted parameters obtained in this test procedure. Methods to determine the fibre core diameter and numerical aperture are under consideration.

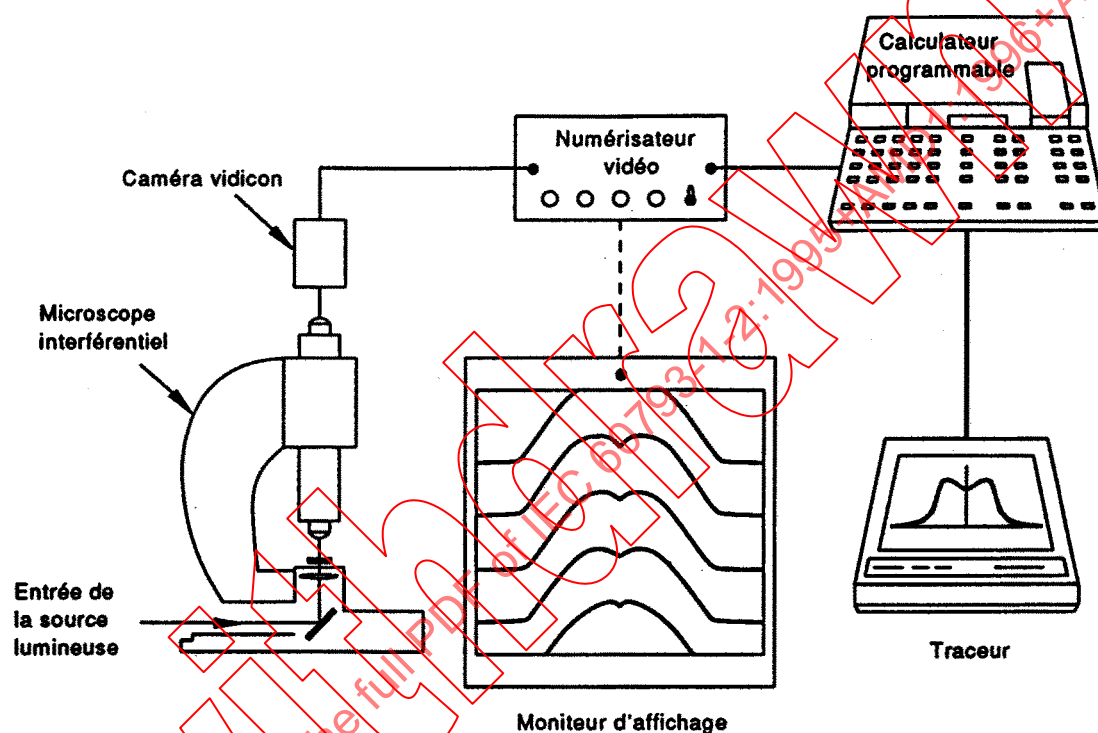
8.2.5 Results

8.2.5.1 The following information shall be reported:

- title of test;
- test date;
- test sample identification;
- test data;
- relative humidity and ambient temperature.

8.2.5.2 Les informations suivantes doivent être disponibles:

- désignation de l'échantillon;
- numéro de la procédure;
- condition de l'essai;
- longueur d'onde centrale et largeur spectrale (pleine largeur mi-hauteur) de la lumière d'éclairage;
- interféromètre à une seule passe ou à double passe;
- critère d'échec ou d'acceptation.

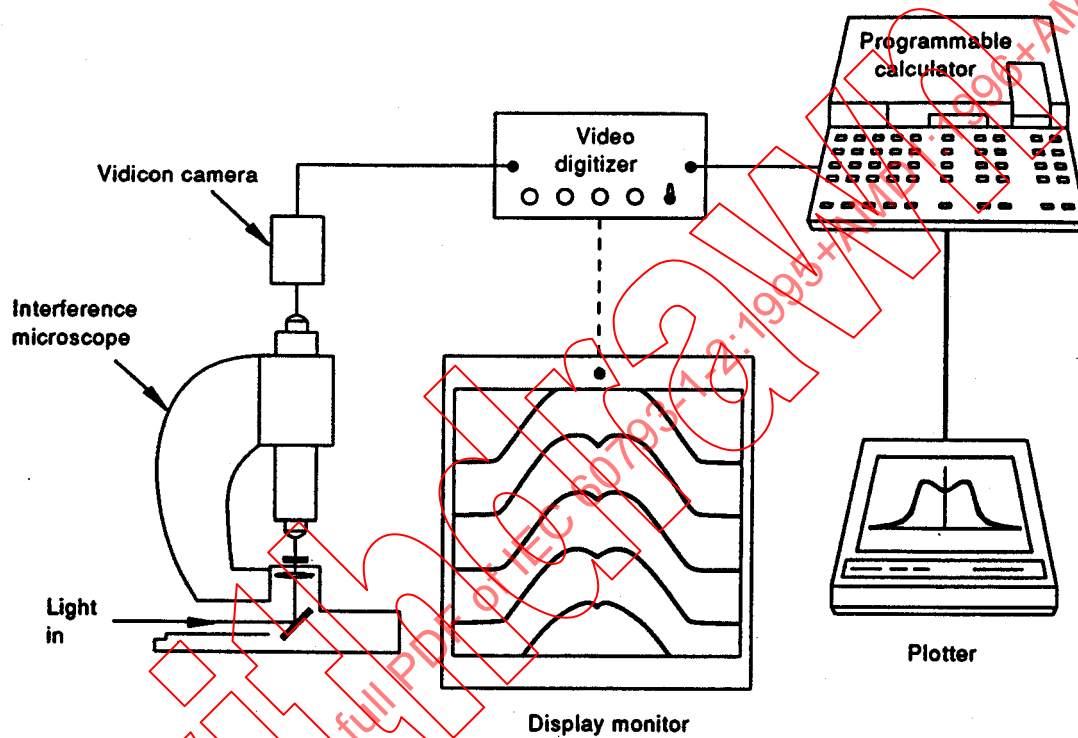


IEC 1370/01

Figure 3 – Appareillage d'essai

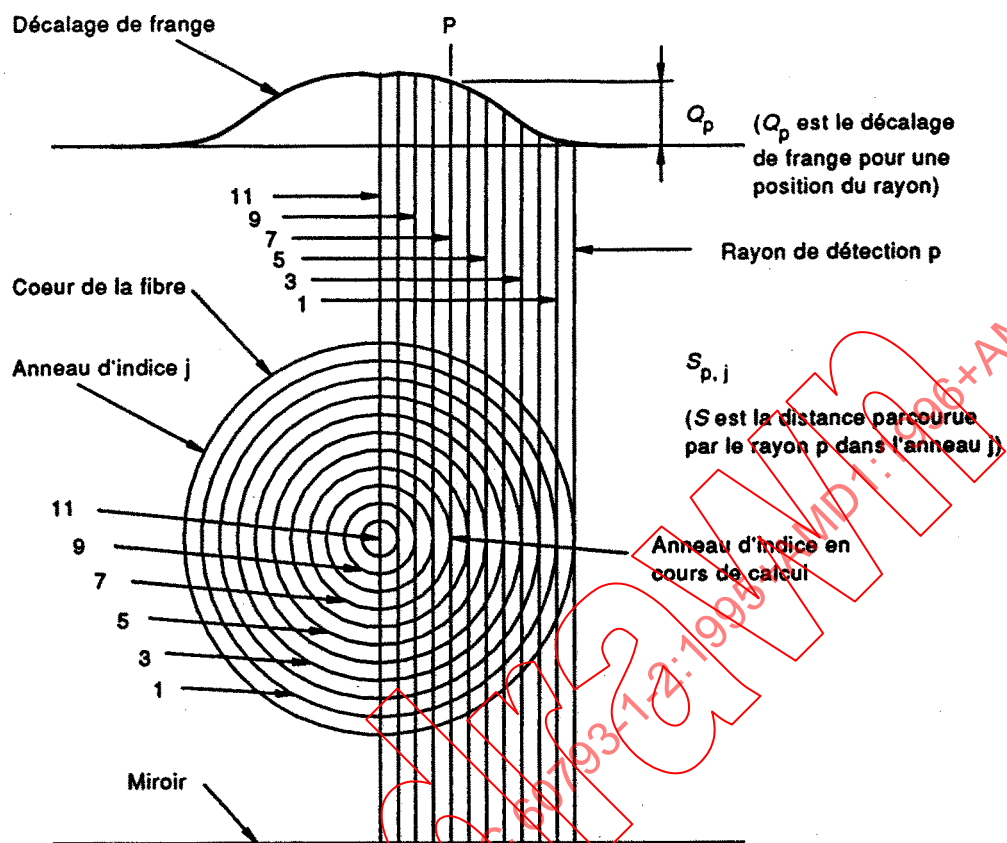
8.2.5.2 The following information shall be available:

- sample description;
- procedure number;
- test condition;
- center wavelength and spectral width (FWHM) of illuminating light;
- single pass or double pass interferometer;
- failure or acceptance criteria.



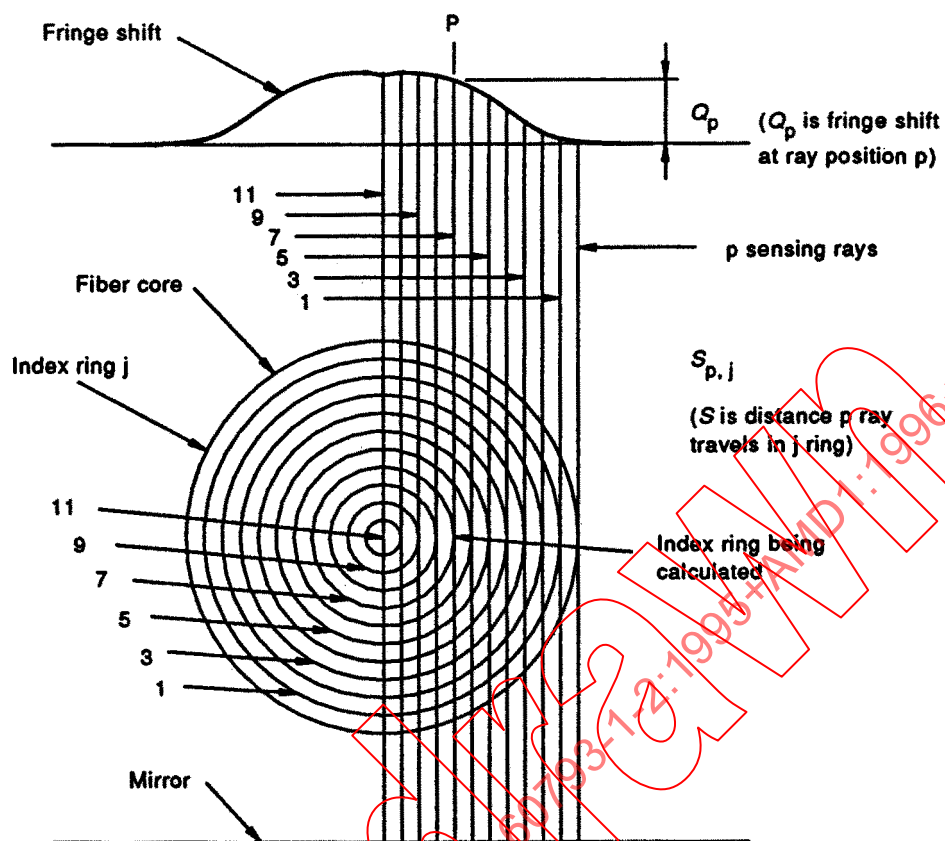
IEC 1370/01

Figure 3 – Test apparatus



IEC 1371/01

Figure 4 – Profil d'indice de réfraction – Diagramme annulaire



IEC 1371/01

Figure 4 – Refractive index profile – Ring pattern

9 Méthode CEI 60793-1-A2 – Répartition de la lumière en champ proche

9.1 Objet

Cette méthode d'essai est destinée à déterminer les paramètres géométriques des fibres de catégories A et B par analyse de la répartition de la lumière en champ proche sur une section droite à l'extrémité de la fibre soumise à l'essai. Les deux techniques décrites sont la méthode des échelles de gris utilisant un balayage du champ proche bidimensionnel, sur les axes X et Y au moyen d'un système vidéo et la méthode du simple balayage en champ proche qui utilise un balayage unidimensionnel. Il convient que le fabricant et le client s'accordent sur la technique particulière à utiliser.

9.2 Paramètres géométriques

La méthode des échelles de gris peut être utilisée pour déterminer les paramètres géométriques suivants:

Paramètre	Catégorie de fibre
Diamètre du cœur	A1, A2, A3, A4
Non-circularité du cœur	A1, A2, A3
Erreur de concentricité cœur/gaine	A1, A2, A3, B
Diamètre de la gaine	A1, A2, A3, B
Non-circularité de la gaine	A1, A2, A3, B

Le simple balayage en champ proche peut être utilisé pour déterminer un diamètre de section droite du cœur des fibres de catégorie A1. Il est admis que ce diamètre de section droite soit différent du diamètre du cœur déterminé par la méthode des échelles de gris à cause des effets de la non-circularité du cœur. Une valeur de non-circularité du cœur peut être déterminée par balayage suivant plusieurs axes.

9.3 Appareillage

9.3.1 Sources lumineuses

Des sources de lumière incohérentes et appropriées doivent être utilisées pour l'éclairage du cœur et de la gaine; ces sources doivent avoir une intensité réglable et stable sur une période de temps suffisante pour effectuer la mesure.

9.3.2 Longueur d'onde de la source lumineuse

Pour l'éclairage du cœur et de la gaine, longueur d'onde centrale et largeur spectrale doivent être indiquées.

NOTE Rien ne montre que le diamètre du cœur des fibres de catégorie A dépende de la longueur d'onde de la source. On peut même utiliser un éclairage en lumière blanche.

Pour l'éclairage de la gaine, la largeur spectrale doit être inférieure ou égale à 100 nm; la longueur d'onde centrale peut être de 620 nm, 850 nm, ou une autre valeur spécifiée.

9.3.3 Conditions d'injection

L'optique d'injection doit être déterminée de façon que la source lumineuse sature angulairement et spatialement l'échantillon en essai de façon homogène. De même, à l'extrémité de sortie, la gaine doit être éclairée uniformément.

9 Method IEC 60793-1-A2 – Near-field light distribution

9.1 Object

This test method determines the geometry parameters of category A and category B fibres by analyzing the near-field light distribution on a cross-section at the end of the fibre under test. The two techniques described are grey-scale method, performing a two dimensional X-Y near-field scan using a video system and the single near-field scan method, performing a one-dimensional scan. The particular technique should be agreed upon by the manufacturer and the customer.

9.2 Geometry parameters

The grey-scale method can be used to determine the following geometrical parameters:

Parameter	Fibre category
Core diameter	A1, A2, A3, A4
Core non-circularity	A1, A2, A3
Core/cladding concentricity error	A1, A2, A3, B
Cladding diameter	A1, A2, A3, B
Cladding non-circularity	A1, A2, A3, B

The single near-field scan method can be used to determine a cross-sectional diameter of the core of category A1 fibres. This cross-sectional diameter may deviate from the core diameter determined by the grey-scale method due to effects of core non-circularity. A core non-circularity value can be determined by scanning in multiple axes.

