

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-20

Première édition
First edition
2001-09

Fibres optiques –

**Partie 1-20:
Méthodes de mesure et procédures d'essai –
Géométrie de la fibre**

Optical fibres –

**Part 1-20:
Measurement methods and test procedures –
Fibre geometry**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60793-1-20:2001

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**

60793-1-20

Première édition
First edition
2001-09

Fibres optiques –

Partie 1-20:

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

Optical fibres –

Part 1-20:

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

© 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

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Vue d'ensemble de la méthode	10
4 Définitions	12
5 Méthode d'essai de référence	14
6 Appareillage	14
7 Echantillonnage et échantillon à l'essai	14
8 Procédure	14
9 Calculs	16
10 Résultats	16
11 Informations à mentionner dans la spécification	16
Annexe A (normative) Prescriptions spécifiques à la méthode A – Champ proche réfracté	18
Annexe B (normative) Prescriptions spécifiques à la méthode B – Interférométrie transversale	26
Annexe C (normative) Prescriptions spécifiques à la méthode C – Répartition de la lumière en champ proche	34
Annexe D (normative) Prescriptions spécifiques à la méthode D – Mesure mécanique du diamètre	46
Bibliographie	52
Figure A.1 – Méthode du champ proche réfracté — Représentation schématique	20
Figure A.2 – Exemple typique d'un appareillage de mesure du champ proche réfracté	20
Figure B.1 – Appareillage d'essai	26
Figure B.2 – Profil d'indice de réfraction – Diagramme annulaire	32
Figure C.1 – Diamètre du coeur dans une section droite, déterminé par balayage d'intensité en champ proche, option 1	42
Figure C.2 – Diamètre du coeur dans une section droite déterminé par balayage d'intensité en champ proche, option 2	44
Figure C.3 – Distribution de l'intensité en champ proche dans la région de la frontière coeur-gaine	44
Figure D.1 – Vue de dessus du système de micromètre électronique	46
Tableau 1 – Méthodes de mesure	12

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	11
2 Normative references.....	11
3 Overview of method.....	11
4 Definitions.....	13
5 Reference test method.....	15
6 Apparatus.....	15
7 Sampling and specimens.....	15
8 Procedure.....	15
9 Calculations.....	17
10 Results.....	17
11 Specification information.....	17
Annex A (normative) Requirements specific to method A – Refracted near-field.....	19
Annex B (normative) Requirements specific to method B – Transverse interference.....	27
Annex C (normative) Requirements specific to method C – Near-field light distribution.....	35
Annex D (normative) Requirements specific to method D – Mechanical diameter.....	47
Bibliography.....	53
Figure A.1 – Refracted near-field method — Schematic diagram.....	21
Figure A.2 – Typical arrangement of the refracted near-field test set.....	21
Figure B.1 – Test apparatus.....	27
Figure B.2 – Refractive index profile – Ring pattern.....	33
Figure C.1 – Cross-sectional core diameter – Near-field intensity scan, option 1.....	43
Figure C.2 – Cross-sectional core diameter – Near-field intensity scan, option 2.....	45
Figure C.3 – Near-field intensity distribution in the region of the core-cladding boundary.....	45
Figure D.1 – Top view of a typical electronic micrometer system.....	47
Table 1 – Measurement methods.....	13

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-20: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Géométrie de la fibre

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 60793-1-20 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

La présente norme, avec les autres normes de la série CEI 60793-1-2X, annulent et remplacent la première édition de la CEI 60793-1-2, dont elles constituent une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/685/FDIS	86A/724/RVD

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

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

Les annexes A, B, C et D font partie intégrante de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

**Part 1-20: Measurement methods and test procedures –
Fibre geometry**

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 60793-1-20 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This standard, together with the other standards in the IEC 60793-1-2X series, cancels and replaces the first edition of IEC 60793-1-2, of which it constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
86A/685/FDIS	86A/724/RVD

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

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

Annexes A, B, C and D form an integral part of this standard.

La CEI 60793-1-2X comprend les parties suivantes présentées sous le titre général: Fibres optiques:

- Partie 1-20: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Géométrie de la fibre
- Partie 1-21: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Géométrie du revêtement
- Partie 1-22: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Mesure de la longueur

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2003. 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 60793-1-20:2001

IEC 60793-1-2X consists of the following parts, under the general title: Optical fibres:

- Part 1-20: Measurement methods and test procedures – Fibre geometry
- Part 1-21: Measurement methods and test procedures – Coating geometry
- Part 1-22: Measurement methods and test procedures – Length measurement

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2003. At this date, the publication will be

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

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-20:2001

INTRODUCTION

Les publications de la série CEI 60793-1 concernent les informations essentielles sur les méthodes de mesures et les procédures d'essai s'appliquant aux fibres optiques.

Cette même série traite des différents domaines regroupés de la façon suivante:

- parties 1-10 à 1-19: Généralités
- parties 1-20 à 1-29: Méthodes de mesure et procédures d'essai des dimensions
- parties 1-30 à 1-39: Méthodes de mesure et procédures d'essai des caractéristiques mécaniques
- parties 1-40 à 1-49: Méthodes de mesure et procédures d'essai des caractéristiques optiques et de transmission
- parties 1-50 à 1-59: Méthodes de mesure et procédures d'essai des caractéristiques d'environnement.

INTRODUCTION

Publications in the IEC 60793-1 series concern measurement methods and test procedures as they apply to optical fibres.

Within the same series several different areas are grouped, as follows:

- parts 1-10 to 1-19: General
- parts 1-20 to 1-29: Measurement methods and test procedures for dimensions
- parts 1-30 to 1-39: Measurement methods and test procedures for mechanical characteristics
- parts 1-40 to 1-49: Measurement methods and test procedures for transmission and optical characteristics
- parts 1-50 to 1-59: Measurement methods and test procedures for environmental characteristics.

FIBRES OPTIQUES – Partie 1-20: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Géométrie de la fibre

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60793 établit des prescriptions uniformes pour mesurer les caractéristiques géométriques des fibres optiques nues.

Les caractéristiques géométriques des fibres optiques nues sont des valeurs fondamentales et sont nécessaires pour exécuter les procédures suivantes telles que manipulation, épissurage, montage des connecteurs, câblage et mesures.

2 Références normatives

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

CEI 61745, *Analyse de l'image d'extrémité, procédure d'étalonnage des dispositifs d'essai de la géométrie de la fibre optique*

3 Vue d'ensemble de la méthode

Cette norme présente quatre méthodes destinées à mesurer les caractéristiques géométriques de la fibre, qui sont indiquées par les paramètres suivants:

- diamètre de la gaine;
- non-circularité de la gaine;
- diamètre du cœur (fibre de catégorie A seulement);
- non-circularité du cœur (fibre de catégorie A seulement);
- erreur de concentricité entre le cœur et la gaine;
- ouverture numérique théorique (facultatif – fibre de catégorie A seulement).

OPTICAL FIBRES –

Part 1-20: Measurement methods and test procedures – Fibre geometry

1 Scope

This part of IEC 60793 establishes uniform requirements for measuring the geometrical characteristics of uncoated optical fibres.

The geometrical characteristics of uncoated optical fibres are fundamental values and are necessary for carrying out subsequent procedures such as handling, splicing, connectorization, cabling and measurements.

2 Normative references

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

IEC 61745, *End-face image analysis procedure for the calibration of optical fibre geometry test sets*

3 Overview of method

This standard gives four methods for measuring fibre geometry characteristics which are given in terms of the following parameters:

- cladding diameter;
- cladding non-circularity;
- core diameter (category A fibre only);
- core non-circularity (category A fibre only);
- core-cladding concentricity error;
- theoretical numerical aperture (optional – category A fibre only).

