

NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
793-1

Deuxième édition
Second edition
1987



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

Fibres optiques

Première partie: Spécification générique

Optical fibres

Part 1: Generic specification

Withdrawn

Withdrawn

NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
793-1

Deuxième édition
Second edition
1987



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

Fibres optiques

Première partie: Spécification générique

Optical fibres

Part 1: Generic specification

© CEI 1987 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application	8
2. Objet	8
3. Définitions	8
4. Catégories des fibres optiques	8
5. Propriétés des fibres optiques	10
6. Préparation des échantillons	10
7. Catégories d'essais et de méthodes de mesure	10

SECTION DEUX — MÉTHODES DE MESURE DES DIMENSIONS

8. Objet	10
9. Surface de référence	12
10. Erreur de concentricité	12
11. Tolérances	14
12. Définitions opérationnelles	14
13. Méthode CEI 793-1-A1 — Champ proche réfracté	14
14. Méthode CEI 793-1-A2 — Répartition de la lumière en champ proche	20
15. Méthode CEI 793-1-A3 — Quatre cercles concentriques	26
16. Méthode CEI XXX-A4 — Mesure mécanique du diamètre	28
17. Méthode CEI XXX-A5 — Mesure mécanique de la longueur	28
18. Méthode CEI 793-1-A6 — Mesure de la longueur par mesure du retard de l'impulsion transmise et/ou de l'impulsion réfléchie	28

SECTION TROIS — MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

19. Objet	38
20. Définitions opérationnelles	38
21. Défauts physiques	40
22. Méthode CEI 793-1-B1 — Essai de sélection d'une fibre optique	40
23. Méthode CEI 793-1-B2A — Résistance à la traction de courtes longueurs de fibres optiques	48
24. Méthode CEI XXX-B2B — Résistance à la traction pour de grandes longueurs de fibres optiques	50
25. Méthode CEI XXX-B3 — Courbure	50
26. Méthode CEI XXX-B4 — Abrasion	52
27. Méthode CEI XXX-B5 — Examen visuel	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7

SECTION ONE — GENERAL

Clause

1. Scope	9
2. Object	9
3. Definitions	9
4. Categories of optical fibres	9
5. Optical fibre properties	11
6. Preparation of samples	11
7. Categories of test and measuring methods	11

SECTION TWO — MEASURING METHODS FOR DIMENSIONS

8. Object	11
9. Reference surface	13
10. Concentricity error	13
11. Tolerances	15
12. Operational definitions	15
13. Method IEC 793-1-A1 — Refracted near field	15
14. Method IEC 793-1-A2 — Near field light distribution	21
15. Method IEC 793-1-A3 — Four concentric circles	27
16. Method IEC XXX-A4 — Mechanical diameter measurement	29
17. Method IEC XXX-A5 — Mechanical length measurement	29
18. Method IEC 793-1-A6 — Length measurement by delay measuring of transmitted pulse and/or reflected pulse	29

SECTION THREE — MEASURING METHODS FOR MECHANICAL CHARACTERISTICS

19. Object	39
20. Operational definitions	39
21. Physical defects	41
22. Method IEC 793-1-B1 — Optical fibre proof test	41
23. Method IEC 793-1-B2A — Tensile strength for short lengths of optical fibres	49
24. Method IEC XXX-B2B — Tensile strength for long lengths of optical fibres	51
25. Method IEC XXX-B3 — Bending	51
26. Method IEC XXX-B4 — Abrasion	53
27. Method IEC XXX-B5 — Visual inspection	53

SECTION QUATRE — MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES OPTIQUES ET DE TRANSMISSION

28.	Objet	52
29.	Affaiblissement	54
30.	Définitions opérationnelles	54
31.	Description des méthodes de mesure de l'affaiblissement	54
32.	Méthode CEI 793-1-C1A — Méthode de la fibre coupée	56
33.	Méthode CEI 793-1-C1B — Méthode des pertes d'insertion	60
34.	Méthode CEI 793-1-C1C — Rétrodiffusion	66
35.	Réponse en bande de base	72
36.	Définitions opérationnelles	72
37.	Description des méthodes de mesure de réponse en bande de base	74
38.	Méthode CEI 793-1-C2A — Réponse impulsionnelle	74
39.	Méthode CEI 793-1-C2B — Réponse fréquentielle	78
40.	Méthode CEI XXX-C3 — Sensibilité aux microcourbures	82
41.	Méthode CEI XXX-C4 — Energie lumineuse transmise ou rayonnée	82
42.	Méthode CEI XXX-C5 — Retard d'impulsion et déphasage en fonction de la longueur d'onde	82
43.	Méthode CEI 793-1-C6 — Répartition de la lumière en champ lointain	82
44.	Méthode CEI XXX-C7 — Longueur d'onde de coupure	84
45.	Méthode CEI XXX-C8 — Dispersion modale	84
46.	Diamètre de champ de mode	84
47.	Méthode CEI XXX-C9A — Décalage transversal	84
48.	Méthode CEI XXX-C9B — Champs transmis	86
49.	Méthode CEI XXX-C10 — Contrôle du facteur de transmission	86