9.3 Apparatus

9.3.1 Light sources

Suitable incoherent light sources shall be used for the illumination of the core and the cladding, adjustable in intensity and stable in intensity over a time period sufficient to perform the measurement.

9.3.2 Light source wavelength

For the core and cladding illumination the centre wavelength and the spectral width shall be stated.

NOTE The core diameter of category A fibres has not been found to be dependent on the wavelength of the source. Even white light illumination can be used.

For the cladding illumination the spectral width shall be less than or equal to 100 nm; the centre wavelength may be 620 nm, 850 nm or as otherwise specified.

9.3.3 Launching conditions

The launch optics shall be arranged such that the light source uniformly overfills the test sample angularly and spatially. At the output end the cladding has to be illuminated uniformly as well.

9.3.4 Support de fibre et appareillage de positionnement

Un dispositif suffisamment stable permettant de supporter les extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon en essai, tel qu'un mandrin à succion, doit être prévu. Ce support doit être monté sur un dispositif de positionnement de façon que l'extrémité de la fibre puisse être repositionnée avec précision dans le faisceau d'entrée et dans le chemin de sortie.

9.3.5 Extracteur de modes de gaine

Sauf spécification contraire, des dispositifs d'extraction de la lumière des modes de gaine de l'échantillon en essai doivent être utilisés à distance raisonnablement proche des extrémités d'entrée et de sortie de la fibre. Lorsque la fibre soumise à l'essai a un revêtement primaire dont l'indice de réfraction est supérieur à celui du verre, le revêtement agit comme extracteur de modes de gaine.

9.3.6 Système optique de grandissement

Il est nécessaire d'utiliser un système optique permettant d'agrandir l'image de sortie en champ proche de l'échantillon en essai de façon que l'image agrandie puisse être correctement balayée. L'ouverture numérique et, par conséquent, le pouvoir de résolution de cet objectif doivent être compatibles avec la précision de mesure et l'ouverture numérique ne doit pas être inférieure à 0,3.

Dans le cas de la méthode des échelles de gris, il convient de choisir le grandissement de façon que le dispositif à couplage de charge (DCC) de la caméra vidéo soit presque saturé par l'image de la gaine.

Le système optique doit être étalonné conjointement au système de balayage de façon à connaître les dimensions dans le plan de l'extrémité de sortie de la fibre optique. (Il n'est pas nécessaire de connaître avec précision le grandissement du système optique.)

9.3.7 Détection

Pour la méthode des échelles de gris, une caméra vidéo doit être utilisée pour détecter la sortie grossie de l'image en champ proche et la transmettre sur un moniteur vidéo. Le numériseur vidéo effectue la numérisation de l'image pour l'analyse ultérieure par ordinateur. Ce système vidéo doit être suffisamment linéaire pour qu'après l'étalonnage, l'incertitude ne soit pas supérieure à ce qui est requis.

Pour la méthode de simple balayage en champ proche, il faut utiliser un dispositif permettant le balayage de l'image focalisée du diagramme de rayonnement en champ proche et qui permette de connaître la distance balayée. On peut par exemple utiliser un détecteur unique (tel qu'un détecteur diaphragmé) placé sur un support mobile entraîné par un moteur pas à pas, avec un dispositif de contre-réaction en position, ou une barrette de détecteurs vidéo dont la taille et l'espacement des éléments sont connus. Le détecteur doit être linéaire sur la gamme d'intensités rencontrées.

La taille du pixel de la caméra ou la taille du détecteur (ou de son diaphragme) doit être suffisamment faible comparée à l'image agrandie du champ proche de façon à être deux fois inférieure aux limites de diffraction du système. Ce qui signifie que:

$$d \leq \frac{1,22 \ M \lambda}{4 \ NA} \quad (1)$$

où

d est la taille du pixel de la caméra ou la taille du détecteur (diaphragme) (en μm);

M est le grandissement approximatif du système optique;

λ est la longueur d'onde d'essai (la plus faible);

NA est l'ouverture numérique de la fibre optique pour la mesure du diamètre du cœur des fibres de catégorie A. NA de l'objectif dans le cas de la mesure du diamètre de gaine.

9.3.4 Fibre support and positioning apparatus

A sufficiently stable means of supporting the test sample input and output ends, such as a vacuum chuck, shall be provided. This support shall be mounted on a positioning device so the fibre end can be accurately positioned in the input beam and output path.

9.3.5 Cladding mode stripper

Unless otherwise specified, devices which strip cladding mode light from the test sample shall be used reasonably near the fibre input and output ends. When the fibre under test has a primary coating with a refractive index higher than that of the glass, this coating is acting as the cladding mode stripper.

9.3.6 Magnifying optics

Suitable optics shall be provided which magnify the output near-field image of the test sample such that this magnified image can be suitably scanned. The numerical aperture and hence the resolving power of this lens shall be compatible with the measuring accuracy, and not lower than 0,3.

In the case of the grey-scale method, the magnification should be selected so that the charged-coupled device (CCD) array of the video camera is nearly filled by the cladding image.

The optical system shall be calibrated in conjunction with the scanning system such that the dimensions in the plane of the fibre output endface are known. (It is not necessary to know the optical system magnification exactly.)

9.3.7 Detection

For the grey-scale method a CCD video camera shall be used to detect the magnified output near-field image and transmit it to a video monitor. The video digitizer performs the digitization of the image for further computer analysis. This video system shall be sufficiently linear such that, after calibration, the measurement uncertainty is not greater than required.

For the single near-field scan method a means shall be provided to scan the focused image of the fibre near-field pattern which provides knowledge of the distance scanned. An example is a single detector (such as a pin-hole) placed on a stepper-motor driven translator with position feedback device, or a video array detector of known element size and spacing. The detector shall be linear over the range of intensities encountered.

The pixel-size of the camera or the size of the detector (or pin-hole) shall be sufficiently small compared with the magnified near-field image as to be less than the system diffraction limits by a factor of 2. That is:

$$d \leq \frac{1,22 \ M\lambda}{4 \ NA} \quad (1)$$

where

d is the pixel size of the camera or detector (pin-hole) size (μm);

M is the approximate magnification of the optical system;

λ is the (lowest) test wavelength;

NA is the NA of the test fibre for core diameter measurements of category A fibres. NA of the objective in case of cladding diameter measurements.

9.3.8 Moniteur d'image vidéo (méthode des échelles de gris)

Un moniteur d'image vidéo doit être utilisé pour l'affichage de l'image détectée. L'écran du moniteur affiche généralement une mire, telle qu'un réticule, pour aider l'opérateur à centrer l'image de l'échantillon en essai. Il est admis d'utiliser un alignement et/ou une mise au point commandé par ordinateur.

9.3.9 Système informatique

Pour la méthode des échelles de gris, les mesures, les acquisitions de données et les calculs sont effectués au moyen d'un ordinateur. Une imprimante fournit une sortie papier des informations et des résultats de mesures.

Pour la méthode de simple balayage en champ proche, des moyens appropriés doivent être prévus pour enregistrer l'intensité du champ proche en fonction de la position de balayage. Ce dispositif pourrait être un enregistreur X-Y, un processeur numérique ou tout autre dispositif approprié.

9.4 Echantillon en essai

L'échantillon doit être préparé de façon que les extrémités de la fibre soient propres, lisses et perpendiculaires à l'axe de la fibre. De manière générale, un angle d'extrémité $<1^\circ$ par rapport à la perpendiculaire à l'axe de la fibre est nécessaire pour la mesure de la gaine. Il convient de contrôler l'état de la face d'extrémité afin que les éventuels dommages aient un impact minimum sur l'exactitude de la mesure. La longueur de la fibre doit être de $2 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ pour les catégories A1, A2, A3, A4. Il n'y a pas de restriction quant à la longueur de la fibre de catégorie B. Il convient d'éviter des courbures importantes de la fibre.

9.5 Procédure

9.5.1 Etalonnage de l'équipement

A l'étude.

9.5.2 Mesure

9.5.2.1 Mesure par la méthode des échelles de gris

Au moyen du support de fibres, l'échantillon en essai préparé doit être aligné à l'extrémité d'entrée pour réaliser les conditions d'injection prescrites. L'image du champ proche de l'extrémité de sortie doit être mise au point et centrée sur l'écran du moniteur. L'intensité d'éclairement du cœur à l'extrémité d'entrée et l'intensité de l'éclairement de la gaine à l'extrémité de sortie doivent être réglées conformément à une norme interne établie pour l'équipement d'essai particulier.

Les données vidéo numérisées de l'image de la face d'extrémité de sortie doivent être enregistrées. Il est admis de calculer la moyenne de plusieurs séries de données.

9.5.2.2 Mesure par la technique de simple balayage en champ proche

L'échantillon doit être préparé, fixé et aligné comme indiqué ci-dessus. L'extrémité de sortie doit être positionnée de manière à permettre le balayage de l'image agrandie. L'image du champ proche doit être balayée et l'intensité, en fonction de la position dans le plan de l'extrémité de sortie de la fibre, doit être enregistrée.

9.3.8 Video image monitor (grey-scale method)

A video image monitor shall be used to display the detected image. The screen on the monitor typically shows a pattern, such as cross-hairs, to assist the operator in centering the image of the test sample. Computer-controlled alignment and/or focusing may be used.

9.3.9 Data system

For the grey-scale method, the measurements, the data acquisitions and the calculations are performed using a computer. A printer provides a hard copy of the information and measurement results.

For the single near-field scan method, appropriate means shall be provided to record the near-field intensity as a function of scan position. This could be an X-Y chart recorder, a digital processor, or other suitable device.

9.4 Test sample

The test sample shall be prepared to have fibre ends which are clean, smooth and perpendicular to the fibre axis. Typically an end angle $<1^\circ$ from normal to the fibre axis is necessary for the cladding measurement. End damage should be controlled for minimum impact on the measurement accuracy and/or precision. The length shall be $2\text{ m} \pm 0,2\text{ m}$ for fibre categories A1, A2, A3, A4. There is no length restriction for category B fibre. Care should be taken to avoid sharp bends on the fibres.

9.5 Procedure

9.5.1 Equipment calibration

Under consideration.

9.5.2 Measurement

9.5.2.1 Measurement by the grey-scale method

Using fibre holders, the prepared test sample shall be aligned at the input end to achieve the launch condition specified. The near-field image of the output end shall be focused and centered in the monitor. The intensity of the core illumination at the input end and the intensity of the cladding illumination at the output end shall be adjusted according to an established, internal standard for the particular test equipment.

The digitized video data from the image of the output end face shall be recorded. Several data sets may be averaged.

9.5.2.2 Measurement by the single near-field scan technique

The sample shall be prepared, secured and aligned as indicated above. The output end shall be adjusted to permit the magnified image to be scanned. The near-field image shall be scanned and the intensity as a function of position in the plane of the fibre output end shall be recorded.

9.5.3 Niveaux de décision

Les niveaux de décision des différentes limites du cœur et de la gaine dans l'image du champ proche sont les suivants:

Limite du cœur

Pour les fibres de catégorie A, ce niveau est conforme à la définition donnée en 7.1.

Pour les fibres de catégorie B, il est admis que ce niveau soit à 50 % de l'intensité maximale du cœur.

Limite de la gaine

Différentes méthodes de détermination de la limite de la gaine peuvent être utilisées: la méthode du niveau de décision en est un exemple. Il est essentiel d'utiliser le même niveau de décision pour la limite de la gaine que celui utilisé dans la procédure d'étalonnage.

NOTE D'autres méthodes de détection de la limite de la gaine sont actuellement à l'étude et peuvent fournir une performance équivalente ou supérieure. La méthode de détermination de la limite de la gaine doit être indiquée.

9.5.4 Calculs

9.5.4.1 Calculs pour la méthode des échelles de gris

Les données brutes de la limite du cœur et de la gaine ainsi que le cœur sont ajustées à des courbes monotones, mathématiquement fermées afin de déterminer les estimations des contours réels. Ces courbes monotones mathématiquement fermées sont ensuite ajustées à des cercles afin de déterminer les caractéristiques géométriques, y compris l'écart par rapport à la forme circulaire idéale de chacun des contours. Ces valeurs ainsi que les représentations mathématiques des contours sont utilisées pour déterminer les paramètres en 9.2 de la manière suivante:

R_{co} (μm):	rayon du cœur ajusté,
X_{co}, Y_{co} (μm):	centre du cœur ajusté,
$R_{min co}$ (μm):	distance minimale du bord du cœur au centre,
$R_{max co}$ (μm):	distance maximale du bord du cœur au centre,
Diamètre du cœur (μm):	$2 R_{co}$
Non-circularité du cœur (%):	$100 (R_{max co} - R_{min co})/R_{co}$
R_{cl} (μm):	rayon de la gaine ajusté,
X_{cl}, Y_{cl} (μm):	centre de la gaine ajusté,
$R_{min cl}$ (μm):	distance minimale du bord de la gaine au centre,
$R_{max cl}$ (μm):	distance maximale du bord de la gaine au centre,
Diamètre de la gaine (μm):	$2 R_{cl}$
Non-circularité de la gaine (%):	$100 (R_{max cl} - R_{min cl})/R_{cl}$
Erreur de concentricité	
cœur/gaine (μm):	$((X_{cl} - X_{co})^2 + (Y_{cl} - Y_{co})^2)^{1/2}$

NOTE Pour les fibres de catégorie B, il est supposé que l'erreur de concentricité du champ de mode et l'erreur de concentricité du cœur déterminées par la méthode de la répartition de la lumière en champ proche, au moyen de longueurs d'onde bien inférieures à 1 310 nm (en utilisant une lumière blanche) sont équivalentes.

9.5.3 Decision levels

The decision levels of the different boundaries of core and cladding in the near-field image are the following:

Core boundary

For category A fibres this level is according to the definition of 7.1.

For category B fibres this level may be at 50 % of the maximum core intensity.

Cladding boundary

Different methods for determining the cladding boundary can be used; one example is the decision level method. It is essential to use the same decision level for the cladding boundary as the one used in the calibration procedure.

NOTE Other cladding boundary detection methods than the above are under consideration and may provide equivalent or superior performance. The method of determining the cladding boundary should be stated.

9.5.4 Calculations

9.5.4.1 Calculations for the grey-scale method

The raw data of the core and cladding boundary and the core are fitted to smooth, mathematically closed forms to determine best estimates of the actual edges. These smooth mathematically closed forms are then fitted to an ellipse in order to determine the geometrical characteristics including the first order deviations from the ideal circular shape of each respective edge boundary. These values and the mathematical edge representations are used to determine the parameters of 9.2 as follows:

R_{co} (μm):	fitted core radius,
X_{co}, Y_{co} (μm):	fitted core centre,
$R_{min\ co}$ (μm):	minimum distance of core edge to centre,
$R_{max\ co}$ (μm):	maximum distance of core edge to centre,
Core diameter (μm):	$2 R_{co}$
Core non-circularity (%):	$100 (R_{max\ co} - R_{min\ co})/R_{co}$
R_{cl} (μm):	fitted cladding radius,
X_{cl}, Y_{cl} (μm):	fitted cladding centre,
$R_{min\ cl}$ (μm):	minimum distance of cladding edge to centre,
$R_{max\ cl}$ (μm):	maximum distance of cladding edge to centre,
Cladding diameter (μm):	$2 R_{cl}$
Cladding non-circularity (%):	$100 (R_{max\ cl} - R_{min\ cl})/R_{cl}$
Core/cladding concentricity error (μm):	$((X_{cl} - X_{co})^2 + (Y_{cl} - Y_{co})^2)^{1/2}$

NOTE For category B fibres it is assumed that the mode field concentricity error and the concentricity error of the core represented by the near-field light distribution method using wavelengths much less than 1 310 nm (using white light) are equivalent.