Tableau 1 – Méthodes de mesure

Méthode	Caractéristiques couvertes	Catégories de fibres couvertes	Désignation précédente
A Champ proche réfracté	Toutes	Toutes les catégories A et B ^{a, b}	CEI 60793-1-A1A
B Interférométrie transversale	Diamètre du coeur, non-circularité du coeur et ouverture numérique théorique	Toutes les catégories A ^b	CEI 60793-1-A1B
C Lumière en champ proche	Toutes sauf ouverture numérique théorique	A1, A2, A3, toutes les catégories B ^c	CEI 60793-1-A2
D Mécanique du diamètre	Diamètre de la gaine et non-circularité de la gaine seulement	Toutes ^d	CEI 60793-1-A4
^a Le diamètre du coeur des fibres unimodales n'est pas spécifié. ^b La mesure du diamètre du coeur et l'ouverture numérique théorique maximale des fibres de catégorie A1 peut être aussi faite par cette méthode. ^c La seule méthode de balayage en champ proche peut être utilisée pour mesurer le diamètre de la section droite du coeur des fibres de catégorie A1. Ce diamètre de section droite peut dévier à partir du diamètre du coeur déterminé par la méthode C à cause des effets de non-circularité du coeur. Une valeur de non-circularité du coeur peut être déterminée par un balayage dans des axes multiples. ^d En pratique, pour des fibres lisses et largement circulaires, la méthode D donne un résultat similaire à ceux obtenus par les méthodes A, B, et C; dans ce cas, la non-linéarité de la fibre peut aussi être déterminée.			

Les informations communes aux quatre méthodes apparaissent dans les articles 2 à 10, et les informations spécifiques à chaque méthode apparaissent, respectivement, dans les annexes A, B, C, et D.

4 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60793, les définitions suivantes s'appliquent.

4.1

surface de référence

surface définie dans la spécification particulière et qui peut être le coeur ou la gaine

4.2

erreur de concentricité du coeur

distance entre le centre de la gaine et

- le centre du profil de champ proche pour les fibres de catégorie B;
- le centre du coeur, pour les fibres catégorie A.

4.3

diamètre du coeur des fibres optiques multimodales de catégorie A

défini par le profil d'indice de réfraction comme le diamètre passant par le centre du coeur 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;

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 coeur entièrement éclairé telle que la mesure du champ proche transmis.

Table 1 – Measurement methods

Method	Characteristics covered	Fibre category(ies) covered	Former designation
A Refracted near-field	All	All A and B ^{a, b}	IEC 60793-1-A1A
B Transverse interference	Core diameter, core non-circularity and theoretical numerical aperture	All A ^b	IEC 60793-1-A1B
C Near-field light	All but theoretical numerical aperture	A1, A2, A3, all B ^c	IEC 60793-1-A2
D Mechanical diameter	Cladding diameter and cladding non-circularity only	All ^d	IEC 60793-1-A4
^a The core diameter of single-mode fibres is not specified. ^b Measurement of core diameter and the maximum theoretical numerical aperture of category A1 fibres may also be made by this method. ^c 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 method C due to effects of core non-circularity. A core non-circularity value can be determined by scanning in multiple axes. ^d In practice, for smooth and substantially circular fibres, method D gives a similar result to that obtained by methods A, B and C, in which case non-circularity of fibre can also be determined.			

Information common to all four methods appears in clauses 2 to 10, and information pertaining to each individual method appears in annexes A, B, C and D respectively.

4 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60793, the following definitions apply.

4.1

reference surface

surface defined in the detail specification, which may be either core or cladding

4.2

core concentricity error

distance between the centre of the cladding and

- the centre of the near field profile for category B fibres;
- the centre of the core, for category A fibres.

4.3

core diameter of category A multimode fibre

defined from the refractive index profile as that diameter passing through the core centre 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;

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 (RNF) or transverse interferometry (TI) measurements, and by measurement of the near field of a fully illuminated core such as the transmitted near-field measurement (TNF).

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 transmis afin d'améliorer la précision de la mesure du diamètre du coeur.

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 et 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 coeur/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.

NOTE 3 Pour ce qui concerne les fibres de catégorie B, le centre du coeur est défini comme le centre de profil de champ proche – et non celui du profil d'indice de réfraction. La limite du coeur n'est pas définie. A la place, le diamètre du champ de mode est défini et spécifié.

5 Méthode d'essai de référence

La méthode d'essai de référence (RTM), à laquelle on doit avoir recours pour résoudre les litiges dépend de la catégorie de la fibre:

- fibres de catégorie A: méthode C

NOTE Les caractéristiques du coeur des fibres optiques de catégorie A sont définies en termes de profil d'indice de réfraction qui est mesuré à l'aide de la méthode A. Utiliser la méthode C pour résoudre les litiges quant au diamètre de la gaine, à la non-circularité de la gaine et à l'erreur de concentricité entre le coeur et la gaine des fibres optiques de catégorie A.

- fibres de catégorie B: méthode C.

6 Appareillage

Les annexes A, B, C, et D contiennent les dessins et autres prescriptions d'équipements qui s'applique, respectivement, à chacune des méthodes A, B, C et D.

7 Echantillonnage et échantillon à l'essai

7.1 Longueur d'échantillon à l'essai

Voir respectivement les annexes A, B, C, et D pour les prescriptions applicables.

7.2 Face d'extrémité de l'échantillon à l'essai

Pour les méthodes A et C seulement, préparer une face d'extrémité plane, perpendiculaire à l'axe de la fibre, à l'extrémité d'entrée et à l'extrémité de sortie de chaque échantillon à l'essai. La précision des mesures fournie dans les méthodes A et C est affectée par une face d'extrémité non perpendiculaire. Les angles d'extrémité inférieurs à 1° sont recommandés.

Voir C.2 pour des prescriptions plus précises sur les faces d'extrémités si la méthode C est utilisée.

La méthode D portant seulement sur une vue latérale, elle ne contient pas de prescriptions sévères en ce qui concerne la face d'extrémité.

8 Procédure

Utiliser les procédures indiquées dans la spécification CEI 61745 pour l'étalonnage. Les annexes A, B, C, et D montrent respectivement les procédures pour les méthodes A, B, C et D.

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, and 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.

NOTE 3 For category B fibres, the centre of the core is defined as the centre of the near field profile and not of the refractive index profile. The core boundary is not defined. Instead, the mode field diameter is defined and specified.

5 Reference test method

The reference test method (RTM), which shall be the one used to settle disputes, depends on fibre category such as:

- category A fibres: method C

NOTE The characteristics of the core of category A fibres are defined in terms of refractive index profile, which is measured with method A. Use method C to settle disputes with regard to cladding diameter, cladding non-circularity and core-cladding concentricity error of category A fibres.

- category B fibres: method C.

6 Apparatus

Annexes A, B, C and D include layout drawings and other equipment requirements for each of the methods A, B, C and D, respectively.

7 Sampling and specimens

7.1 Specimen length

See annexes A, B, C and D, respectively, for the applicable requirements.

7.2 Specimen end face

For methods A and C only, prepare a clean, flat end face, perpendicular to the fibre axis, at the input and output ends of each specimen. The accuracy of measurements performed by methods A and C is affected by a non-perpendicular end face. End angles less than 1° are recommended.

See C.2 for the tighter requirements on end faces when using method C.

Because method D is side-view only, it does not have tight end face requirements.

8 Procedure

Use the procedures given in IEC 61745 for calibration. Annexes A, B, C and D document the procedures for methods A, B, C and D, respectively.

9 Calculs

Voir respectivement les annexes A, B, C, et D pour les méthodes A, B, C et D.

10 Résultats

Les informations suivantes doivent être fournies pour chaque mesure:

- la date et le titre de la mesure;
- l'identification et la description de l'échantillon à l'essai;
- les résultats de mesure pour chaque paramètre spécifié (voir annexe applicable).

Les informations suivantes doivent être fournies sur demande:

- la méthode de mesure utilisée: A, B, C, ou D;
- la longueur de l'échantillon à l'essai;
- l'aménagement du dispositif de mesure;
- les détails de l'appareil de mesure (voir annexe applicable);
- l'humidité relative et température ambiante à un moment de la mesure;
- les informations relatives au dernier étalonnage.

11 Informations à mentionner dans la spécification

La spécification particulière doit spécifier les informations suivantes:

- le type de fibre à mesurer;
- les critères de refus et d'acceptation;
- les informations à relever;
- toute divergence applicable par rapport à la procédure.

9 Calculations

See annexes A, B, C and D for methods A, B, C and D, respectively.

10 Results

The following information shall be provided with each measurement:

- date and title of measurement;
- identification and description of specimen;
- measurement results for each parameter specified (see applicable annex).

The following information shall be available upon request:

- measurement method used: A, B, C, or D;
- specimen length;
- arrangement of measurement set-up;
- details of measurement apparatus (see applicable annex);
- relative humidity and ambient temperature at the time of the measurement;
- most recent calibration information.