SECTION CINQ — MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES D'ENVIRONNEMENT

50.	Objet	86
51.	Définitions opérationnelles	86
52.	Méthode CEI 793-1-D1 — Cycles de température	88
53.	Méthode CEI XXX-D2 — Contamination	92
54.	Méthode CEI XXX-D3 — Rayonnement nucléaire	92

SECTION SIX — CONDITIONNEMENT

55.	Objet	92
-----	-------	----

SECTION SEPT — ESSAIS APPLICABLES AUX CONDITIONS DE RECETTE, DE CONTRÔLE ET D'HOMOLOGATION (Pour examen ultérieur)

SECTION FOUR — MEASURING METHODS FOR TRANSMISSION AND OPTICAL CHARACTERISTICS

28. Object	53
29. Attenuation	55
30. Operational definitions	55
31. Description of attenuation measuring techniques	55
32. Method IEC 793-1-C1A — Cut-back technique	57
33. Method IEC 793-1-C1B — Insertion loss technique	61
34. Method IEC 793-1-C1C — Backscattering technique	67
35. Baseband response	73
36. Operational definitions	73
37. Description of baseband response measuring methods	75
38. Method IEC 793-1-C2A — Impulse response	75
39. Method IEC 793-1-C2B — Frequency response	79
40. Method IEC XXX-C3 — Microbending sensitivity	83
41. Method IEC XXX-C4 — Transmitted or radiated light power	83
42. Method IEC XXX-C5 — Pulse delay and phase shift versus wavelength	83
43. Method IEC 793-1-C6 — Far field light distribution	83
44. Method IEC XXX-C7 — Cut-off wavelength	85
45. Method IEC XXX-C8 — Modal dispersion	85
46. Mode field diameter	85
47. Method IEC XXX-C9A — Transverse offset	85
48. Method IEC XXX-C9B — Transmitted fields	87
49. Method IEC XXX-C10 — Monitoring of transmittance	87

SECTION FIVE — MEASURING METHODS FOR ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS

50. Object	87
51. Operational definitions	87
52. Method IEC 793-1-D1 — Temperature cycling	89
53. Method IEC XXX-D2 — Contamination	93
54. Method IEC XXX-D3 — Nuclear radiation	93

SECTION SIX — PACKAGING

55. Object	93
------------	----

SECTION SEVEN — APPLICABLE TESTS FOR QUALITY CONFORMANCE, INSPECTION AND QUALIFICATION APPROVAL (For future consideration)

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES

Première partie: Spécification générique

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la C E I, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la C E I et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 4) La C E I n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 86A: Fibres et câbles (anciennement Sous-Comité 46E: Fibres optiques), du Comité d'Etudes n° 86 de la C E I: Fibres optiques.

(Le Sous-Comité 46E a été remplacé par le Comité d'Etudes n° 86 et les Sous-Comités 86A et 86B.)

Cette deuxième édition de la Publication 793-1 de la C E I remplace la première édition, parue en 1984.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
46E(BC)28	86A(BC)2
46E(BC)29	86A(BC)3
46E(BC)31	86A(BC)5
46E(BC)32	86A(BC)8
46E(BC)34	86A(BC)7

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette nouvelle édition de la Publication 793 de la C E I comprendra deux parties:

- Première partie: Spécification générique;
- Deuxième partie: Spécifications de produit. (En préparation.)

Les publications suivantes de la C E I sont citées dans la présente norme:

- Publications n°s 68-1 (1982): Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Première partie: Généralités et guide.
- 68-2-10 (1984): Deuxième partie: Essais — Essai J: Moisissures.
- 68-2-14 (1984): Essai N: Variations de température.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES

Part 1: Generic specification

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.
- 4) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 86A: Fibres and Cables (formerly Sub-Committee 46E: Fibre Optics), of IEC Technical Committee No. 86: Fibre Optics.