Les courbes lissées et mathématiquement fermées, utilisées pour représenter les contours sont choisies afin de permettre une variation de courbure qui soit supérieure ou égale à celle d'une ellipse. Pour des formes non elliptiques, les données peuvent être converties en coordonnées polaires par rapport à un centre estimé approximativement avant le calcul d'ajustement du rayon en fonction de la position angulaire. Les formes suivantes sont des exemples de fonctions d'ajustement qu'il est admis d'utiliser selon la disponibilité des équipements.

Méthode de l'ellipse:

Les paires x, y sont ajustées à une ellipse par la méthode de la «somme des moindres carrés». Il est admis d'utiliser un calcul itératif avec filtrage actif. Un cercle est alors ajusté aux données (filtrées) au moyen de la méthode des moindres carrés et les paramètres sont déterminés à partir de ce cercle.

Transformée de Fourier:

La transformée est filtrée en mettant à zéro les coefficients au-dessus d'une certaine période, la période de troncature. La période de troncature maximale est de 180° , ce qui correspond à une ellipse. Typiquement, la période de troncature est de 90° (Pour 64 points de données, ceci correspond au quatrième terme de Fourier après le terme constant.)

Fonction spline fermée du 3^e degré: En coordonnées polaires, l'abscisse est divisée en un certain nombre d'intervalles égaux. Chaque intervalle est représenté par une équation cubique distincte. Les équations sont contraintes à être égales en valeur, en dérivée première et dérivée seconde, aux limites de l'intervalle, y compris la limite $0^\circ, 360^\circ$. Le nombre d'intervalles doit être d'au moins cinq, correspondant à une ellipse. On utilise jusqu'à douze intervalles.

Il est admis d'effectuer un filtrage actif ou une élimination des points de données brutes qui correspondent aux défauts de coupe, de ceux qui sont ajustés à la forme mathématique. Le choix de la courbe, l'équipement d'essai, la méthode de coupe ainsi que l'algorithme de filtrage sont interactifs et contribuent à la qualité des résultats de mesure de la gaine.

9.5.4.2 Calculs pour la technique du simple balayage en champ proche

Le diagramme de rayonnement en champ proche doit être normalisé par rapport à l'intensité maximale détectée et tracé en fonction de la position réelle de balayage dans le plan de l'extrémité de sortie de la fibre. Deux possibilités sont disponibles pour le calcul du diamètre du cœur.

NOTE Il est admis que le diamètre de la section droite présente un écart par rapport au diamètre du cœur déterminé par la méthode des échelles de gris, du fait de la non-circularité du cœur.

Option 1 – Sans ajustement de la courbe

Détermination du diamètre dans la section droite directement à partir du diagramme mesuré avec un niveau k tel que défini en 7.1 (figure 5).

Option 2 – Ajustement de la courbe

Ajustement par la méthode des moindres carrés de la portion du diagramme de rayonnement normalisé, $I(r)/I(0)$, entre les points 10 % et 80 % pour cents selon une loi en puissance de la forme suivante:

$$I(r)/I(0) = 1 - (r/a)^g \quad (2)$$

où a est le rayon du cœur et g est l'exposant de la loi en puissance. Les variables d'ajustement étant a , $I(0)$ et g . Il convient de choisir l'algorithme d'ajustement de la courbe de façon que les résultats ne dépendent pas de manière significative des détails de l'algorithme.

The smooth, mathematically closed forms used to represent the edges are required in order to allow a variation of curvature that is greater than or equal to that found in an ellipse. For non-elliptical forms, the data can be converted to polar coordinates about a roughly estimated centre before fitting radius vs. angular position. The following forms are examples of fitting functions that may be used depending upon equipment availability:

- Ellipse method:** The x, y pairs are fit to the ellipse by using the “least sum of squares (LSS) method”. An iterative process of active filtering may be used. A circle is then fitted to the (filtered) data using the LSS method and the parameters are determined from the circle fit.
- Fourier transform:** The transform is filtered by setting the coefficients above some period, the truncation period, to zero. The maximum truncation period is 180° , corresponding to an ellipse. Typically, the truncation period is 90° . (For 64 data points, this corresponds to the fourth Fourier term above the zero frequency reference.)
- Circular cubic spline:** In polar coordinates, the abscissa is divided into a number of equal intervals. Each interval is represented with a distinct cubic equation. The equations are constrained to be equal in value, first derivative and second derivative at the interval boundaries, including the $0^\circ, 360^\circ$ boundary. The number of intervals shall be at least five, corresponding to an ellipse. As many as twelve intervals are used.

Active filtering, or removal of raw data points that represent cleave damage from those that are fitted to the mathematical form, is allowed. The choice of the curve, the test equipment, the cleave method, and the filtration algorithm are interactive in their contribution to the quality of the cladding measurement results.

9.5.4.2 Calculations for the single near-field scan technique

The output near-field pattern shall be normalized to the peak detected intensity and plotted as a function of the effective scan position in the plane of the fibre output end. Two options are available to calculate the core diameter.

NOTE The cross sectional diameter may deviate from the core diameter determined by the grey-scale method due to core non-circularity.

Option 1 – No curve fit

Determine the cross sectional diameter directly from the measured pattern at the k level defined in 7.1 (figure 5).

Option 2 – Curve fit

Least squares fit the portion of the normalized radiation pattern, $I(r)/I(0)$, between the 10 and 80 percent points to the following power law expression:

$$I(r)/I(0) = 1 - (r/a)^g \quad (2)$$

where a is the core radius and g is the power law exponent. Variables in the fit include a , $I(0)$, and g . The curve fitting algorithm should be chosen so that the results do not significantly depend upon details of the algorithm.

Le diamètre dans la section droite est obtenu à partir de la courbe ajustée à une loi en puissance pour $I(a) = 0$, ce qui signifie que le diamètre est égal à $2a$, où a est le rayon (figure 6).

NOTE Des études ont montré que les options 1 et 2 donnent approximativement la même valeur de diamètre du cœur dans la section droite (figure 7).

9.6 Résultats

9.6.1 Les données suivantes doivent être notées:

- date de l'essai;
- titre de l'essai (échelles de gris ou simple balayage en champ proche);
- identification de la fibre;
- paramètres mesurés.

9.6.2 Les données suivantes doivent être disponibles sur demande:

- montage d'essai;
- conditions d'injection;
- caractéristiques spectrales de la(des) source(s);
- détails du dispositif optique de sortie;
- type de détecteur et dimension de l'ouverture (seulement pour la méthode de simple balayage en champ proche);
- indication de l'exactitude et de la répétabilité;
- procédure d'étalonnage;
- méthode de détection de la limite de la gaine (seulement pour la méthode des échelles de gris);
- correction de l'erreur systématique le cas échéant (seulement pour la méthode des échelles de gris);
- détails relatifs à la méthode de simple balayage en champ proche et résolution estimée (uniquement pour la méthode de simple balayage en champ proche).

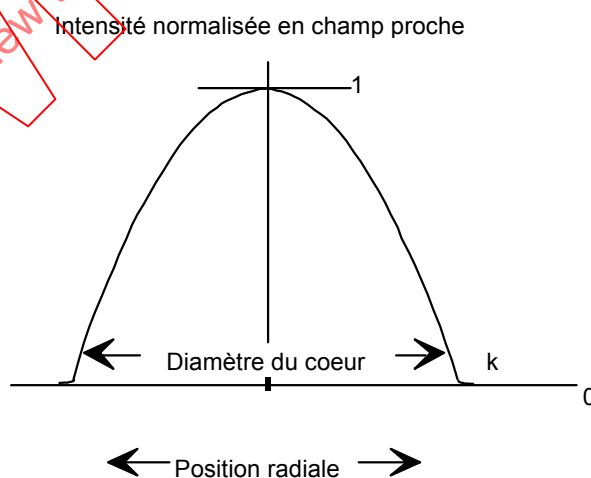


Figure 5 – Diamètre du cœur dans une section droite déterminé par balayage d'intensité en champ proche, option 1

The cross-sectional diameter is obtained from the fitted power law curve at $I(a) = 0$, i.e., the diameter is equal to $2a$, where a is the radius (figure 6).

NOTE Studies have shown that options 1 and 2 give approximately the same value for cross-sectional core diameter (figure 7).

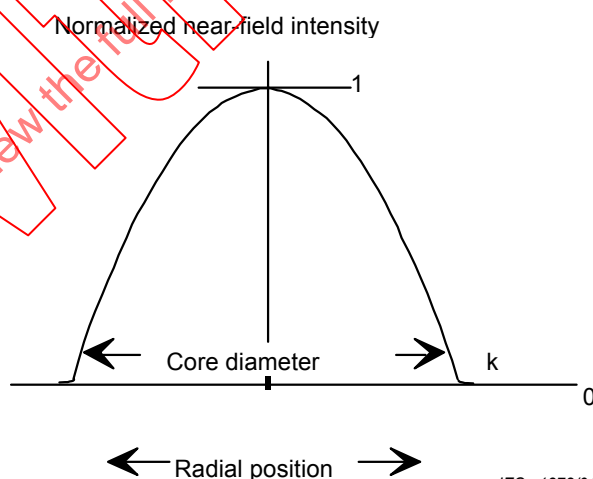
9.6 Results

9.6.1 The following data shall be reported:

- date of the test;
- title of the test (grey scale or single near-field scan);
- fibre identification;
- parameters measured.

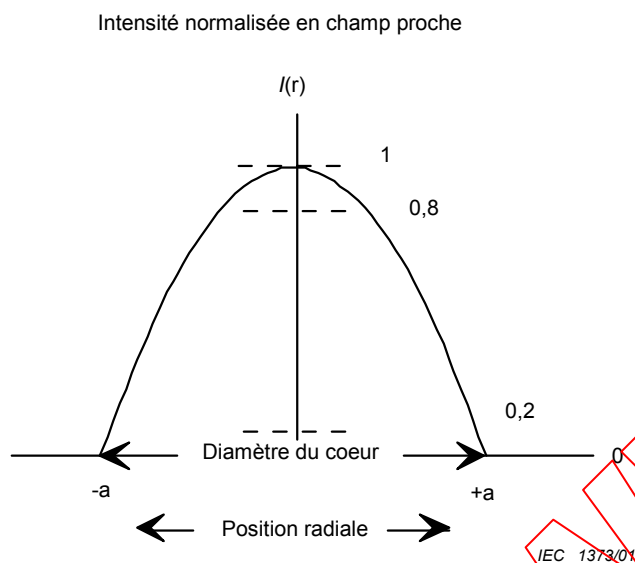
9.6.2 The following data shall be available upon request:

- test set-up arrangement;
- launch conditions;
- spectral characteristics of the source(s);
- details of output optics;
- detector type and aperture size (single near-field scan method only);
- indication of accuracy and repeatability;
- calibration procedure;
- cladding boundary detection method (grey-scale method only);
- offset correction if applicable (grey-scale method only);
- details of single near-field scan method and estimated resolution (single near-field scan method only).



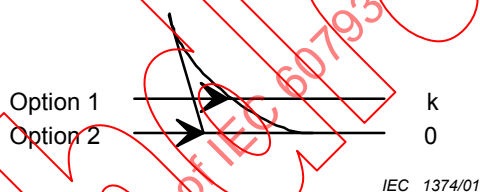
IEC 1372/01

Figure 5 – Cross-sectional core diameter as determined by the near-field intensity scan – option 1



NOTE La courbe en pointillé est le profil théorique de la loi en puissance pour le diagramme de rayonnement en champ proche ajusté aux données expérimentales dans les zones indiquées par les traits pleins.

Figure 6 –Diamètre du cœur dans une section droite déterminé par balayage d'intensité en champ proche, option 2



NOTE La ligne courbe correspond aux valeurs expérimentales. Equivalence des balayages d'intensité selon les options 1 et 2.

Figure 7 –Distribution de l'intensité en champ proche dans la région de la frontière cœur-gaine

10 Méthode CEI 60793-1-A3 – Répartition latérale de la lumière pour le revêtement primaire

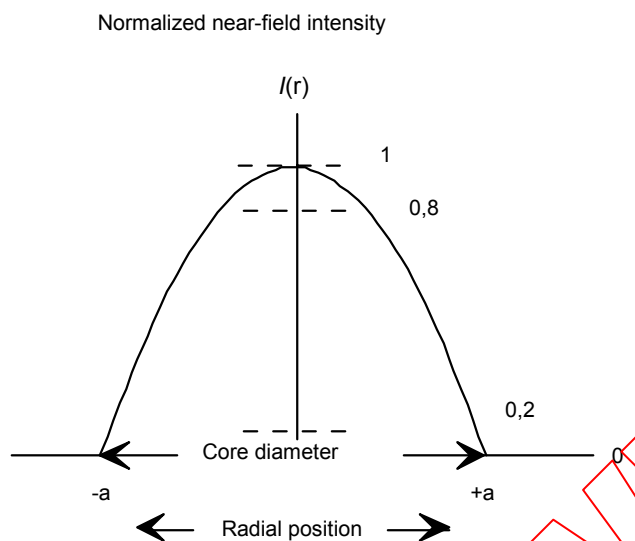
10.1 Objet

Cet article décrit l'équipement et la technique d'analyse des données pour la détermination du diamètre, de la non-circularité et de la concentricité de la couche primaire par rapport à la partie en verre de la fibre. Cet essai est effectué à part pendant le contrôle. Il n'est pas adapté à des mesures directes, en cours de processus.

Afin d'évaluer certains paramètres du revêtement, il est nécessaire d'évaluer également le diamètre de la gaine par cette procédure; cependant, du fait de l'exactitude relativement médiocre de cette méthode, la valeur du diamètre de la gaine ainsi obtenue ne peut être considérée comme une alternative aux valeurs obtenues par les méthodes d'essai déjà établies pour la géométrie du verre.

10.2 Préparation de l'échantillon

L'échantillon doit être une courte longueur de la fibre à mesurer. Cette longueur doit être notée.



NOTE The dotted curve is the theoretical power law profile for the near-field radiation pattern fitted to the experimental data in the regions indicated by the solid lines.

Figure 6 – Cross-sectional core diameter as determined by the near-field intensity scan – option 2



NOTE The curved line is the experimental data; the equivalence of intensity scan options 1 and 2.