11 Specification information

The detail specification shall specify the following information:

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

Annexe A (normative)

Prescriptions spécifiques à la méthode A – Champ proche réfracté

La mesure du champ proche réfracté donne directement les variations de l'indice de réfraction transversalement à la fibre (cœur et gaine). La méthode peut être calibrée pour donner des valeurs absolues de l'indice de réfraction. Elle peut être utilisée indifféremment pour obtenir des profils à la fois des fibres optiques unimodales et multimodales.

A.1 Appareillage

Voir les figures A.1 et A.2 pour les représentations schématiques de l'appareillage.

A.1.1 Source

Fournir un laser stable émettant quelques milliwatts de puissance optique sur le mode TEM₀₀.

Un laser hélium-néon émettant sur la longueur d'onde de 633 nm peut être utilisé, mais appliquer un facteur de correction pour extrapoler les résultats à des longueurs d'onde différentes.

Introduire une lame quart d'onde 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.

Si nécessaire, placer un filtre spatial, tel qu'un diaphragme, au foyer de la lentille 1.

A.1.2 Composants optiques d'injection

Organiser l'optique d'injection pour saturer l'ouverture numérique de la fibre. Cela délimite un faisceau de lumière focalisé 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°. Déterminer la résolution de l'équipement par la taille de la tache focale. Il convient que cette tache soit aussi petite que possible pour maximiser la résolution, par exemple plus petite que 1,5 μm. L'équipement permet de déplacer cette tache focale le long du diamètre de la fibre.

A.1.3 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.

Annex A (normative)

Requirements specific to method A – Refracted near-field

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

A.1 Apparatus

See figures A.1 and A.2 for schematic diagrams of the test apparatus.

A.1.1 Source

Provide a stable laser giving a few milliwatts of power in the TEM₀₀.

A HeNe laser, which has a wavelength of 633 nm, may be used, but apply a correction factor to the results for extrapolation at different wavelengths.

Introduce a quarter-wave plate 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.

If necessary, place a spatial filter, such as a pin-hole, at the focus of lens 1.

A.1.2 Launch optics

Arrange the launch optics to overfill the numerical aperture (NA) of the fibre. This 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. Determine the resolution of the equipment by the size of the focused spot, which should be as small as possible in order to maximize the resolution, e.g. less than 1,5 µm. The equipment enables the focused spot to be scanned across the fibre diameter.

A.1.3 Liquid cell

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

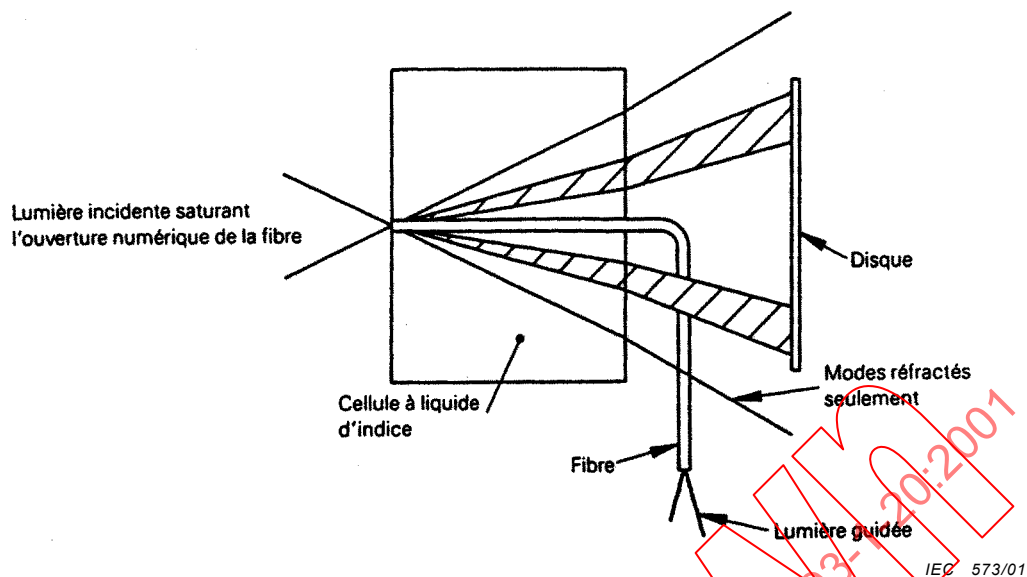


Figure A.1 – Méthode du champ proche réfracté — Représentation schématique

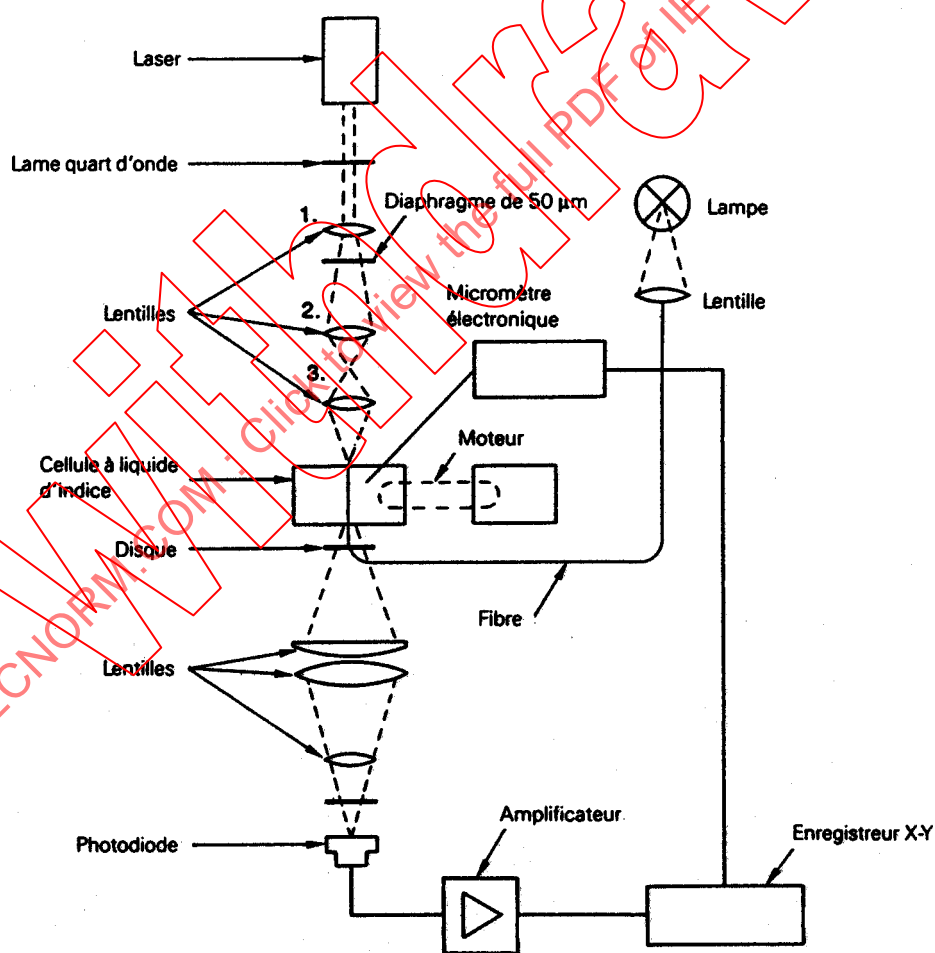


Figure A.2 – Exemple typique d'un appareillage de mesure du champ proche réfracté