(Sub-Committee 46E has been replaced by Technical Committee No. 86 and Sub-Committees 86A and 86B.)

This second edition of IEC Publication 793-1 replaces the first edition, which was issued in 1984.

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

Six Months' Rule	Reports on Voting
46E(CO)28	86A(CO)2
46E(CO)29	86A(CO)3
46E(CO)31	86A(CO)5
46E(CO)32	86A(CO)8
46E(CO)34	86A(CO)7

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

This new edition of IEC Publication 793 will comprise two parts:

- Part 1: Generic Specification;
- Part 2: Product Specifications. (In preparation.)

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publications Nos. 68-1 (1982): Basic Environmental Testing Procedures, Part 1: General and Guidance.

68-2-10 (1984): Part 2: Tests — Test J: Mould Growth.

68-2-14 (1984): Test N: Change of Temperature.

FIBRES OPTIQUES

Première partie: Spécification générique

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable aux fibres optiques à revêtement primaire ou à revêtement protecteur destinées à être utilisées dans les équipements de télécommunications et dans les dispositifs utilisant des techniques analogues.

2. Objet

L'objet de cette norme est d'établir des prescriptions uniformes relatives aux propriétés géométriques, optiques, mécaniques et d'environnement, ainsi qu'aux propriétés de transmission des fibres optiques.

3. Définitions

A l'étude.

4. Catégories des fibres optiques

4.1 Classe A – Fibres multimodales

Les catégories de fibres sont déterminées en prenant comme base le paramètre du profil d'indice de réfraction g .

Le profil d'indice normalisé est donné par la formule:

$$\delta(x) = 1 - x^g$$

$$\text{où: } \delta(x) = \frac{n(x) - n(1)}{n(0) - n(1)}$$

et: $n(x)$ = indice de réfraction à la distance x

$$x = \frac{r}{a} \quad (0 \leq r \leq a)$$

a = rayon de cœur

OPTICAL FIBRES

Part 1: Generic specification

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This standard applies to primary coated or primary buffered optical fibres for use in telecommunication equipment and in devices employing similar techniques.

2. Object

To establish uniform requirements for the geometrical, optical, transmission, mechanical and environmental properties of optical fibres.

3. Definitions

Under consideration.

4. Categories of optical fibres

4.1 Class A — Multimode fibres

Fibre categories are based on g , the refractive index profile parameter.

The normalized index profile is expressed as:

$$\delta(x) = 1 - x^g$$

where: $\delta(x) = \frac{n(x) - n(1)}{n(0) - n(1)}$

and: $n(x)$ = refractive index at x

$$x = \frac{r}{a} \quad (0 \leq r \leq a)$$

a = core radius

TABLEAU I

Catégories de fibres multimodales

Catégories	Matériau	Type	Limites
A1	Cœur verre/gaine verre	Fibre à gradient d'indice *	$1 \leq g < 3$
A2.1 A2.2	Cœur verre/gaine verre Cœur verre/gaine verre	Fibre à quasi-saut d'indice * Fibre à saut d'indice *	$3 \leq g < 10$ $10 \leq g < \infty$
A3	Cœur verre/gaine plastique	Fibre à saut d'indice *	$10 \leq g < \infty$
A4	Fibre plastique		

* On attire l'attention sur le profil d'indice indiqué dans la spécification particulière. Pour certaines applications, g peut être défini comme étant une fonction de x .
La catégorie de la fibre est déterminée sur la base de la valeur g qui se rapproche le mieux du profil de l'indice de réfraction normalisé faisant partie de la catégorie définie ci-dessus.

4.2 Fibres unimodales de classe B

A l'étude.

4.3 Autres classes de fibres

Pour examen ultérieur.

5. Propriétés des fibres optiques

La construction, les dimensions et les propriétés mécaniques, optiques et d'environnement du matériau optique ainsi que les propriétés de transmission de chaque type de fibres optiques sont indiquées dans la spécification particulière correspondante.

6. Préparation des échantillons

Les extrémités des fibres optiques doivent être propres, lisses et perpendiculaires à l'axe de la fibre.

7. Catégories d'essais et de méthodes de mesure

- a) Mesures des paramètres.
- b) Mesures des caractéristiques de fonctionnement.
- c) Essais de conformité.