Figure 7 – Near-field intensity distribution in the region of the core-cladding boundary

10 Method IEC 60793-1-A3 – Side view light distribution for primary coating

10.1 Object

This clause describes the equipment and the data analysis technique for the determination of diameter, non-circularity and concentricity of the primary coating with respect to the glass part of the fibre. This method is conducted off-line during inspection. It is not suitable for on-line, in-process measurements.

In order to evaluate some coating parameters, it is necessary to evaluate also the cladding diameter by this procedure. However, due to the relatively poor accuracy of the method, this value of cladding diameter can not be considered as an alternative to the values obtained by the already established test methods for glass geometry.

10.2 Sample preparation

The sample shall be a short length of the fibre to be measured. This length shall be noted.

10.3 Appareillage

L'appareillage peut être constitué d'un microscope optique ou d'une jauge laser.

10.3.1 Microscope optique

Un objectif de microscope de grande qualité, avec éclairage en lumière transmise, doit être utilisé.

L'image peut être visualisée directement au moyen d'un oculaire à fil ou projetée sur une caméra munie d'un dispositif à couplage de charge (DCC) et affichée sur un moniteur. Le grossissement utilisé est en général de 100 fois à 200 fois pour la méthode visuelle et de 20 fois pour la méthode utilisant une caméra; dans ce dernier cas, l'image est formée directement sur le DCC. Les dimensions de l'image de la fibre sont déterminées au moyen de l'oculaire à fil pour la méthode visuelle et en positionnant un curseur électronique sur le moniteur ou encore par analyse informatique des données d'une image stockée pour la méthode utilisant la caméra.

Un schéma de l'équipement d'essai typique est illustré à la figure 8.

10.3.1.1 Dispositif de maintien de la fibre

La fibre à mesurer doit être maintenue dans le plan focal du microscope, en s'assurant que l'axe de la fibre soit perpendiculaire à l'axe optique de l'objectif. L'échantillon est immergé dans un liquide approprié d'adaptation d'indice et contenu dans une cellule réalisée en matériau transparent; cette cellule doit être fixée (si nécessaire) sur une table tournante afin de positionner l'échantillon parallèlement au curseur. L'ensemble de la cellule ou la fibre contenue dans la cellule doit être maintenu par la pince de façon qu'il puisse tourner sur 180°, et pouvoir être fixé en un nombre suffisant de positions pour mesurer les dimensions du revêtement. Il convient que les tolérances mécaniques soient telles qu'un repositionnement et une remise au point minimales soient nécessaires lorsque la fibre est déplacée d'une position de rotation à une autre.

10.3.2 Jauge laser

L'appareillage doit comprendre une source laser fonctionnant à une longueur d'onde appropriée (par exemple 633 nm), un dispositif de balayage et un détecteur. Si nécessaire, il est admis d'utiliser un système d'objectifs pour collimater le faisceau sur l'échantillon.

Une représentation schématique de l'équipement d'essai est donnée à la figure 9.

10.3.2.1 Dispositif de maintien de la fibre

L'échantillon, maintenu par une pince tournante appropriée, doit pouvoir tourner sur 180° et doit être fixé en un nombre suffisant de positions tout en maintenant l'axe de la fibre perpendiculaire à l'axe optique de l'appareillage.

10.3.3 Etalonnage

L'appareil doit être étalonné en mesurant un objet de dimensions connues (échantillon d'étalonnage). Cependant, l'exactitude de cette méthode d'essai étant typiquement de 1 µm, les dimensions de l'échantillon d'étalonnage ne doivent être connues qu'avec une précision de 0,5 µm ou mieux.

10.3 Apparatus

The apparatus may consist of an optical microscope or a laser gauge.

10.3.1 Optical microscope

A high-quality microscope lens objective, with transmitted light illumination, shall be used.

The image may be viewed directly using a filar eyepiece or projected onto a charge-coupled device (CCD) camera and displayed on a monitor. A typical system magnification for the visual method is 100 times to 200 times and for the camera method is typically 20 times; in the latter case the image is formed directly onto the CCD. The dimensions of the fibre image are determined using the filar eyepiece in the visual method and by positioning an electronic cursor on the monitor, or by computer data analysis of a stored image in the camera method.

A schematic diagram of a typical test equipment is shown in figure 8.

10.3.1.1 Fibre holding arrangement

The fibre to be measured shall be held in the focal plane of the microscope, with the fibre axis perpendicular to the optical axis of the objective. The sample is immersed into a suitable index matching fluid, and retained by means of a cell made with a transparent material; this cell shall be fixed (if necessary) on a rotating table, in order to position the sample parallel to the cursor. The cell assembly as a whole, or the fibre within the cell, shall be held by the fibre clamp in such a way that it may be rotated through 180° and be capable of being fixed in a sufficient number of positions for the purpose of measuring coating dimensions. The mechanical tolerances should be such that minimal repositioning and refocusing is required when the fibre is moved from one rotational position to another.

10.3.2 Laser gauge

The apparatus shall consist of a laser source operating at a suitable wavelength (e.g. 633 nm), a scanning device and a detector. If necessary, a system of lenses may be used to collimate the beam onto the sample.

A schematic diagram of the measurement set-up is shown in figure 9.

10.3.2.1 Fibre holding arrangement

The sample, held by a suitable rotating fibre clamp, shall be capable of rotating through 180° and shall be fixed in a sufficient number of positions while maintaining the fibre axis perpendicular to the optical axis of the apparatus.

10.3.3 Calibration

The apparatus shall be calibrated by measuring an object of known dimensions (calibration sample). However, since the accuracy of this test method is typically 1 µm, the dimensions of the calibration sample need only to be known with an accuracy of 0.5 µm or better.

10.4 Procédure

Les dimensions du revêtement primaire sous différents angles de rotation sont déterminées par analyse de l'image de la fibre; il est admis de mesurer les dimensions au moyen de la jauge laser en évaluant la fonction de déflexion du faisceau laser à travers la fibre.

Après acquisition des données, il est admis de suivre deux approches différentes:

10.4.1 Analyse plane

Les diamètres minimal et maximal doivent être mesurés en faisant tourner l'échantillon, au moyen d'une pince appropriée. Il est nécessaire de faire tourner la fibre pour déterminer la position angulaire pour laquelle la taille de l'image est maximale ou minimale. Le diamètre de la gaine et les épaisseurs des couches du revêtement primaire sont alors mesurés pour ces positions angulaires; la même procédure est appliquée après rotation de la fibre; les valeurs maximale et minimale (respectivement A et B) des diamètres mesurés à différentes positions angulaires sont alors calculées.

10.4.2 Analyse avec ajustement à une ellipse

Une image grossie de la vue latérale de la fibre est analysée pour obtenir des données relatives au diamètre du revêtement extérieur. Si un nombre suffisant de points de mesure est disponible, des ellipses sont ajustées aux données du revêtement par la «méthode de la somme des moindres carrés» (SMC) afin de déterminer le grand axe (A) et le petit axe (B).

Il convient que l'analyse ne soit effectuée que si suffisamment de données sont disponibles pour obtenir la précision et la répétabilité requises.

10.4.3 Définitions

Les définitions peuvent être choisies parmi l'une de celles des clauses 10.4.3.1 ou 10.4.3.2 ci-après, selon le type d'approche utilisée pour l'analyse des données; l'approche choisie doit être définie dans la spécification particulière.

10.4.3.1 Définitions des paramètres géométriques du revêtement primaire pour analyse d'ajustement en ellipse:

Paramètres	Définition
Diamètre du revêtement (μm)	$\frac{A+B}{2}$
Non-circularité (%)	$\frac{A-B}{\text{Diamètre du revêtement}} \times 100$
Erreur de concentricité (μm)	$((X_{pc} - X_{gl})^2 + (Y_{pc} - Y_{gl})^2)^{1/2}$

où

A et B sont respectivement le grand axe et le petit axe de l'ellipse la mieux ajustée, mesurés en microns;

X_{pc} et Y_{pc} sont les coordonnées du centre du revêtement intérieur/revêtement extérieur;

X_{gl} et Y_{gl} sont les coordonnées du centre de la gaine.

10.4 Procedure

The dimensions of the primary coating under different rotation angles are determined by the analysis of the image of the fibre. Using the laser gauge the dimensions may be measured by evaluating the deflection function of the laser beam across the fibre.

After the acquisition of the data, two different approaches may be followed:

10.4.1 Plane analysis

The minimum and maximum diameters shall be measured by rotating the sample, using a suitable fibre clamp. It is necessary to rotate the fibre to find the angular position where the size of the image is a maximum or a minimum. The cladding diameter and the thicknesses of the primary coating layers in such an angular position are then measured; the same procedure is followed after rotating the fibre; the maximum and minimum values (respectively A and B) of the diameters measured at the different angular positions are then computed.

10.4.2 Ellipse fitting analysis

A magnified image of the side view of the fibre is analysed to obtain data on the outer coating diameter. Providing enough data points are available, ellipses are fitted to coating data using a "least sum of squares (LSS) method" to determine the major axis (A) and the minor axis (B).

Analysis should only proceed provided sufficient data to achieve the required accuracy and repeatability is available.

10.4.3 Definitions

The definitions can be chosen either from 10.4.3.1 or 10.4.3.2 hereafter, according to the type of approach for the data analysis; the chosen approach shall be defined in the detail specification.

10.4.3.1 Definitions for primary coating geometric parameters for elliptical fitting analysis:

Parameter	Definition
Coating diameter (μm)	$\frac{A + B}{2}$
Non-circularity (%)	$\frac{A - B}{\text{coating diameter}} \times 100$
Concentricity error (μm)	$((X_{\text{pc}} - X_{\text{gl}})^2 + (Y_{\text{pc}} - Y_{\text{gl}})^2)^{1/2}$

where

A and B respectively are the major and minor axis of the best-fit ellipse measured in microns;

X_{pc} and Y_{pc} are the outer coating/inner coating centre coordinates;

X_{gl} and Y_{gl} are the cladding centre coordinates.

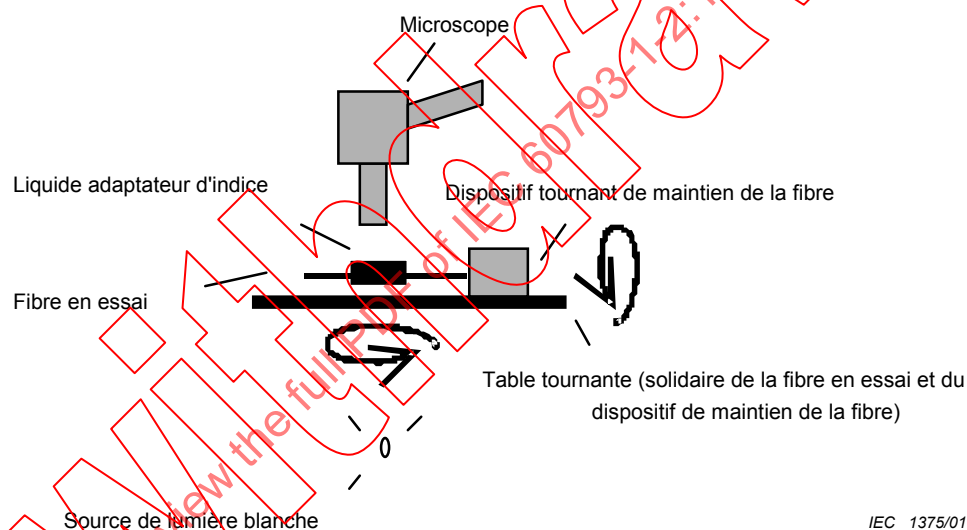
10.4.3.2 Définitions des paramètres géométriques du revêtement primaire pour analyse plane

Paramètres	Définition
Diamètre du revêtement (μm)	$\frac{A+B}{2}$
Non-circularité (%)	$\frac{A - B}{\text{Diamètre du revêtement}} \times 100$
Rapport des épaisseurs (%)	$\frac{\text{Min}}{\text{Max}} \times 100$

où

A et B sont respectivement les diamètres maximal et minimal;

Min et Max sont respectivement les épaisseurs minimale et maximale mesurées du revêtement primaire.



IEC 1375/01

Figure 8 – Représentation schématique d'un appareillage d'essai typique

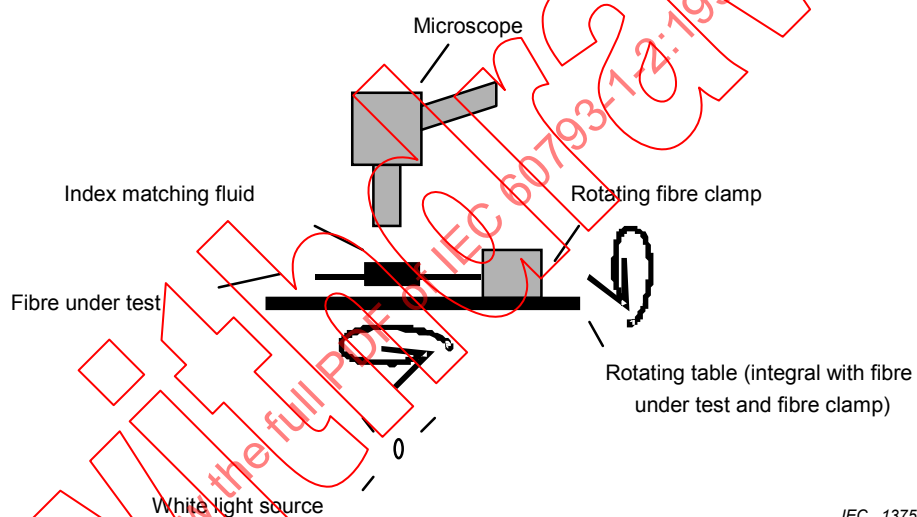
10.4.3.2 Definitions for primary coating geometric parameters for plane analysis

<i>Parameter</i>	<i>Definition</i>
Coating diameter (μm)	$\frac{A + B}{2}$
Non-circularity (%)	$\frac{A - B}{\text{coating diameter}} \times 100$
Thickness ratio (%)	$\frac{\text{Min}}{\text{Max}} \times 100$

where

A and B respectively are the maximum and minimum diameters;

Min and Max respectively are the minimum and maximum measured thicknesses of the primary coating.



IEC 1375/01

Figure 8 – Schematic diagram of a typical test equipment

Figure 3 - Appareillage de mesure (vue en plan)

11 Méthode CEI 60793-1-A4 – Mesure mécanique du diamètre

11.1 Objet

Cette technique de mesure mécanique du diamètre permet de déterminer avec précision le diamètre de gaine des fibres de silice (fibre de type A1, A2 et B). Cette technique est employée pour fournir à l'industrie des échantillons de fibre calibrés définis comme matériaux de référence normalisés.

11.2 Domaine d'application

Le diamètre d'une fibre et d'une fibre revêtue sont des valeurs fondamentales et doivent être connues pour les procédures suivantes: manipulation, épissurage, montage de connecteurs, câblage et mesures.

11.3 Appareillage d'essai

11.3.1 Généralités

La mesure utilise deux palpeurs en contact avec deux génératrices opposées de la fibre. Les faces des palpeurs peuvent être planes et parallèles, et la force de contact suffisamment faible pour éviter toute déformation physique de la fibre par les palpeurs. Sinon, si l'un ou les deux palpeurs ne sont pas plans et si la fibre est déformée par les palpeurs, une correction relative à la compression doit être faite.