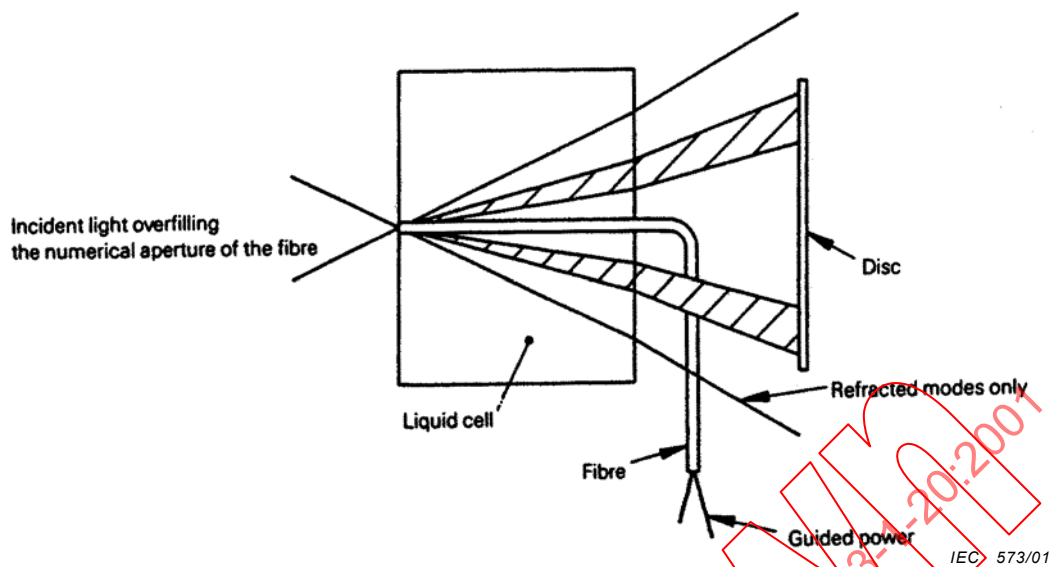


Figure A.1 – Refracted near-field method — Schematic diagram

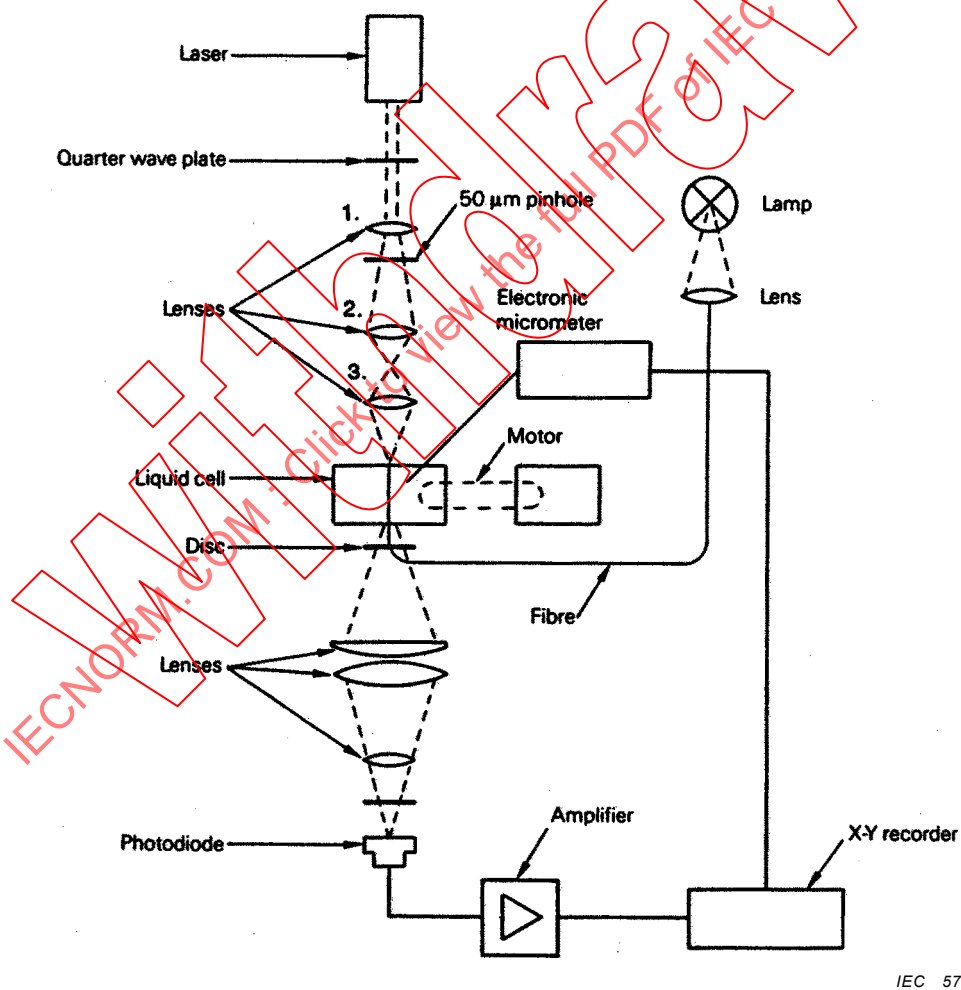


Figure A.2 – Typical arrangement of the refracted near-field test set

A.1.4 Détection

Fournir une méthode valable pour collecter la lumière réfractée et l'envoyer sur le détecteur en s'assurant que toute la lumière est collectée. Par calcul, déterminer la dimension nécessaire pour le disque et sa position le long de l'axe central.

NOTE De façon typique, le disque écran est choisi de façon à intercepter une ouverture numérique approximativement égale à l'ouverture numérique des composants optiques d'injection divisée par $\sqrt{2}$.

A.2 Echantillonnage et échantillons à l'essai

Utiliser une longueur de fibre inférieure à 2 m.

Éliminer l'ensemble des revêtements de la section de fibre destinée à être immergée dans la cellule à liquide d'indice.

A.3 Procédure

La figure A.2 est une représentation schématique de l'appareillage.

A.3.1 Courbe de profil d'indice de la fibre

Immerger la face d'entrée de la fibre à mesurer dans une cellule à liquide d'indice dont l'indice de réfraction est légèrement supérieur à l'indice de la gaine de la fibre. Le repérage de la fibre peut être déterminé de façon que la fibre soit illuminée par l'arrière avec une lampe à filament de tungstène. Les objectifs 2 et 3 produisent une image focalisée de la fibre.

Ajuster la position de l'objectif 3 pour centrer et mettre au point l'image de la fibre; et centrer et focaliser en même temps le faisceau laser sur la fibre.

Centrer le disque sur le cône de sortie. Pour les fibres multimodales de catégorie A, positionner le disque sur l'axe optique de manière à n'occulter que les modes de fuite. Pour les fibres unimodales de catégorie B, positionner le disque pour obtenir la résolution maximale.

Collecter et focaliser les modes réfractés passant au-delà du disque sur une photodiode. Déplacer la tache laser focalisée le long de la section de l'extrémité de la fibre et obtenir directement un enregistrement de la variation de l'indice de réfraction.

A.3.2 Etalonnage de l'équipement

Pendant la mesure, l'angle du cône de lumière varie en fonction de l'indice de réfraction vu au point d'entrée 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.

Un étalonneur multi-niveaux, tel qu'il existe chez les organismes nationaux de normalisation peut aussi être utilisé pour compléter l'étalonnage, conformément aux instructions fournies.

A.1.4 Sensing

Provide a suitable way to collect the refracted light and bring it to the detector, making sure that all the refracted light is captured. By calculation, determine the required size of the disc and its position along the central axis.

NOTE Typically the blocking disc is chosen so that it subtends a numerical aperture (NA) approximately equal to the NA of the launch optics divided by $\sqrt{2}$.

A.2 Sampling and specimens

Use a length of fibre less than 2 m.

Remove all fibre coatings from the section of fibre to be immersed in the liquid cell.

A.3 Procedure

Figure A.2 is a schematic diagram of the test apparatus.

A.3.1 Fibre index profile plot

Immerse the launch end of the fibre to be measured in a liquid cell whose refractive index is slightly higher than that of the fibre cladding. The location of the fibre can be determined by a method such as back illumination with a tungsten light. Lenses 2 and 3 produce a focused image of the fibre.

Adjust the position of lens 3 to centre and focus the fibre image, and simultaneously centre and focus the laser beam on the fibre.

Centre the disc on the output cone. For category A multimode fibre, position the disc on the optical axis to just block the leaky modes. For category B single-mode fibre, position the disc to give optimum resolution.

Collect the refracted modes passing the disc and focus them onto a photodiode. Traverse the focused laser spot across the fibre end, and directly obtain a plot of the fibre refractive index variation.

A.3.2 Equipment calibration

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, i.e. 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.

A multi-level calibration artifact, such as available from national standards institutes, may also be used to complete calibration, according to the instructions provided.