SECTION DEUX — MÉTHODES DE MESURE DES DIMENSIONS

8. Objet

Les méthodes de mesure s'appliquent 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.

TABLE I

Categories of multimode fibres

Category	Material	Type	Limits
A1	Glass core/glass cladding	Graded* index fibre	$1 \leq g < 3$
A2.1 A2.2	Glass core/glass cladding Glass core/glass cladding	Quasi step* index fibre Step* index fibre	$3 \leq g < 10$ $10 \leq g < \infty$
A3	Glass core/plastic cladding	Step* index fibre	$10 \leq g < \infty$
A4	Plastic fibre		

* Attention is drawn to the index profile as stated in the detail specification. For some applications g may be specified as a function of x .

The fibre category is determined on the basis of the g value which best fits the normalized refractive index profile, falling within the category defined above.

4.2 Class B singlemode fibres

Under consideration.

4.3 Other classes of fibre

For future consideration.

5. Optical fibre properties

The construction, dimensions and mechanical, optical, transmission, material and environmental properties of each type of optical fibre shall be as specified in the relevant detail specification.

6. Preparation of samples

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

7. Categories of test and measuring methods

- a) Parameter measurements.
- b) Performance measurements.
- c) Compliance tests.

SECTION TWO — MEASURING METHODS FOR DIMENSIONS

8. Object

The measuring methods apply 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 fibres for the sake of trade and commerce.

Les dimensions des fibres optiques doivent être déterminées en soumettant les échantillons à des essais choisis dans le tableau II. Les essais appliqués, les critères d'acceptation et le nombre d'échantillons doivent être tels qu'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.

TABLEAU II

Dimensions des fibres optiques

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 793-1-A1	Champ proche réfracté	Diamètre du cœur Diamètre de gaine Non-circularités Erreurs de concentricité
CEI 793-1-A2	Répartition de la lumière en champ proche	Diamètre du cœur Diamètre de gaine Diamètre du revêtement primaire Diamètre du revêtement protecteur Non-circularités Erreurs de concentricité
CEI 793-1-A3	Quatre cercles concentriques	Diamètre du cœur Diamètre de gaine Non-circularités Erreurs de concentricité
CEI XXX-A4	Mesure mécanique du diamètre (à l'étude)	Diamètre de gaine Diamètre du revêtement primaire Diamètre du revêtement protecteur Non-circularités
CEI XXX-A5	Mesure mécanique de la longueur (à l'étude)	Longueur de fibre
CEI 793-1-A6	Retard d'impulsion transmise et/ou réfléchi	Longueur de fibre

Notes 1. — La technique du champ proche réfracté est une application directe de la définition du cœur basée sur le profil de l'indice de réfraction. Cette méthode donne le profil d'indice de réfraction à partir duquel les dimensions et l'ouverture numérique peuvent être calculées.

2. — Avec la répartition de la lumière en champ proche, les dimensions obtenues sont corrélées au profil d'indice de réfraction, mais ne sont pas strictement en accord avec la définition du diamètre de cœur.

3. — La méthode des quatre cercles concentriques est un essai de conformité, basé normalement sur la répartition de la lumière en champ proche. Elle n'est pas valable pour mesurer les valeurs réelles des dimensions des fibres.

9. 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.

10. 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.

The dimensions of optical fibres shall be determined by subjecting samples to tests selected from Table II. 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.

TABLE II

Dimensions of optical fibres

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 793-1-A1	Refracted near field	Diameter of core Diameter of cladding Non-circularities Concentricity errors
IEC 793-1-A2	Near field light distribution	Diameter of core Diameter of cladding Diameter of primary coating Diameter of buffer Non-circularities Concentricity errors
IEC 793-1-A3	Four concentric circles	Diameter of core Diameter of cladding Non-circularities Concentricity errors
IEC XXX-A4	Mechanical diameter measurement (under consideration)	Diameter of cladding Diameter of primary coating Diameter of buffer Non-circularities
IEC XXX-A5	Mechanical length measurement (under consideration)	Length of fibre
IEC 793-1-A6	Delay of transmitted and/or reflected pulse	Length of fibre

Notes 1. — The refracted near field technique is a direct application of core definition based on the refractive index profile. This method gives the refractive index profile from which the dimensions and numerical aperture can be calculated.

2. — With the near field light distribution the dimensions obtained are correlated to the refractive index profile, but are not strictly in accordance with the definition of core diameter.