11.3.2 Appareillage

On se référera au schéma représentant l'appareillage d'essai (figure 10).

11.3.2.1 Palpeurs

Il y a deux palpeurs, l'un fixe et l'autre mobile. Le palpeur mobile doit être monté sur un micromanipulateur ou peut se déplacer librement, sur coussinet d'air par exemple. Le palpeur mobile doit être maintenu au contact du palpeur fixe ou de la fibre par des ressorts ou par la tension développée par un poids en suspension, ou par tout autre moyen reproductible.

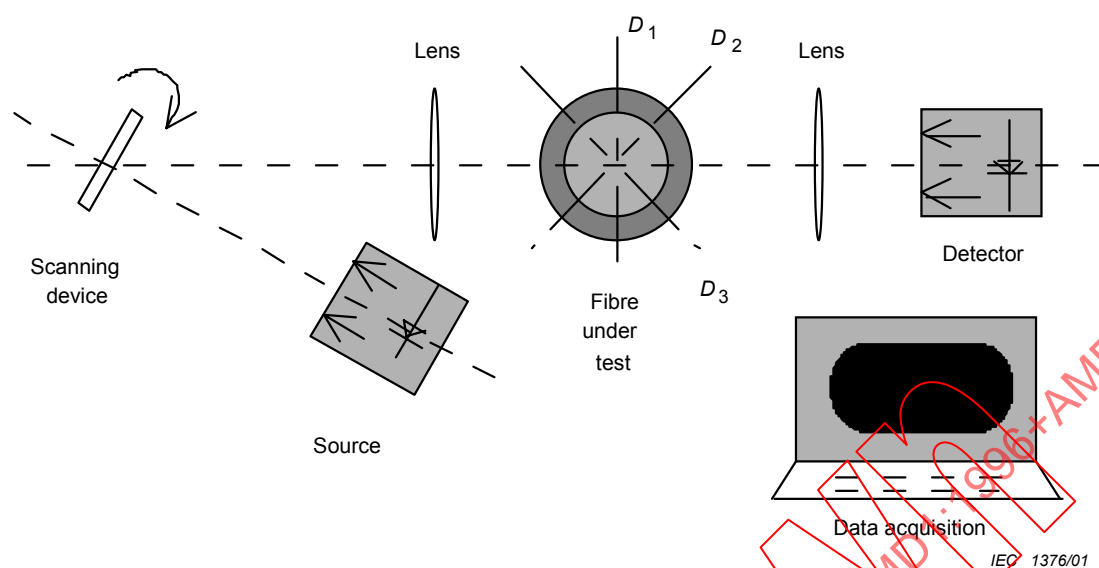


Figure 9 – Measurement set-up (side view)

11 Method IEC 60793-1-A4 – Mechanical diameter measurement

11.1 Object

This is a mechanical diameter measurement technique for accurately determining the cladding diameter of silica fibres (fibre types A1, A2 and B). This technique is used to provide calibrated fibre specimens to the industry as Standard Reference Materials.

11.2 Scope

The diameter of a fibre and coated fibre are fundamental values and shall be known for subsequent procedures such as handling, splicing, connectorization, cabling and measurements.

11.3 Test apparatus

11.3.1 General

The measurement uses two anvils in order to make contact with each side of the fibre. The faces of the anvils may be flat and parallel, and the force may be made small enough to ensure that the fibre is not physically distorted by the anvils. Alternatively, if either or both of the anvils are not flat and if the fibre is distorted by the anvils, then a correction shall be made for the compression.

11.3.2 Apparatus

Refer to the schematic diagram of the test apparatus (figure 10).

11.3.2.1 Anvils

There are two anvils, one fixed and one movable. The movable anvil shall be mounted on a micromanipulator or may move freely, as on an air bearing. The movable anvil shall be held against the fixed anvil or the fibre by springs or by a force developed by a hanging weight, or by any other reproducible means.

11.3.2.2 Système de micromètre électronique

Un système de micromètre électronique, tel qu'un interféromètre double de Michelson, doit être utilisé avec un rétrorélecteur ou un miroir plan pour mesurer avec précision le mouvement de la plate-forme et par conséquent du palpeur mobile.

11.3.2.3 Support d'éprouvette

L'éprouvette doit être maintenue entre les faces des palpeurs. Les éprouvettes de petite taille peuvent déborder d'une férule ou d'un bloc en V ou de toute autre fixation similaire.

11.3.3 Procédure

11.3.3.1 Principe de la mesure

Le diamètre de l'éprouvette est mesuré en amenant les palpeurs au contact sur les deux côtés. La force de contact peut être ajustée de sorte que la déformation de l'éprouvette et des palpeurs soit négligeable. La force effective de contact employée doit être déterminée en accord avec le fournisseur et l'utilisateur, et peut dépendre des matériaux constituant l'éprouvette ou les palpeurs.

L'écart entre les palpeurs est mesuré avec précision à l'aide du micromètre électronique.

Si la déformation est non négligeable, une correction mathématique de l'écart mesuré doit être effectuée.

11.3.3.2 Mesure

Les faces des palpeurs sont nettoyées et la vis micrométrique réglée de façon à amener en contact les deux faces des palpeurs. On tourne un peu plus la vis micrométrique de façon que les palpeurs soient maintenus ensemble uniquement par le ressort de tension. La valeur de distance lue sur le micromètre électronique est enregistrée. Le micromètre est ensuite réglé de façon que la distance entre les faces des palpeurs soit supérieure au diamètre de l'échantillon. L'échantillon de fibre est placé sur son support entre les deux faces des palpeurs. La vis micrométrique est tournée lentement pour amener les faces des palpeurs en contact avec la fibre de façon que les palpeurs soient maintenus sur la fibre par le ressort de tension seul. La valeur de distance lue sur le micromètre électronique est enregistrée. La différence entre la première et la deuxième lecture, plus les corrections dues à la compression, donne le diamètre de l'éprouvette. La mesure devra être répétée plusieurs fois pour s'assurer de la répétabilité.

11.3.4 Résultats

Le diamètre moyen de l'échantillon et l'écart type obtenus à partir de plusieurs mesures seront donnés pour indiquer la répétabilité de la mesure.

La non-circularité de la fibre peut être déterminée par une série de mesures en faisant tourner la fibre entre chaque mesure.

Il convient de tenir disponible à la demande une description de l'appareillage (y compris l'indication des matériaux composant les palpeurs et de la force de contact).

Si un facteur de correction est appliqué, il convient de le tenir disponible à la demande.

11.3.2.2 Electronic micrometer system

An electronic micrometer system, such as a double-pass Michelson interferometer, shall be used with a retroreflector or a plane mirror to measure accurately the movement of the stage and thus the movable anvil.

11.3.2.3 Specimen support

The specimen shall be supported between the faces of the anvils. Short specimens may protrude from a ferrule or from a vee block or other similar fixture.

11.3.3 Procedure

11.3.3.1 Principle of measurement

The diameter of the specimen is measured by contacting opposite sides with the anvils. The contact force may be adjusted so that there is negligible distortion of the specimen and the anvils. The actual force used shall be agreed upon by the supplier and the user, and may depend on the materials of the specimen or the anvils.

The separation of the anvils is accurately measured with the electronic micrometer.

If distortion is not negligible, a mathematical correction of the measured separation shall be made.

11.3.3.2 Measurement

The anvil faces are cleaned and the micrometer screw turned to bring the anvil faces into contact with each other. The micrometer screw is turned an extra amount so that the anvils are held together by the spring tension only. The electronic micrometer distance reading is recorded. The micrometer is next adjusted so that the gap between the anvil faces is larger than the specimen diameter. The specimen fibre is placed on the supports between the anvil faces. The micrometer screw is turned slowly to bring the anvil faces into contact with the fibre so that the anvils are held against the fibre by the spring tension only. The electronic micrometer distance reading is recorded. The difference between the first and second readings, plus any corrections due to compression, is the diameter of the specimen. The measurement should be repeated a few times to ensure repeatability.

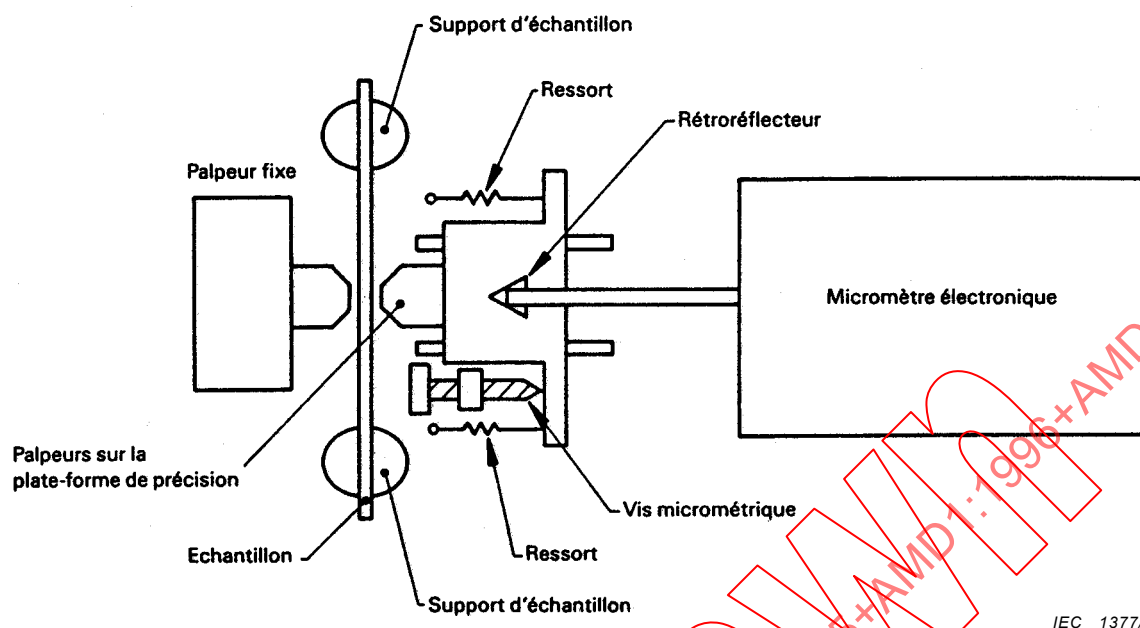
11.3.4 Results

The specimen average diameter and standard deviation derived from a number of measurements should be given to indicate measurement repeatability.

Non-circularity of fibre can be determined by a series of measurements in which the fibre is rotated between each measurement.

A description of the apparatus (including the anvil materials and contact force) should be available to be reported if required.

If a correction factor is used, it should be available to be reported if required.



IEC 1377/01

Figure 10 – Vue de dessus d'un système typique de micromètre électronique

12 Méthode CEI 60793-1-A5 – Mesure mécanique de la longueur

A l'étude.

13 Méthode CEI 60793-1-A6 – Mesure de la longueur par mesure du retard de l'impulsion transmise et/ou de l'impulsion réfléchie

13.1 Objet

La méthode suivante permet la mesure de la longueur de la fibre par la mesure du temps de propagation d'une impulsion optique ou d'un train d'impulsions en se fondant sur une valeur connue de l'indice de groupe de la fibre.

En variante, cette méthode peut convenir pour mesurer l'indice de groupe d'une fibre de longueur connue. En pratique, cette méthode de mesure de la longueur de la fibre est étalonnée par rapport à une longueur connue d'une fibre de même type.

La longueur d'une fibre optique constitue l'une des valeurs les plus fondamentales et doit être connue pour l'évaluation des caractéristiques de transmission telles que les pertes et la bande passante.

13.2 Principe

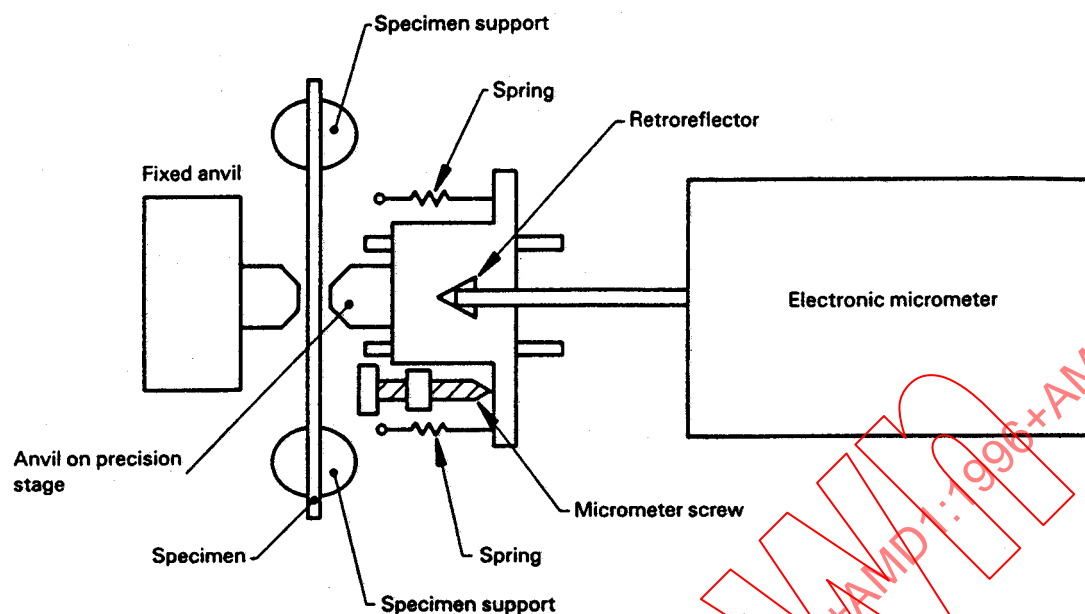
Une impulsion optique se propageant dans une fibre optique de longueur L et d'indice de groupe moyen N aura un temps de transmission de retard Δt :

$$\Delta t = \frac{NL}{c}$$

où

Δt est le temps de retard, et

c est la vitesse de la lumière dans le vide.



IEC 1377/01

Figure 10 – Top view of a typical electronic micrometer system

12 Method IEC 60793-1-A5 – Mechanical length measurement

Under consideration.

13 Method IEC 60793-1-A6 – Length measurement by delay measuring of transmitted pulse and/or reflected pulse

13.1 Object

The following method applies to measurements of the fibre length by the measurement of the propagation time of an optical pulse or a pulse train on the basis of a known value of the group index of the fibre.

Alternatively, this method is suitable to measure the group index of a fibre of known length. Therefore in practice this fibre length measurement method is calibrated against a known length of fibre of the same type.

The length of an optical fibre is one of the most fundamental values and shall be known for the evaluation of the transmission characteristics such as losses and bandwidths.

13.2 Principle

An optical pulse travelling through an optical fibre with length L and average group index N , experiences a travelling/delay time Δt :

$$\Delta t = \frac{NL}{c}$$

where

Δt is the time delay, and

c is the velocity of light in vacuum.