A.4 Calculs

A partir du balayage d'une section du profil, calculer certaines grandeurs ou toutes les grandeurs suivantes:

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

Différentes méthodes pour déterminer la limite de la gaine peuvent être utilisées; comme par exemple la méthode du niveau de décision. Il est indispensable d'utiliser pour la limite de la gaine le même niveau de décision que celui qui est utilisé dans la méthode d'étalonnage.

A.5 Résultats

En complément des résultats listés à l'article 10, et en fonction des prescriptions de la spécification, les informations suivantes doivent être fournies sur demande:

A.5.1 Profils correspondants aux centres du coeur et de la gaine, étalonnés pour une longueur d'onde déterminée.

A.5.2 Profils le long des axes principaux et secondaires du coeur, étalonnés pour une longueur d'onde déterminée.

A.5.3 Profils le long des axes principaux et secondaires de la gaine, étalonnés pour une longueur d'onde déterminée.

A.5.4 Appareillage et procédure de correction de la longueur d'onde.

A.4 Calculations

From the raster scan of the cross-section of the profile, calculate any or all of the following quantities:

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

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

A.5 Results

In addition to the results listed in clause 10, and depending on the specification requirements, the following information shall be provided on request.

- A.5.1** Profiles through core and cladding centres calibrated for a given wavelength.
- A.5.2** Profiles along the core major and minor axes calibrated for a given wavelength.
- A.5.3** Profiles along the cladding major and minor axes calibrated for a given wavelength.
- A.5.4** Equipment arrangement and wavelength correction procedure.

Annexe B (normative)

Prescriptions spécifiques à la méthode B – Interférométrie transversale

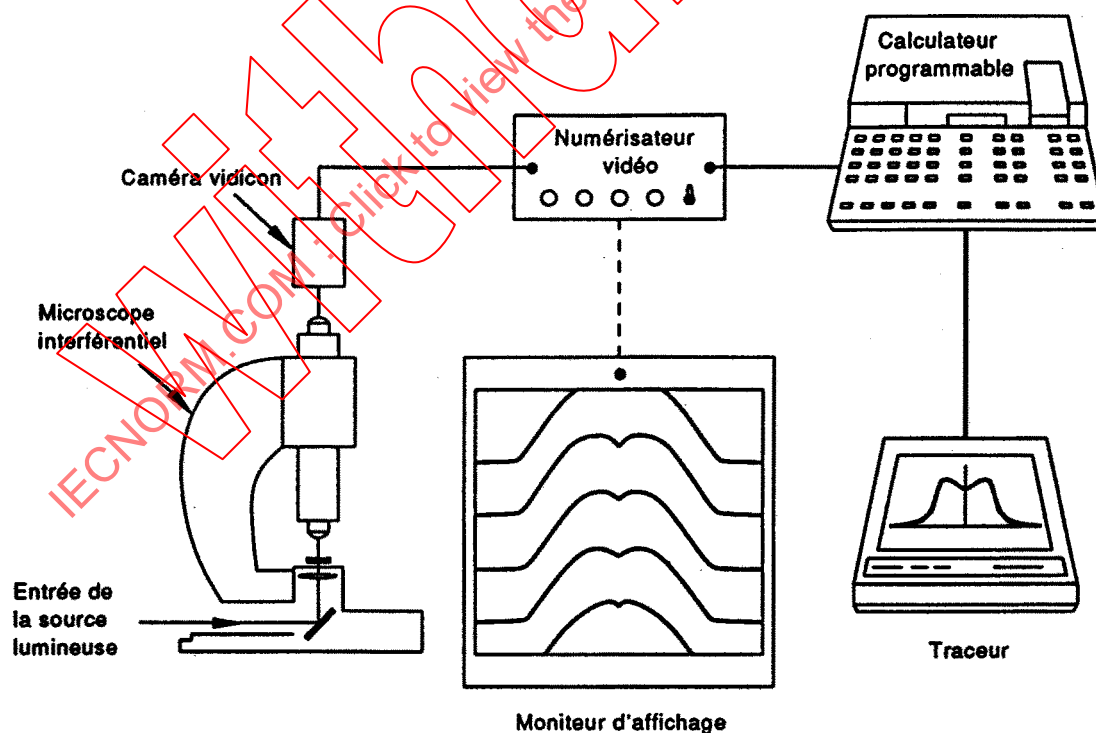
La présente méthode d'essai établit les procédures à suivre afin de déterminer le profil d'indice de réfraction $n(r)$ d'un échantillon de fibre optique par interférométrie transversale. Les paramètres caractéristiques de la géométrie du verre sont ensuite obtenus par des calculs impliquant de mesurer le profil d'indice de réfraction.

Cette méthode est basée sur l'usage d'un microscope interférentiel, focalisé sur une vue latérale de l'échantillon de fibre, lequel 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.

Cette méthode convient particulièrement pour la mesure du diamètre du cœur et l'ouverture numérique théorique maximale d'une fibre de catégorie A, mais convient moins bien pour les paramètres apparentés à la gaine.

B.1 Appareillage

La figure B.1 illustre l'équipement nécessaire pour effectuer la mesure.



IEC 575/01

Figure B.1 – Appareillage d'essai

Annex B (normative)

Requirements specific to method B – Transverse interference

This test method establishes procedures to be followed for determining the refractive index profile, $n(r)$, of an optical fibre specimen by transverse interferometry. The glass geometry characteristic parameters are then obtained by calculations involving the measured refractive index profile.

The method is based on the use of an interference microscope focused on the side view of a fibre specimen that is illuminated perpendicular to its axis so as to generate a fringe pattern. The refractive index profile is obtained from video detection and digitization of the interference fringes under computer control.

This method is particularly suited for the measurement of a core diameter and a maximum theoretical numerical aperture of a category A fibre, but is less well suited for parameters related to the cladding.

B.1 Apparatus

Figure B.1 shows the equipment necessary to make this measurement.

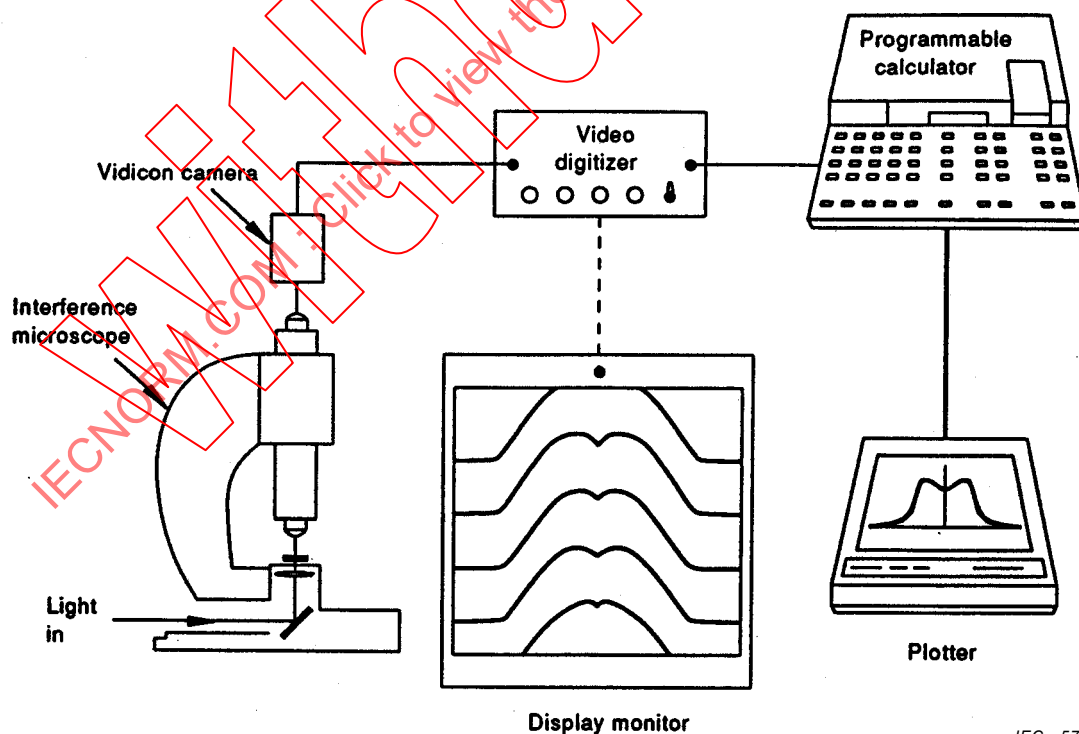


Figure B.1 – Test apparatus

B.1.1 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 à l'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.