3. — The four concentric circles method is a compliance test normally based on near field light distribution. It is not valid for measuring the actual values of fibre dimensions.

9. Reference surface

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

10. Concentricity error

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

11. Tolérances

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

On peut également faire référence à la méthode d'essai 793-1-A3 des quatre cercles concentriques (en tant qu'essai de conformité).

12. Définitions opérationnelles

A l'étude.

13. Méthode CEI 793-1-A1 – Champ proche réfracté

13.1 *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.

13.2 *Appareillage*

Une représentation schématique de l'appareillage est donnée par les figures 1, page 18 et 2, page 20.

13.2.1 *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.

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 un 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.

13.2.2 *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 $1,5 \mu m$. L'équipement permet de déplacer cette tache focale le long du diamètre de la fibre.

13.2.3 *Cellule à liquide d'indice*

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

11. Tolerances

Tolerances on diameters can be specified in the detail specification.

Reference can also be made to test method 793-1-A3: Four concentric circles (as a compliance test).

12. Operational definitions

Under consideration.

13. Method IEC 793-1-A1 — Refracted near field

13.1 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 singlemode and multimode fibres.

13.2 Test apparatus

A schematic diagram of the test apparatus is shown in Figures 1, page 19 and 2, page 21.

13.2.1 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.

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.

13.2.2 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 $1.5 \mu\text{m}$. The equipment enables the focused spot to be scanned across the fibre diameter.

13.2.3 Liquid cell

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

13.2.4 *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.

13.3 *Préparation de l'échantillon*

Une longueur de fibre d'environ 1 m est nécessaire.

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.

13.4 *Procédure*

On se référera au schéma représentant l'appareillage (figure 2, page 20).

13.4.1 *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.

13.4.2 *Étalonnage 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.

13.4.3 *Résultats*

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Disposition du montage d'essai et procédure de correction en longueur d'onde.
- 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.

13.2.4 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.

13.3 Sample preparation

A length of fibre of about 1 m is required.

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.

13.4 Procedure

Refer to the schematic diagram of the test apparatus (Figure 2, page 21).

13.4.1 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 optic axis to just block the leaky modes. For singlemode 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.

13.4.2 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, 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.

13.4.3 Results

The following details shall be presented:

- Test arrangement and wavelength correction procedure.
- Fibre identification. Depending on specification requirements:
 - Profile through core and cladding centres calibrated for a given wavelength.
 - Profiles along the core major and minor axes calibrated for a given wavelength.

- Profils le long des axes principaux de la gaine étalonnés pour une longueur d'onde déterminée.

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.

Lumière incidente saturant
l'ouverture numérique de la fibre

Cellule à liquide
d'indice

Disque

Modes réfractés
seulement

Fibre

Lumière guidée

329/87

FIG. 1. — Technique du champ proche réfracté — Représentation schématique.

- Profiles along the cladding major and minor axes calibrated for a given wavelength.

By the raster scan of the cross-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.
- Indication of accuracy and reproducibility.

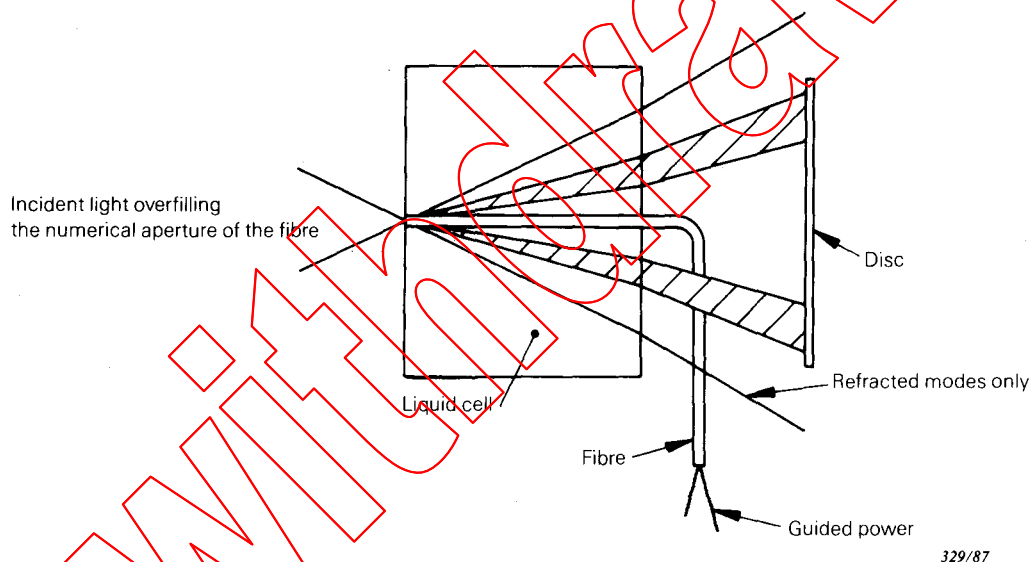


FIG. 1. — Refracted near-field technique — Schematic diagram.