Si N est connu, la mesure de Δt donne L et, d'autre part, la mesure de L donne la valeur de N lorsque L est connu.

NOTE Il convient que les tolérances sur l'indice de groupe provoquées par les tolérances sur l'ouverture numérique soient prises en compte.

13.3 Echantillon

L'échantillon peut être constitué par une fibre (éventuellement dans un câble). Il convient de vérifier la valeur de N dans les conditions applicables à l'échantillon soumis à l'essai (par exemple tension mécanique, température).

13.4 Appareillage

13.4.1 Généralités

Il existe deux méthodes pour mesurer le temps de propagation d'une impulsion optique, à savoir:

- a) mesure du temps de propagation d'une impulsion transmise (Δt mesuré);
- b) mesure du temps de propagation d'une impulsion réfléchie ($2 \Delta t$ mesuré).

Les deux montages différents, correspondant aux deux techniques utilisant un oscilloscope à échantillonnage, sont illustrés dans la figure 11.

A la place de l'oscilloscope à échantillonnage, un équipement de rétrodiffusion ou un compteur muni de portes démarrage/arrêt séparées, et avec possibilité de moyennage (par exemple au moins 10^4 coups) peuvent être utilisés.

13.4.2 Source optique

- a) Mesure avec l'oscilloscope à échantillonnage

Un générateur d'impulsions optiques doit être de préférence une diode laser à grande puissance, excitée par un générateur à trains d'impulsions électriques, réglable en fréquence et en largeur. La longueur d'onde et la largeur spectrale doivent être enregistrées.

- b) Mesure avec un compteur ou un appareil de rétrodiffusion

Un générateur d'impulsions optiques doit être de préférence une diode laser de grande puissance, excitée par un générateur à trains d'impulsions électriques réglable en largeur. Le temps entre deux impulsions doit être plus long que le temps de transmission de l'impulsion transmise (Δt , avec le compteur) ou rétrodiffusée ($2 \Delta t$, avec l'équipement de rétrodiffusion). La longueur d'onde et la largeur spectrale doivent être enregistrées.

13.4.3 Détecteur optique

Le récepteur doit être, de préférence, une photodiode à avalanche à grande vitesse. La sensibilité du détecteur optique doit être suffisante à la longueur d'onde de mesure et sa bande passante doit être suffisamment grande pour que la forme de l'impulsion ne soit pas influencée.

13.5 Procédure

- a) Etalonnage

On doit mesurer le retard de la source optique au point d'injection (le retard du montage de mesure proprement dit).

If N is known, the measurement of Δt gives L and on the other hand, the measurement of Δt gives the value of N when L is known.

NOTE Tolerances on the group index caused by tolerances on numerical aperture should be taken into account.

13.3 Sample

The sample can be a fibre (possibly in a cable). The value of N should be ascertained under conditions applicable to the sample under test (for example tension, temperature).

13.4 Apparatus

13.4.1 General

There are two methods for measuring the propagation time of an optical pulse as follows:

- a) time measurement of the transmitted pulse (Δt measured):
- b) time measurement of the reflected pulse ($2 \Delta t$ measured).

Two different arrangements corresponding to the two techniques applying a sampling oscilloscope, are illustrated in figure 11.

Instead of the sampling oscilloscope, backscattering equipment or a counter with separate start/stop gate and averaging capability (for example at least 10^4 counts) can be used.

13.4.2 Optical source

- a) Measurement with the sampling oscilloscope

An optical pulse generator shall preferably be a high-power laser diode, excited by an electrical pulse train generator tunable in frequency and width. The wavelength and the spectral width shall be recorded.

- b) Measurement with a counter or a backscattering apparatus

An optical pulse generator shall preferably be a high-power laser diode, excited by an electrical pulse train generator tunable in width. The time between two pulses shall be longer than the travelling time of the transmitted pulse (Δt , with counter) or the reflected pulse ($2 \Delta t$, with backscattering equipment). The wavelength and the spectral width of the laser diode shall be recorded.

13.4.3 Optical detector

The receiver shall preferably be a high-speed avalanche photodiode. The sensitivity of the optical detector shall be sufficient at the measuring wavelength, and its bandwidth shall be large enough so as not to influence the shape of the pulse.

13.5 Procedure

- a) Calibration

The delay time of the optical source to the launching point shall be measured (the delay time of the measurement apparatus itself).

b) Valeur moyenne de l'indice de groupe

Sur une fibre de longueur connue, mesurée par un moyen mécanique, la mesure de Δt donne la valeur moyenne N de l'indice de groupe de cette fibre.

c) Mesure de la longueur

La mesure de la longueur consiste en la lecture d'un intervalle de temps sur l'écran d'un oscilloscope ¹⁾ (ou la lecture du temps moyen de parcours sur l'affichage d'un compteur électronique à corriger par la valeur obtenue à l'étalonnage).

13.6 Résultats

La longueur de la fibre est obtenue à partir de l'équation suivante:

a) Méthode par transmission

$$L = \frac{\Delta t \cdot c}{N}$$

b) Méthode par réflexion

$$L = \frac{\Delta t \cdot c}{2N}$$

où

L est la longueur de la fibre (m);

Δt est le temps de transmission ou de réflexion (ns);

c est la vitesse de la lumière dans le vide (m/ns);

N est l'indice de groupe moyen.

13.7 Documentation

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- identification de la fibre;
- humidité relative et température ambiante;
- méthode de mesure;
- longueur d'onde;
- indice de groupe;
- retard du montage de mesure ²⁾;
- temps de transmission ou de réflexion ²⁾;
- longueur de la fibre.

¹⁾ Une amélioration pratique importante peut être obtenue en rendant la précision de la méthode de mesure indépendante de la longueur réelle de la fibre en utilisant la méthode de l'oscilloscope à double trace (voir figure 12).

²⁾ Facultatif.

b) Average group index value

On a known length of fibre, mechanically measured, the measurement of Δt gives the average value N of the group index of the fibre.

c) Length measurement

The length measurement is a time domain reading on the screen of an oscilloscope ¹⁾ (or the reading of the averaged travelling time on the display of an electronic counter to be corrected for the calibration value).

13.6 Results

The fibre length is obtained from the following equation:

a) Transmitted pulse method

$$L = \frac{\Delta t \cdot c}{N}$$

b) Reflected pulse method

$$L = \frac{\Delta t \cdot c}{2N}$$

where

L is the fibre length (m);

Δt is the transmission or reflection time (ns);

c is the light velocity in vacuum (m/ns);

N is the average group index.

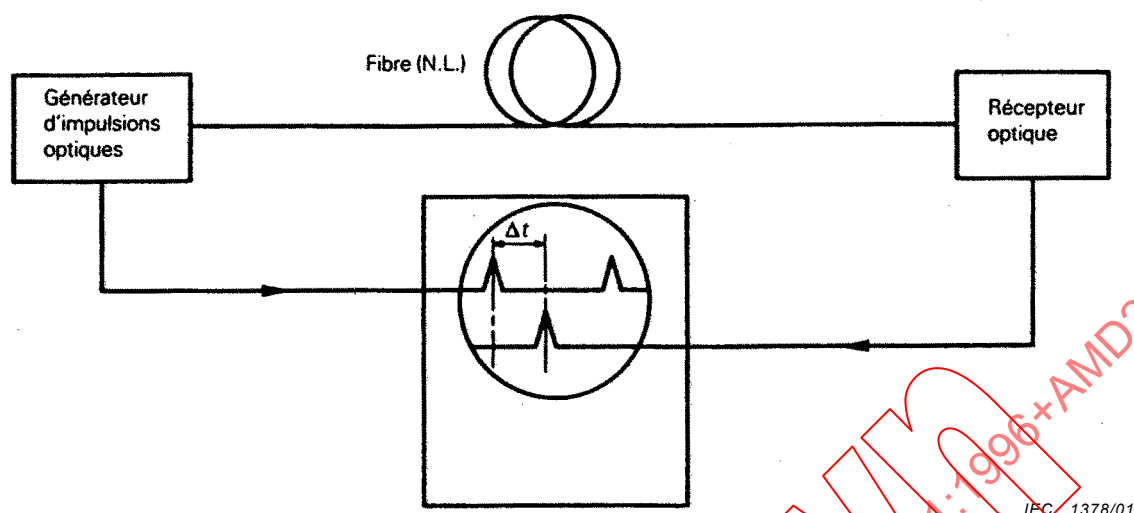
13.7 Documentation

The following data shall be presented:

- fibre identification;
- relative humidity and ambient temperature;
- measuring method;
- wavelength;
- group index;
- delay time of the measurement apparatus ²⁾;
- transmission or reflection time ²⁾;
- fibre length.

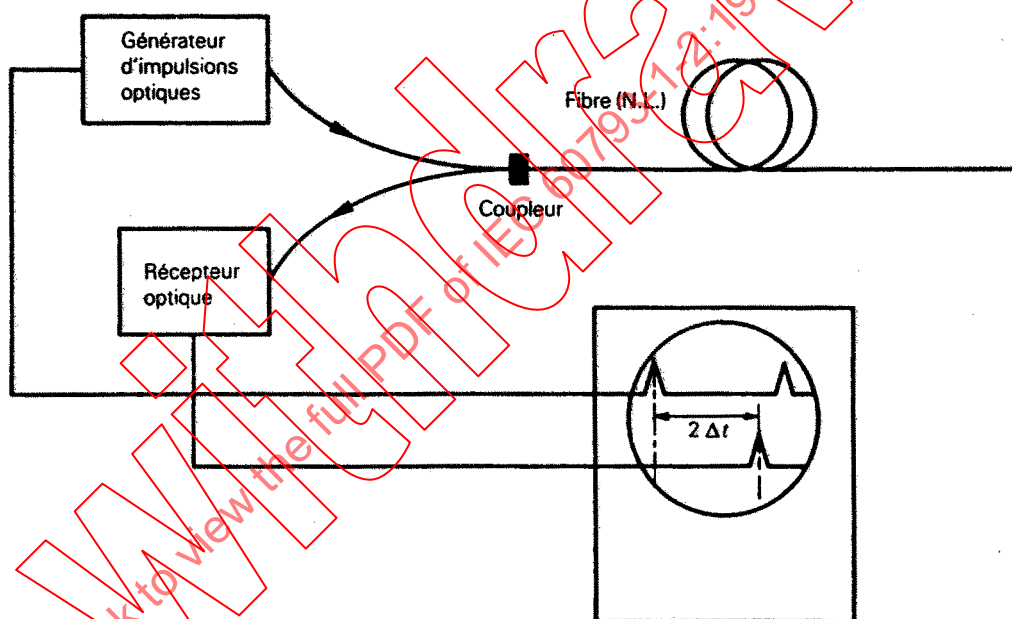
¹⁾ An important practical improvement can be achieved in making the accuracy of the measurement independent from the actual length of the fibre by means of a dual channel oscilloscope method (see figure 12).

²⁾ Optional.



IEC 1378/01

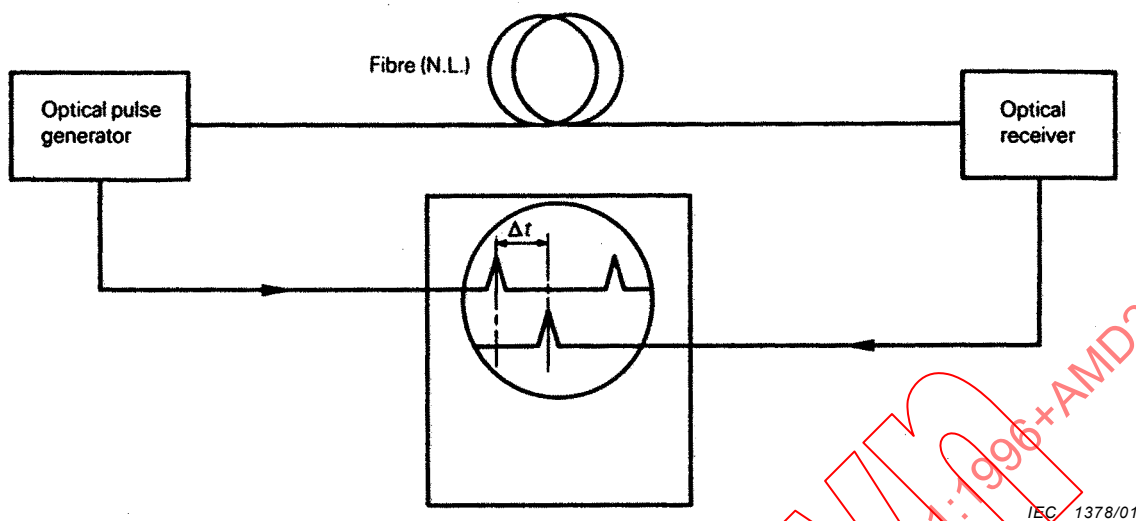
Figure 11a – Mesure du temps de propagation d'une impulsion transmise



IEC 1379/01

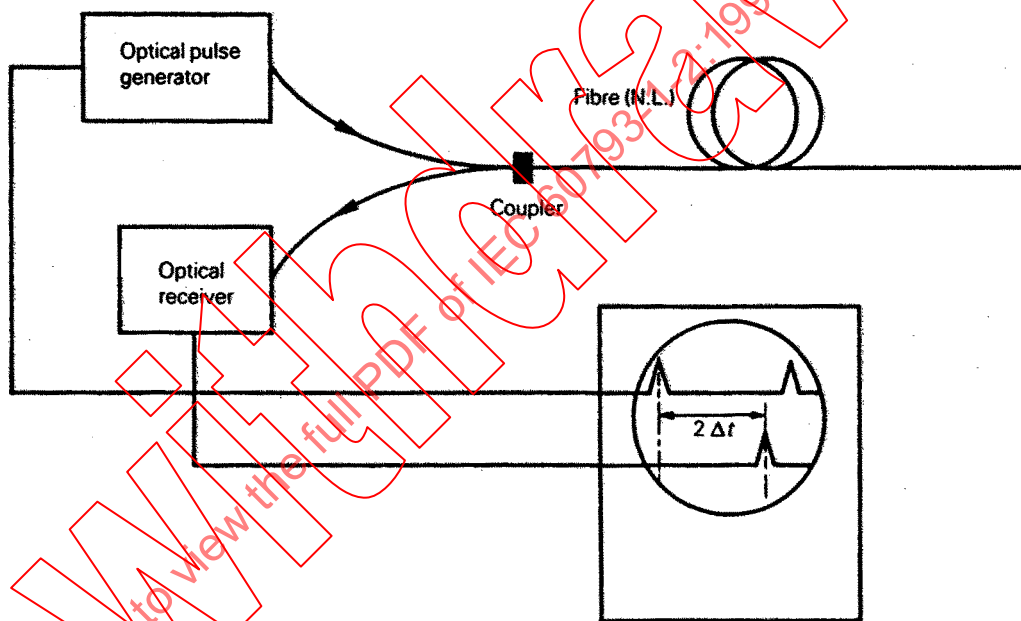
Figure 11b – Mesure du temps de propagation d'une impulsion réfléchie

Figure 11 – Mesure de la longueur de fibre par la mesure du temps de propagation d'impulsions optiques