B.1.2 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. Cela 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 à l'essai et l'aide à mettre en place les procédures nécessaires au réglage adéquat de l'échantillon et des franges.

B.1.3 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.

B.1.4 Calculateur et traceur

L'ordinateur 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 au plus près en puissance et la courbe est dessinée par le traceur.

B.2 Echantillonnage et échantillon à l'essai

Utiliser pour l'échantillon à l'essai une longueur de 20 mm de fibre propre non revêtue.

B.3 Procédure

B.3.1 Préparation

Placer l'échantillon à l'essai à plat sous l'objectif du microscope d'essai, sur un porte-éprouvette optiquement plat (fourni avec le microscope). Puis placer des quantités égales d'huile ayant un indice de réfraction égal à celui de la gaine sur le porte-éprouvette et sur la plaque de référence. En utilisant des objectifs à immersion de grossissement 100×, on monte la platine porte-objet du microscope jusqu'à ce que les objectifs soient en contact avec l'huile. Puis placer la fibre dans le champ de l'objectif et mettre au point en bloquant le faisceau de référence. Ensuite débloquent le faisceau de référence et régler les commandes du microscope de manière à visualiser sur le moniteur d'affichage un diagramme de franges très contrasté comme illustré à la figure B.1, où les courbes des franges sont dues au cœur.

B.3.2 Orientation de l'axe

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

B.1.1 Transmitted light-interference microscope

This special-purpose microscope is a combination of two microscopes and an interferometer allowing the magnified image of the test objects to appear together with the 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.

B.1.2 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 specimen easily and aids in the set-up procedures necessary to provide proper adjustment of the specimen and the fringes.

B.1.3 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.

B.1.4 Computer and plotter

The computer 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.

B.2 Sampling and specimens

Use a 20 mm length of clean, uncoated fibre for the specimen.

B.3 Procedure

B.3.1 Preparation

Place the specimen on its side under the test objective of the microscope on an optically flat specimen plate (supplied with the microscope). Then place equal amounts of oil having a refractive index equal to that of the cladding on the specimen plate and on the reference plate. Using $\times 100$ immersion objectives, raise the stage of the microscope until the objectives are in contact with the oil. Then locate the fibre in the field of view of the objective and focus it with the reference beam blocked. Then unlock the reference beam and adjust the microscope controls to produce a high-contrast fringe pattern, as illustrated on the display monitor in figure B.1, where the curves in the fringes are caused by the core.

B.3.2 Axis orientation

Orient the fibre axis perpendicular to the fringe lines and adjust the separation between fringe lines using microscope controls so that approximately four fringes are visible on the monitor. For convenience of analysis, make the fringe lines parallel to the horizontal scan lines of the camera, again using microscope controls.

B.3.3 Balayage

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 coeur en utilisant la position de la frange dans la gaine comme étant la position de décalage nul ($Y = 0$). Effectuer un balayage séparé verticalement sur les deux franges adjacentes de la gaine de manière à obtenir la séparation de frange, L . Une fois terminé le balayage des franges, 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.

B.4 Calculs

Aux fins d'analyse, calculer par approximation le profil de l'indice de réfraction du coeur de la fibre au moyen d'une série d'anneaux concentriques (voir figure B.2). La partie supérieure de la figure B.2 illustre la frange et la corrélation entre points de décalage de frange et chemins optiques rectilignes traversant le coeur. 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:

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

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

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

Ici R_j est le rayon de l'anneau j , Q_p est le décalage de la 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. Cela 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:

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

où

Δn_0 est la différence d'indice de réfraction pour $r = 0$;

a est le rayon du coeur;

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 coeur/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.

B.3.3 Scanning

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. Make a separate scan vertically across two adjacent fringes in the cladding to obtain the fringe separation, L . Once the fringes have been scanned, determine a set of fringe-shift points, Q_p , and fringe separation, L , for use in calculating n_p . Here p is the number of radial positions at which the fringe shift is measured.

B.4 Calculations

For the purpose of analysis, approximate the refractive index profile of the fibre core by a series of concentric rings (see figure B.2). The top portion of figure B.2 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 $n(r)$. Assume that the refractive index within a ring is constant in this approximation. The index of the ring, p , exceeds that of the cladding by:

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

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

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

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, plot these data on the X-Y plotter. This is the index profile of the fibre. Use additional calculations using curve fitting techniques to obtain parameters that best match the model refractive index equation:

$$\Delta n(r) = \Delta n_0 [1 - (r/a)^g] \quad (\text{B.3})$$

where

Δn_0 is the refractive index difference at $r = 0$;

a is the core radius;

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, use only data between $0,15 a$ and $0,95 a$ so as to avoid unacceptable disturbances caused by the centre index dip and the core/cladding boundary irregularities. A nominal value of a may be used to determine the limits of the curve fit.

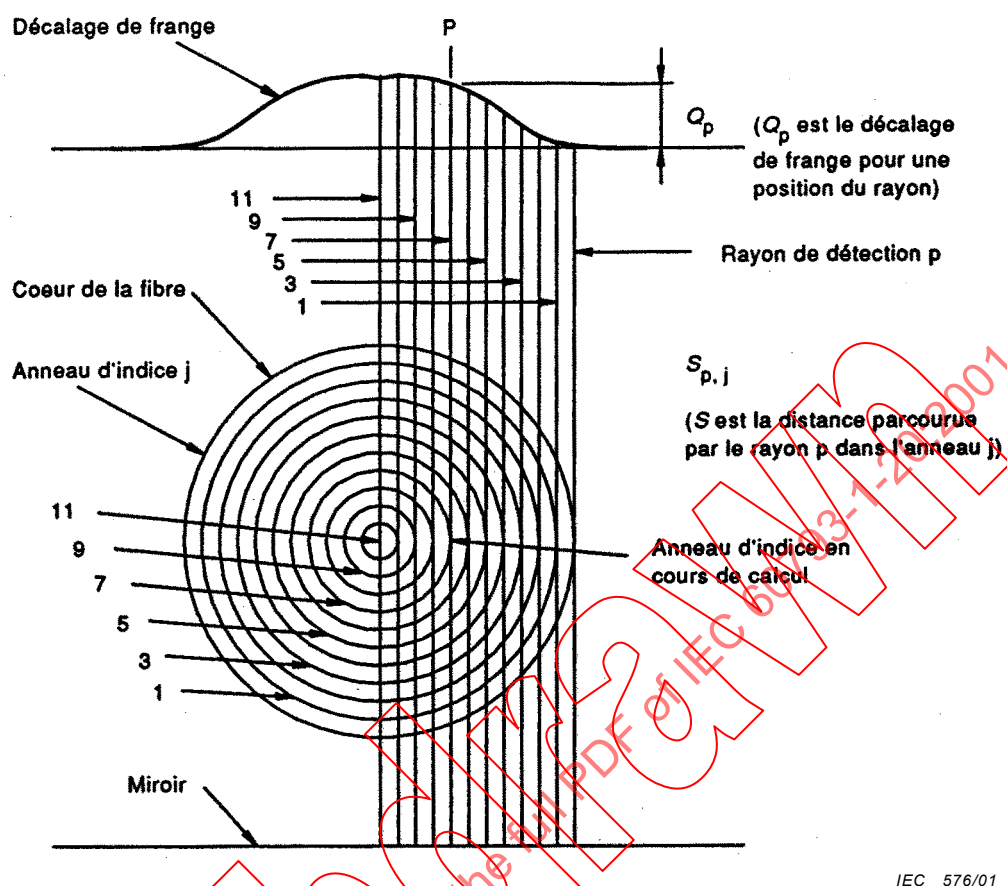
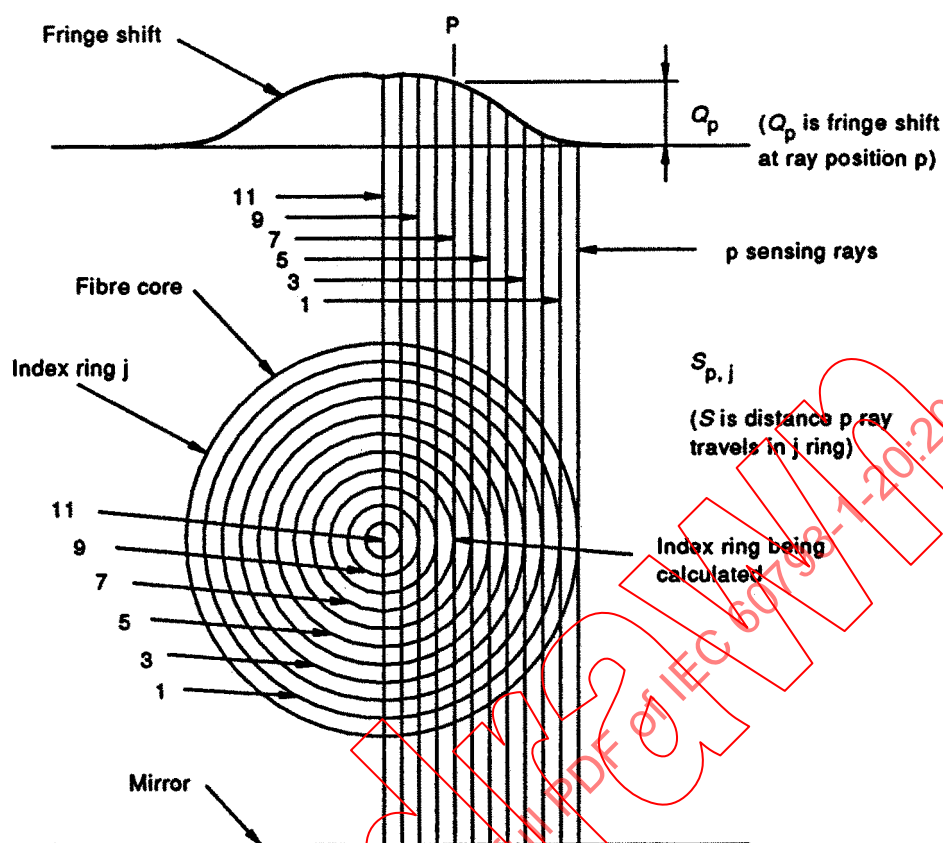


Figure B.2 – Profil d'indice de réfraction – Diagramme annulaire

B.5 Résultats

En complément des résultats listés dans l'article 10, et en fonction des prescriptions de la spécification, les informations qui suivent doivent être fournies sur demande.

- B.5.1 Longueur d'onde et largeur centrale (pleine largeur mi-hauteur) de la lumière d'éclairage.
- B.5.2 Type d'interféromètre utilisé.



IEC 576/01

Figure B.2 – Refractive index profile – Ring pattern

B.5 Results

In addition to the results listed in clause 10, and depending on the specification requirements, the following information shall be provided on request.

B.5.1 Central wavelength and spectral width (FWHM) of illuminating light.

B.5.2 Type of interferometer used.

Annexe C (normative)

Prescriptions spécifiques à la méthode C – Répartition de la lumière en champ proche

Cette méthode d'essai détermine 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, au moyen d'un système vidéo, sur les axes X et Y, et la méthode du simple balayage en champ proche qui utilise un balayage unidimensionnel. Il convient la technique particulière à utiliser fasse l'objet d'un accord entre le fabricant et le client.

C.1 Appareillage

C.1.1 Sources de lumière

Utiliser des sources de lumière incohérentes et appropriées pour l'éclairage du coeur et de la gaine; avoir une intensité réglable et stable sur une période de temps suffisante pour effectuer la mesure.

C.1.2 Longueur d'onde de la source lumineuse

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

NOTE Rien ne montre que le diamètre du coeur 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 de la gaine ne doit pas causer de défocalisation de l'image du coeur.

C.1.3 Conditions d'injection

Déterminer l'optique d'injection de façon que la source lumineuse sature angulairement et spatialement l'échantillon à l'essai de façon homogène. De même, à l'extrémité de sortie, éclairer la gaine uniformément.

C.1.4 Support de fibre et appareillage de positionnement

Prévoir un dispositif suffisamment stable permettant de soutenir les extrémités d'entrée et de sortie de l'échantillon à l'essai, tel qu'un mandrin à succion. Monter ce support 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.

C.1.5 Extracteur de modes de gaine

Sauf spécification contraire, utiliser des dispositifs d'extraction de la lumière des modes de gaine de l'échantillon à l'essai 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.

Annex C (normative)

Requirements specific to method C – Near-field light distribution

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. There are two techniques: grey-scale technique, which performs a two-dimensional, X-Y, near-field scan using a video system; and the single near-field scan technique, which performs a one-dimensional scan. The manufacturer and the customer should agree upon the particular technique.

C.1 Apparatus

C.1.1 Light sources

Use suitable incoherent light sources 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.

C.1.2 Light-source wavelength

For the core and cladding illumination, the centre wavelength and the spectral width shall be as specified.

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 wavelength of the cladding shall not cause defocusing of the core image.

C.1.3 Launching conditions

Arrange the launch optics such that the light source uniformly overfills the specimen angularly and spatially. At the output end uniformly illuminate the cladding as well.

C.1.4 Fibre support and positioning apparatus

Provide a sufficiently stable means of supporting the specimen input and output ends, for example, a vacuum chuck. Mount this support on a positioning device so the fibre end can be accurately positioned in the input beam and output path.

C.1.5 Cladding mode stripper

Unless otherwise specified, use devices that strip cladding mode light from the specimen 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 acts as the cladding mode stripper.

C.1.6 Système optique d'agrandissement

Il est nécessaire d'utiliser un système optique permettant d'agrandir l'image de sortie en champ proche de l'échantillon à l'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 l'agrandissement de façon que le dispositif à couplage de charge (DCC) de la caméra vidéo soit presque saturé par l'image de la gaine.

Etalonner le système optique 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 l'agrandissement du système optique.)

C.1.7 Détection

Pour la méthode des échelles de gris, utiliser une caméra vidéo (DCC) 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 tout en permettant 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 comparativement à l'image agrandie du champ proche de façon à être deux fois inférieure aux limites de diffraction du système. Ce qui signifie que:

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

où

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

M est l'agrandissement approximatif du système optique;

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

NA est l'ouverture numérique de l'échantillon à l'essai pour la mesure du diamètre du cœur des fibres de catégorie A, ou bien l'ouverture numérique de l'objectif dans le cas de la mesure du diamètre de gaine.

C.1.8 Moniteur d'image vidéo (méthode des échelles de gris)

Utiliser un moniteur d'image vidéo 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 à l'essai. Il est admis d'utiliser un alignement et/ou une mise au point commandé par ordinateur.

C.1.6 Magnifying optics

Provide suitable optics that magnifies the output near-field image of the specimen so 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.

When using the grey-scale technique, select the magnification so that the charged-coupled device (CCD) array of the video camera is nearly filled by the cladding image.

Calibrate the optical system in conjunction with the scanning system so that the dimensions in the plane of the fibre output end face are known. (It is not necessary to know the optical system magnification exactly.)

C.1.7 Detection

For the grey-scale technique, use a CCD video camera 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 so that, after calibration, the measurement uncertainty is not greater than required.

For the single near-field scan technique, provide a means of scanning 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 a 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:

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

where

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

M is the approximate magnification of the optical system;

λ is the (lowest) test wavelength;

NA is the numerical aperture of the specimen for core diameter measurements of category A fibres, or the numerical aperture of the objective in the case of cladding diameter measurements.

C.1.8 Video image monitor (grey-scale technique)

Use a video image monitor 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 specimen. Computer-controlled alignment and/or focusing may be used.

C.1.9 Système informatique

Pour la méthode des échelles de gris, effectuer les mesures, les acquisitions de données et les calculs 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, prévoir des moyens appropriés 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.

C.2 Echantillonnage et échantillon à l'essai

Préparer l'échantillon 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. Contrôler l'état de la face d'extrémité afin que les éventuels dommages aient un impact minimal sur l'exactitude de la mesure. La longueur de la fibre doit être de $2 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ pour les fibres des catégories A1, A2, A3, A4. Il n'y a pas de restriction quant à la longueur de la fibre de catégorie B. Éviter des courbures importantes de la fibre.

C.3 Procédure

C.3.1 Etalonnage de l'équipement

Les échantillons à l'essai de diamètre connu, fournis par un laboratoire national de normes, doivent être utilisés pour étalonner l'appareillage conformément aux procédures indiquées dans la CEI 61745.