IEC 1378/01

Figure 11a – Time measurement of the transmitted pulse



IEC 1379/01

Figure 11b – Time measurement of the reflected pulse

Figure 11 – Measurement of fibre length by propagation time of optical pulses

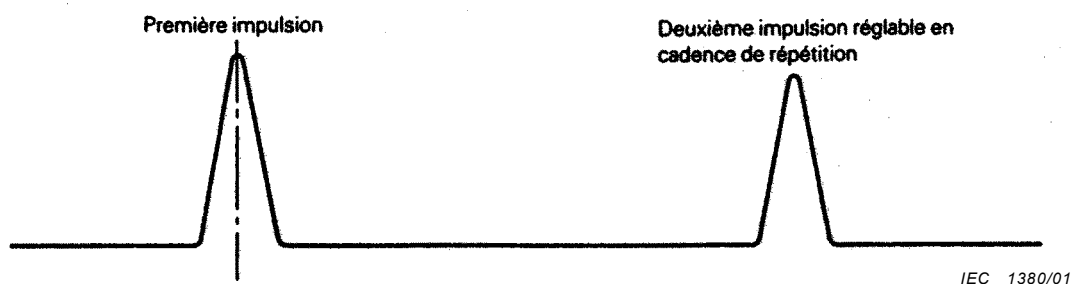


Figure 12a – Voie 1: Impulsion émise

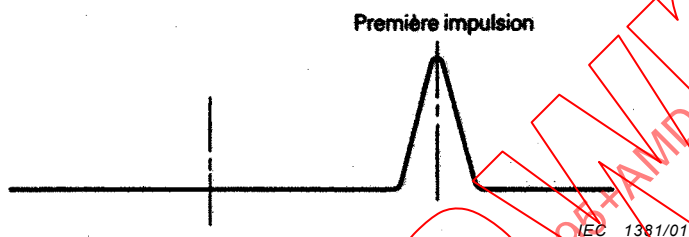


Figure 12b – Voie 2: Impulsion transmise

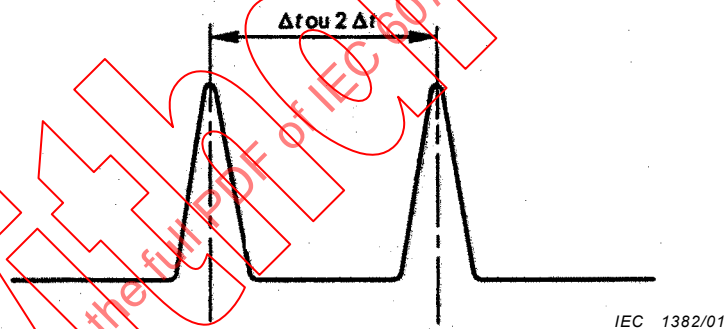


Figure 12c – Voie 1: Impulsion émise après que la cadence de répétition a été réglée pour que la deuxième impulsion de la voie 1 soit en coïncidence temporelle avec l'impulsion transmise de la voie 2

Figure 12 – Principe de la mesure de la longueur de fibre

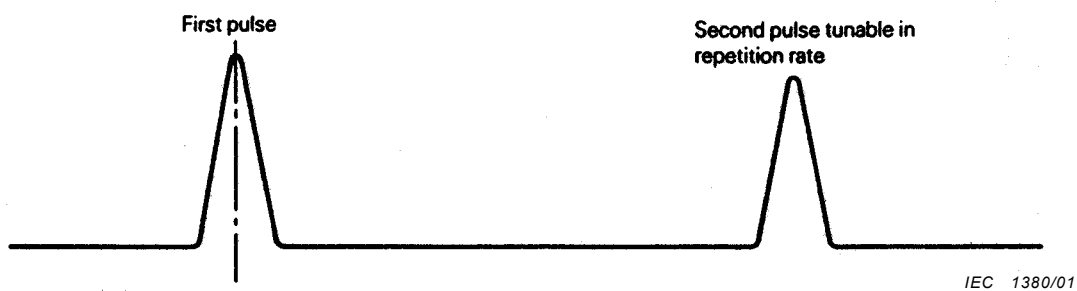


Figure 12a – Channel 1: Emitted pulse

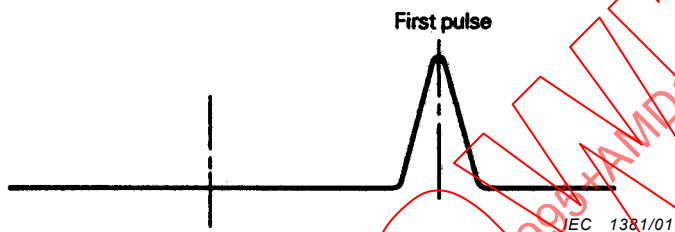


Figure 12b – Channel 2: Transmitted pulse



Figure 12c – Channel 1: Emitted pulse after adjustment of the repetition rate in such a way that the second pulse in channel 1 coincides with the transmitted pulse of channel 2

Figure 12 – Principle of fibre-length measurement

14 Méthode CEI 60793-1-A7 – Méthode de mesure de l'allongement d'une fibre

14.1 Objet

La présente méthode d'essai décrit une procédure pour déterminer l'allongement d'une fibre. L'objet de cet article n'est pas de prescrire une méthode de mesure absolue des allongements mais plutôt de mesurer les modifications d'allongement entre deux conditions de charge.

La mesure de l'allongement de la fibre fait partie de plusieurs méthodes de mesure pour les fibres et les câbles à fibres optiques telles que définies dans la CEI 60794-1.

Le présent essai est applicable sans aucune réserve aux fibres unimodales de type B1. Pour les fibres multimodales de type A1, il convient de prêter une attention toute particulière à l'interprétation des résultats, étant donné qu'ils peuvent être influencés par des interférences entre modes dues par exemple à l'apparition de contraintes non longitudinales sur la fibre. L'application de l'essai aux fibres multimodales A2 à A4 est actuellement en cours d'étude.

14.2 Description

L'allongement de la fibre est déduit de la mesure de déphasage (méthode A), ou de la mesure du retard impulsionnel (méthode B).

L'allongement de la fibre: $\varepsilon = \Delta L/L$ est fourni par la formule suivante

$$\varepsilon = V \times \frac{\Delta t}{L}$$

où

Δt est le retard impulsionnel

L est la longueur de fibre soumise à l'essai

V est une constante qui dépend du coefficient photoélastique (k), de la vitesse de la lumière dans le vide (c) et de l'indice de groupe effectif (N_{eff}).

$$V = \frac{kc}{N_{\text{eff}}}$$

Le facteur V corrige les résultats de mesure en tenant compte des variations d'indice induites par un allongement.

Pour la méthode A, le retard impulsionnel Δt est déduit de la formule suivante

$$\Delta t = \frac{\Delta \theta}{360 \times f}$$

où

$\Delta \theta$ est le déphasage (en degrés);

f est la fréquence de modulation.

Etant donné que le facteur V dépend du type de fibre, le dispositif de mesure doit être étalonné.

14.3 Appareillage

L'appareil d'essai, permettant de mettre en essai une longueur de fibre de référence, doit être capable d'appliquer et de faire varier les contraintes longitudinales sur le câble ou la fibre. Une fixation correcte des extrémités de l'éprouvette doit être assurée afin d'éviter le glissement de la fibre pendant l'application de la charge. Un banc d'allongement approprié doit être prévu pour l'étalonnage du déphasage ou du retard impulsionnel en fonction de l'allongement de la fibre, mesuré mécaniquement.

14 Method IEC 60793-1-A7 – Fibre elongation measurement method

14.1 Object

This test method describes a procedure for determining the fibre elongation. It is not the purpose of this clause to outline a method to measure absolute strain but instead to measure changes in strain from one loading condition to another.

The measurement of fibre elongation is part of several measurement methods for fibres and fibre optic cables such as in IEC 60794-1.

This test is applicable unreservedly to type B1 single-mode fibres. For type A1 multimode fibres, particular care should be taken when interpreting the results as the results of this test may be influenced by interfering modal effects, for example due to the occurrence of non-longitudinal stresses on the fibre. Application of the test to multimode A2 to A4 fibres is under consideration.

14.2 Description

The fibre elongation is derived from the measurement of phase shift (method A), or derived from the measurement of differential pulse delay (method B).

The fibre elongation strain $\varepsilon = \Delta L/L$ is given by

$$\varepsilon = V \times \frac{\Delta t}{L}$$

where:

Δt is the differential pulse delay

L is the tested fibre length

V is a constant depending on the photoelastic coefficient (k), the speed of light in vacuum (c) and the effective group index of refraction (N_{eff}).

$$V = \frac{kc}{N_{\text{eff}}}$$

The factor V corrects the results for changes in the fibre's refractive index with strain.

For method A the differential delay Δt is derived from

$$\Delta t = \frac{\Delta\theta}{360 \times f}$$

where

$\Delta\theta$ is the phase shift (degrees);

f is the modulation frequency.

As the factor V depends on the fibre type, the measurement set-up has to be calibrated.

14.3 Apparatus

The test fixture of known gauge length shall be capable of applying and varying longitudinal stresses on the cable or fibre. Proper fixing of the ends of the specimen shall be observed in order to prevent the fibres from slipping during loading. A suitable elongation bench shall be provided for the calibration of the phase shift or pulse delay versus the mechanically measured fibre elongation.

14.3.1 Equipement optique

Il convient que l'équipement d'essai utilisé pour la méthode A ou pour la méthode B soit stable sur l'ensemble de la durée de la mesure et sur la plage de température rencontrée. Les montages de mesure typiques pour les méthodes A et B sont indiqués dans les figures 13 et 14.

14.3.1.1 Méthode A – Technique du déphasage

Il convient d'utiliser une source lumineuse (soit une diode laser, soit une diode électroluminescente filtrée), un modulateur, un dispositif optique d'injection, un détecteur, et un signal de référence pour la méthode du déphasage. Ces dispositifs sont décrits dans la méthode CEI 60793-1-C5A de la CEI 60793-1-4 «Mesure de la dispersion chromatique des fibres optiques par la méthode de déphasage». La différence est qu'une seule diode laser est utilisée. Les déphasages observés sont fonction des modifications d'allongement sur la fibre.

NOTE Lorsque cette méthode est utilisée, il convient de vérifier que les ambiguïtés provenant de sauts de déphasage de 360° du phasemètre sont prises en compte.

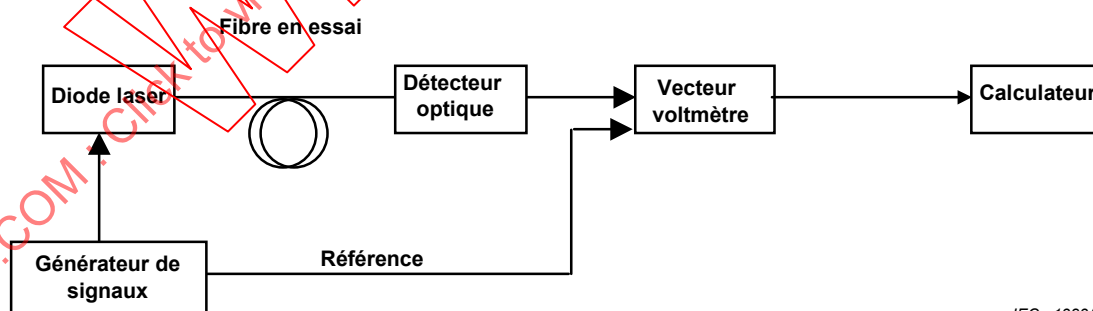
14.3.1.2 Méthode B – Retard impulsif (technique du temps de vol)

Pour cette méthode, il convient d'utiliser une technique appropriée de mesure du temps de vol, tel qu'un réflectomètre optique de faible durée d'impulsion fonctionnant dans le domaine temporel (RODT).

14.3.1.3 Résolution de l'instrument

Il convient que la résolution de mesure de l'allongement pour l'ensemble du système de mesure soit inférieure ou égale à 0,01 %. Ceci comprend l'équipement d'essai optique (fréquence de modulation ou largeur d'impulsion, etc.) et l'appareil d'essai (longueur de la fibre de référence, fixation des extrémités de câble/fibre, mesure de la charge, etc.). Etant donné que tous ces facteurs participent à l'exactitude et à la résolution de l'ensemble du système de mesure, il convient d'évaluer séparément chaque banc d'essai.

Cette procédure d'essai est prévue pour être menée dans des conditions ambiantes normales, généralement rencontrées en laboratoires. Cette méthode est également réalisable dans d'autres conditions si la température est stable à $\pm 2^\circ\text{C}$ pendant la durée de l'essai. Pour des variations de température et de pression extrêmes (plus de 40 atmosphères), il est admis que des corrections soient nécessaires notamment pour ce qui concerne le facteur V.



IEC 1383/01

Figure 13 – Montage d'essai pour la méthode A

14.3.1 Optical test equipment

The test equipment for either method A or method B should be stable over the measurement time period and temperature range encountered. Typical measurement set-ups for methods A and B are given in figures 13 and 14.

14.3.1.1 Method A – Phase shift technique

A light source (either laser diode or filtered light emitting diode), modulator, launch optics, signal detector, and reference signal should be used for the phase shift method. These pieces of equipment are outlined and specified in method IEC 60793-1-C5A of IEC 60793-1-4 "Chromatic dispersion measurement of optical fibres by the differential phase shift method". The difference is that only one laser diode is used. The phase shifts observed are a function of strain changes on the fibre.

NOTE Care should be taken in observing that 360° phase shift roll-over ambiguities of the phase meter are accounted for when using this method.

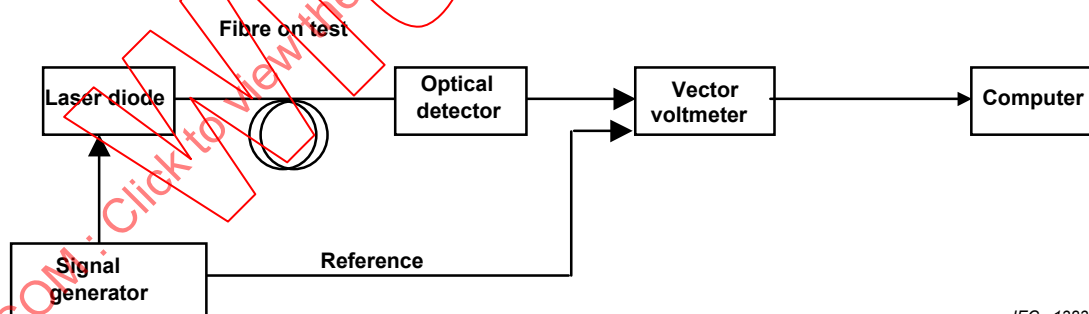
14.3.1.2 Method B – Differential pulse delay (time-of-flight technique)

An appropriate time-of-flight measurement technique, such as a short pulse/Fresnel optical time domain reflectometer (OTDR) should be used for this method.