C.3.2 Mesure

C.3.2.1 Mesure par la méthode des échelles de gris

Au moyen du support de fibres, aligner l'échantillon à l'essai à l'extrémité d'entrée pour réaliser les conditions d'injection prescrites. Mettre au point l'image du champ proche de l'extrémité de sortie et la centrer sur l'écran du moniteur. Régler l'intensité d'éclairement du coeur à l'extrémité d'entrée et l'intensité de l'éclairement de la gaine à l'extrémité de sortie, conformément à une norme interne établie pour l'équipement d'essai particulier.

Enregistrer les données vidéo numérisées de l'image de la face d'extrémité de sortie. Il est admis de calculer la moyenne de plusieurs séries de données.

C.3.2.2 Mesure par la technique de simple balayage en champ proche

Préparer, fixer et aligner l'échantillon, comme indiqué ci-dessus. Positionner l'extrémité de sortie de manière à permettre le balayage de l'image agrandie. Balayer l'image du champ proche et enregistrer l'intensité, en fonction de la position dans le plan de l'extrémité de sortie de la fibre.

C.3.3 Niveaux de décision

Les niveaux de décision des différentes limites du coeur et de la gaine dans l'image du champ proche sont ceux qui suivent.

C.3.3.1 Limite du coeur

Pour les fibres de catégorie A, ce niveau est conforme à la définition donnée en 4.3.

Pour les fibres de catégorie B, ce niveau est conforme à la définition donnée en 4.2.

C.1.9 Data system

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

For the single near-field scan technique, provide appropriate means 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.

C.2 Sampling and specimens

Prepare the specimen to have fibre ends that 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. Control the end damage 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 and A4. There is no length restriction for category B fibre. Take care to avoid sharp bends on the fibres.

C.3 Procedure

C.3.1 Equipment calibration

Specimens of known diameter, provided by a national standards laboratory, shall be used to calibrate the apparatus according to the procedures given in IEC 61745.

C.3.2 Measurement

C.3.2.1 Measurement by the grey-scale technique

Using fibre holders, align the specimen at the input end to achieve the launch condition specified. Focus the near-field image of the output end, and center it in the monitor. Adjust the intensity of the core illumination at the input end and the intensity of the cladding illumination at the output end according to an established, internal standard for the particular test equipment.

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

C.3.2.2 Measurement by the single near-field scan technique

Prepare, secure and align the specimen as indicated above. Adjust the output end to permit the magnified image to be scanned. Scan the near-field image, and record the intensity as a function of position in the plane of the fibre output end.

C.3.3 Decision levels

The decision levels of the different boundaries of core and cladding in the near-field image are as follows.

C.3.3.1 Core boundary

For category A fibres this level is according to the definition of 4.3.

For category B fibres this level is according to the definition of 4.2.

C.3.3.2 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 pour la limite de la gaine le même niveau de décision que celui utilisé dans la procédure d'étalonnage.

C.4 Calculs

C.4.1 Calculs pour la méthode des échelles de gris

Les données brutes de la limite du coeur et de la gaine sont ajustées à des courbes monotones, mathématiquement fermées, telles qu'une ellipse, afin de déterminer les meilleures estimations des contours réels. Ensuite ajuster les courbes monotones mathématiquement fermées à des cercles afin de déterminer les écarts du 1^{er} ordre par rapport à la forme circulaire idéale. Utiliser ces valeurs ainsi que les représentations mathématiques des contours pour déterminer les paramètres de l'article 3 de la manière suivante:

R_{co} (μm):	rayon du coeur ajusté
X_{co}, Y_{co} (μm):	centre du coeur ajusté
$R_{min\ co}$ (μm):	distance minimale du bord du coeur au centre
$R_{max\ co}$ (μm):	distance maximale du bord du coeur au centre
Diamètre du coeur (μm):	$2 R_{co}$
Non-circularité du coeur (%):	$100 (R_{max\ co} - R_{min\ co}) / R_{co}$
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	
Coeur/gaine (μm):	$[(X_{cl} - X_{co})^2 + (Y_{cl} - Y_{co})^2]^{1/2}$

Il est nécessaire de choisir les courbes lissées et mathématiquement fermées, utilisées pour représenter les contours 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.

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.

Les formes suivantes sont des exemples de fonctions d'ajustement qu'il est admis d'utiliser selon la disponibilité des équipements.

C.4.1.1 Ellipse

Ajuster les paires x, y à une ellipse par la méthode de la «somme des moindres carrés». Il est admis d'utiliser un calcul interactif avec filtrage actif.

C.3.3.2 Cladding boundary

Different techniques for determining the cladding boundary can be used, one example being the decision-level technique. It is essential to use the same decision level for the cladding boundary as the one used in the calibration procedure.

C.4 Calculations

C.4.1 Calculations for the grey-scale technique

The raw data of the core and cladding boundary are fitted to smooth mathematically closed forms, such as an ellipse, in order to determine the best estimates of the actual edges. The smooth, mathematically closed forms are then fitted to a circle in order to determine the first-order deviations from the ideal circular shape. These values and the mathematical edge representations are used to determine the parameters of clause 3, as follows:

R_{co} (μm):	fitted core radius
X_{co}, Y_{co} (μm):	fitted core centre
$R_{min\ co}$ (μm):	minimum distance, core edge to centre
$R_{max\ co}$ (μm):	maximum distance, 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, cladding edge to centre
$R_{max\ cl}$ (μm):	maximum distance, 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):	$[(X_{cl} - X_{co})^2 + (Y_{cl} - Y_{co})^2]^{1/2}$

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 the radius vs. angular position.

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.

The following forms are examples of fitting functions that may be used, depending upon equipment availability.

C.4.1.1 Ellipse

Fit the x, y pairs to the ellipse by using the "least sum of squares (LSS)" technique. An iterative process of active filtering may be used.

C.4.1.2 Transformée de Fourier

Filtrer la transformée 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, cela correspond au quatrième terme de Fourier après le terme constant.)

C.4.1.3 Fonction spline fermée

En coordonnées polaires, l'abscisse est divisée en un certain nombre d'intervalles égaux. Chaque intervalle est représenté par une équation cubique distincte. On réalise l'égalité des équations en valeur, en dérivée première et dérivée seconde, aux limites de l'intervalle, y compris la limite 0°, 360°. Le nombre d'intervalles doit être d'au moins cinq, correspondant à une ellipse. On utilise jusqu'à douze intervalles.

C.4.2 Calculs pour la technique du simple balayage en champ proche

Normaliser le diagramme de rayonnement en champ proche par rapport à l'intensité maximale détectée et effectuer le tracé en fonction de la position réelle de balayage dans le plan de l'extrémité de sortie de la fibre. On dispose de deux options pour le calcul du diamètre du coeur.

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

C.4.2.1 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 4.3. Voir figure C.1.

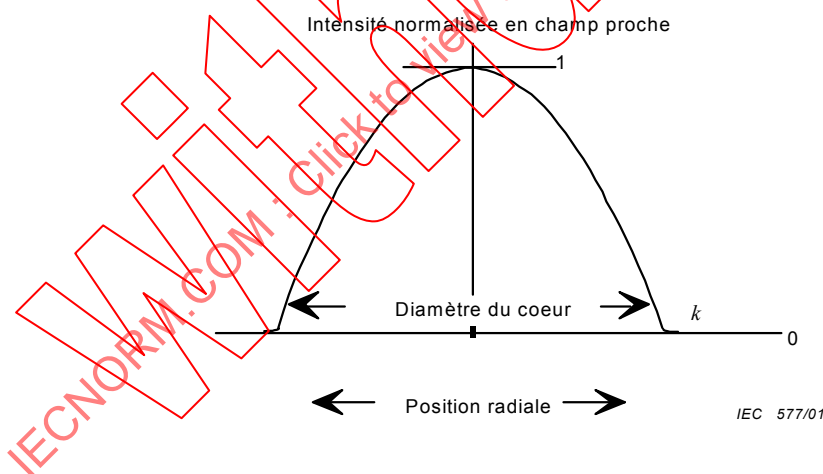


Figure C.1 – Diamètre du coeur dans une section droite, déterminé par balayage d'intensité en champ proche, option 1

C.4.2.2 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 % selon une loi en puissance de la forme suivante:

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

où a est le rayon du coeur 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.