14.3.2 Instrument resolution

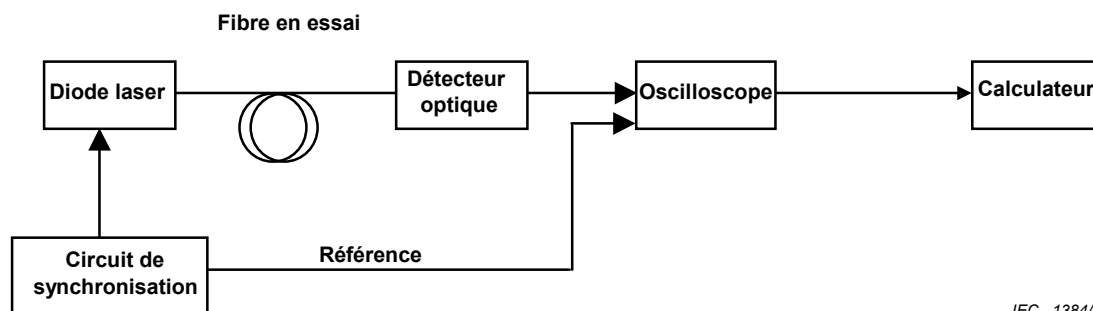
The strain measurement resolution of the entire measurement system should be equal to or less than 0,01 %. This includes the optical test equipment (modulation frequency or pulse width, etc.) and the test fixture (sample gauge length, cable/fibre end fixers, load measurement, etc.). Since all of these factors are involved in determining the entire measurement system's accuracy and resolution, then each test bench should be evaluated separately.

This test procedure is intended to be conducted at ambient room conditions typically found in laboratories. This method is feasible under other conditions provided the temperature is stable to ± 2 °C during the duration of the test. For extreme temperature and pressure changes (more than 40 atmospheres), corrections may be necessary particularly with regard to the V factor.



IEC 1383/01

Figure 13 – Measurement set-up for method A



IEC 1384/01

Figure 14 – Montage d'essai pour la méthode B

14.4 Procédure

14.4.1 Etalonnage

Placer la fibre de référence sur le banc d'essai d'allongement et la relier à l'appareil de mesure optique.

Augmenter progressivement l'allongement de la fibre dans une plage d'allongement connue qui soit suffisamment linéaire pour déterminer le facteur V .

Mesurer et enregistrer, de préférence en continu, le déphasage ou le retard d'impulsion en fonction de l'allongement mécanique de la fibre.

La relation ainsi déterminée rend compte des changements d'indice de groupe induits.

NOTE 1 Il est recommandé d'effectuer les étalonnages à partir d'une sélection aléatoire d'échantillons de fibre du même type.

NOTE 2 Il n'est pas nécessaire de répéter cet étalonnage avant chaque mesure d'allongement de la fibre tant que le même type de fibre (conception et fabricant) est utilisé.

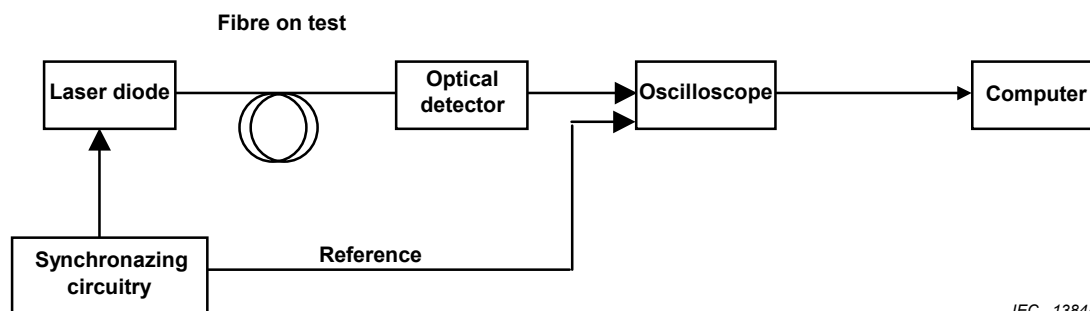
14.4.2 Mesure de l'échantillon en essai

Dans les conditions de référence (en général les conditions ambiantes), il est effectué une lecture soit de la phase en degrés soit du retard. Cette valeur de référence est enregistrée. L'éprouvette est soumise à un allongement longitudinal à la charge spécifiée. Après stabilisation de la charge appliquée, les procédures de mesure sont répétées et soit la valeur de la phase après contrainte, soit la longueur est notée. Ces étapes sont recommencées pour toute autre condition de charge supplémentaire. Après libération de la charge appliquée, une mesure finale peut être faite afin de s'assurer que l'allongement appliqué à la fibre revient à son état initial de référence.

NOTE Une mesure à partir d'une seule extrémité peut être effectuée par l'une des méthodes indiquées ci-dessous.

- 1) Pour un câble soumis à l'essai, un chemin optique peut être constitué par deux fibres qui sont reliées à leur autre extrémité. Cependant, du fait de l'effet du moyennage des allongements sur les deux fibres, il convient de prêter une attention particulière à l'interprétation des résultats.
- 2) En insérant, à l'extrémité proche, un coupleur directionnel approprié relié d'un côté à la source optique et au détecteur et, de l'autre côté à la fibre soumise à l'essai. Le déphasage ou le retard d'impulsion est alors mesuré entre le signal d'entrée et le signal réfléchi par l'autre extrémité. La face de l'autre extrémité de la fibre coupée doit être propre et perpendiculaire pour maximiser le signal réfléchi. Il convient de s'assurer que les autres réflexions (par exemple, de l'extrémité proche de la fibre) sont réduites au minimum.

Dans les deux cas, il convient d'utiliser un facteur 2 pour corriger les données de déphasage ou de retard d'impulsion recueillies afin de tenir compte de la double longueur du chemin optique.



IEC 1384/01

Figure 14 – Measurement set-up for method B

14.4 Procedure

14.4.1 Calibration

Install the reference fibre on the elongation bench and connect it to the optical measurement apparatus.

Progressively increase the fibre elongation within a known range of elongation which is sufficiently linear to determine the factor V .

Measure and record, preferably continuously, the phase shift or pulse delay as a function of the mechanical fibre elongation.

The relation thus determined accounts for the strain induced changes of the group index.

NOTE 1 It is recommended to carry out the calibration with a random selection of fibre samples of the same type.

NOTE 2 It is not necessary to repeat this calibration before each fibre elongation measurement as long as the same type of fibre (design and manufacturer) is used.

14.4.2 Test sample measurement

Either a phase reading in degrees or time delay reading for the reference condition (typically ambient conditions) is taken. The reference value is recorded. The specimen is longitudinally strained to the specified load. After the applied load is stabilized, the measurement procedures are repeated and either the strained phase value or length value is recorded. These steps are repeated for any additional load conditions. Upon releasing the applied load, a final measurement can be taken to ensure that the applied fibre strain returned to its original reference condition.

NOTE A single end measurement can be performed by either method shown below.

- 1) For a cable under test an optical path can be formed by two fibres which are connected together at the far end. However, due to the averaging effect of the strains on the two fibres, particular care should be taken when interpreting the results.
- 2) By inserting, at the near end, a suitable directional coupler connected, on one side, to the optical source and to the detector, and, on the other side, to the fibre under test. The phase shift or pulse delay is then measured between the input signal and the signal reflected from the far end. The cleaved fibre far end face shall be clean and perpendicular to maximize the reflected signal. Care should be taken to minimize other reflections (e.g. from the near end of the fibre).

In both cases, a factor 2 should be used to correct the collected phase shift or pulse delay data in order to take into account the double length of the optical path.

14.5 Résultats

14.5.1 Les données suivantes doivent être indiquées:

- date de la mesure;
- méthode de mesure utilisée;
- description de l'échantillon en essai comprenant le type et la catégorie de la fibre;
- charge appliquée à chaque lecture de phase (ou de longueur) et allongement calculé.

14.5.2 Les informations suivantes sur l'essai et l'équipement doivent être fournies:

- type et longueur d'onde de la source;
- type et fréquence du modulateur (méthode du déphasage);
- description des conditions d'injection utilisées;
- description de l'équipement de détection et d'enregistrement;
- description de l'équipement d'essai et de l'appareil d'application de la charge;
- données d'étalonnage pour le type de fibre utilisé.

15 Méthode CEI 60793-1-A8 – Mesure de la longueur d'une fibre optique par la méthode du déphasage

15.1 Objet

La présente méthode d'essai décrit une procédure de mesure de la longueur d'une fibre optique. Elle peut être utilisée pour mesurer une fibre câblée ou non. Elle peut s'appliquer aux longueurs de fibre, généralement dans la gamme comprise entre moins de 1 m et plusieurs kilomètres pour les fibres de type A1 et plusieurs centaines de kilomètres pour les fibres de type B.

NOTE La longueur de la fibre câblée n'est pas nécessairement la même que la longueur de la gaine de câble.

La longueur d'une fibre optique est souvent utilisée en tant que facteur de normalisation dans la mesure des paramètres de transmission, tels que l'atténuation, la dispersion chromatique et la largeur de bande modale. Il existe trois méthodes communément utilisées pour déterminer la longueur de fibre. Il s'agit de méthode de comptage mécanique (à l'étude, avec pour référence prévue CEI 60793-1-A5) où la longueur de fibre est déterminée à partir du nombre de tours susceptibles d'être effectués sur un touret de diamètre connu, la méthode du domaine temporel (CEI 60793-1-A6) où le temps de trajet d'une impulsion de rayonnement optique est mesuré, et la méthode du domaine fréquentiel où le déphasage d'une source à modulation d'intensité est mesuré à la sortie de la fibre. La première méthode est la plus directe et la plus employée pendant le processus de fabrication de la fibre. Les deux autres méthodes sont équivalentes et dépendent d'une connaissance de l'indice de groupe de la fibre. L'indice de groupe est le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide à la vitesse de la propagation de la lumière dans la fibre, à la longueur d'onde de mesure. Une méthode de détermination de l'indice de groupe est donnée à l'annexe A. L'indice de groupe peut aussi être déterminé en utilisant la CEI 60793-1-A6, à condition que la longueur de fibre soit suffisante.

15.2 Domaine d'application

Cette méthode peut être appliquée à toutes les fibres unimodales de type B et aux fibres à gradient d'indice multimodales de type A1, dans la mesure où certaines conditions d'injection sont remplies. L'application de cette méthode aux fibres de types A2, A3 et A4 n'est pas définie.

14.5 Results

14.5.1 The following data shall be reported

- test date;
- measurement method used;
- description of test sample, including fibre type and category;
- load applied at each phase (or length) readings and the calculated strain.

14.5.2 The following test and equipment information shall be available:

- type and wavelength of source;
- type and frequency of modulator (phase shift method);
- description of launch conditions used;
- description of detection and recording equipment;
- description of test fixture and loading apparatus;
- calibration data for the fibre type used.

15 Method IEC 60793-1-A8 – Length measurement of an optical fibre by the phase-shift method

15.1 Object

This test method describes a procedure for measuring the length of an optical fibre. It may be used to measure uncabled or cabled fibre. It may be applied to fibre lengths typically in the range of less than 1 m to several kilometres for type A1 fibres and to several hundreds of kilometres for type B fibres.

NOTE The cabled fibre length is not necessarily the same as the cable sheath length.

The length of an optical fibre is often used as a normalizing factor in the measurement of transmission parameters, such as attenuation, chromatic dispersion and modal bandwidth. There are three methods that are commonly used to determine fibre length; these are the mechanical-counter method (under consideration as IEC 60793-1-A5) where the fibre length is determined from the number of turns that can be wound onto a drum of a known diameter, the time-domain method (IEC 60793-1-A6) where the time of flight of a pulse of optical radiation is measured, and the frequency-domain method where the phase shift of an intensity modulated source is measured at the output of the fibre. The first method is the most direct and is often employed during the manufacturing process of the fibre. The other two methods are equivalent, and both depend on a knowledge of the group index of the fibre. The group index is the ratio of the velocity of light in a vacuum to the velocity of light propagation in the fibre, at the wavelength of measurement. A procedure to determine the group index is given in annex A. The group index may also be determined using IEC 60793-1-A6, provided that the fibre length is sufficiently long.

15.2 Scope

This method may be applied to all type B single-mode fibres and to type A1 multimode graded-index fibres, provided certain launch conditions are met. Application of this method for fibre types A2, A3 and A4 is not defined.

15.3 Appareillage

Un schéma de l'appareillage de mesure est présenté à la figure 15. L'appareillage utilisé dans cette méthode de mesure peut aussi être configuré pour mesurer la dispersion chromatique d'une fibre. La mesure de la dispersion chromatique par la méthode de déphasage est décrite dans la méthode CEI 60793-1-C5A.

15.3.1 Source lumineuse

Il est possible d'utiliser soit une diode laser soit une diode électroluminescente filtrée. La longueur d'onde centrale et la phase de sortie modulée doivent être stables pendant le temps de mesure au courant de polarisation, à la fréquence de modulation et à la plage de températures de diode rencontrées.

La largeur spectrale de la source à une largeur à mi-crête (FWHM) doit être inférieure ou égale à 30 nm. Si nécessaire, cela peut être réalisé en utilisant un monochromateur ou un filtre optique.

15.3.2 Modulateur

Fournir un moyen de moduler l'intensité de la sortie de la source optique sur une large plage de fréquences, généralement à partir de 100 Hz environ jusqu'à quelques gigahertz, afin de produire une forme d'onde dotée d'une composante de Fourier dominante unique, tel qu'une onde sinusoïdale.

Le choix d'une fréquence de modulation est déterminé par la longueur de fibre maximale à mesurer et la précision de mesure prescrite. Afin d'éviter les ambiguïtés causées par les déphasages 2π , où il existe plus d'un cycle de modulation complet dans la fibre, il est nécessaire de débiter avec une basse fréquence et de compter le nombre de cycles complets, en augmentant lentement la fréquence. Il est important que le nombre de déphasages 2π soit compté de façon claire. L'utilisation d'une fréquence plus élevée donne habituellement une mesure de longueur plus précise. Pour une longueur de fibre donnée L , en mètres, la fréquence maximale de démarrage f_{start} , en hertz, est donnée par:

$$f_{\text{start}} \leq \frac{c}{N \times L} \quad (3)$$

où

c est la vitesse de la lumière dans le vide, en mètres par secondes (m/s);

N est l'indice de groupe.

Par exemple, pour une longueur de 10 km, une valeur maximale type de f_{start} serait de 20 kHz.

En variante, si la fréquence de démarrage a déjà été choisie, alors la longueur maximale de fibre susceptible d'être mesurée peut être calculée à partir d'une réorganisation de l'équation (3).

Le choix de la fréquence supérieure, f_{max} , le bruit de phase correspondant à cette fréquence et l'incertitude quant à la fréquence de modulation elle-même détermine la résolution de mesure. Pour un changement de phase minimal mesurable de $\Delta\phi$, en radians, la longueur minimale de résolution ΔL , en l'absence de bruit de phase et d'incertitude de fréquence, est donnée par:

$$\Delta L = \frac{\Delta\phi \times c}{f_{\text{max}} \times N \times 2\pi} \quad (4)$$

Noter que la valeur de $\Delta\phi$ peut dépendre de la fréquence de modulation utilisée.