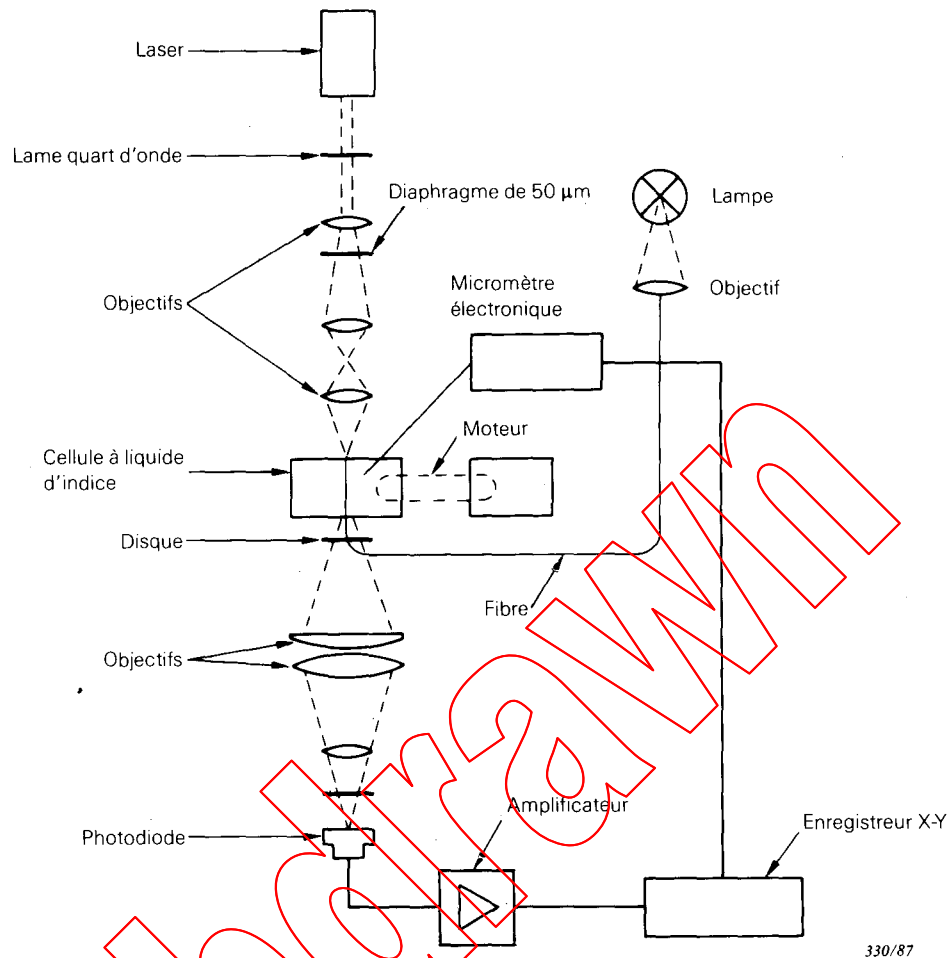


FIG. 2. — Exemple typique d'un appareillage de mesure du champ proche réfracté.

14. Méthode CEI 793-1-A2 — Répartition de la lumière en champ proche

14.1 Objet

L'essai ci-après est destiné au contrôle de livraison et/ou de réception. On réalise une image de la section transversale de l'extrémité de la fibre en essai.

Cette image est agrandie par une optique de sortie, par exemple un microscope et différents types de capteurs peuvent être utilisés (examen direct, appareil photographique, analyseur vidéo numérique, détecteur à balayage, etc.). L'optique de sortie et les capteurs peuvent être combinés en un seul appareil.

14.2 Préparation de l'échantillon

L'échantillon doit être constitué par un tronçon de courte longueur de la fibre optique à mesurer. Cette longueur doit être notée. Les faces de la fibre doivent être propres, planes et perpendiculaires à l'axe de la fibre.

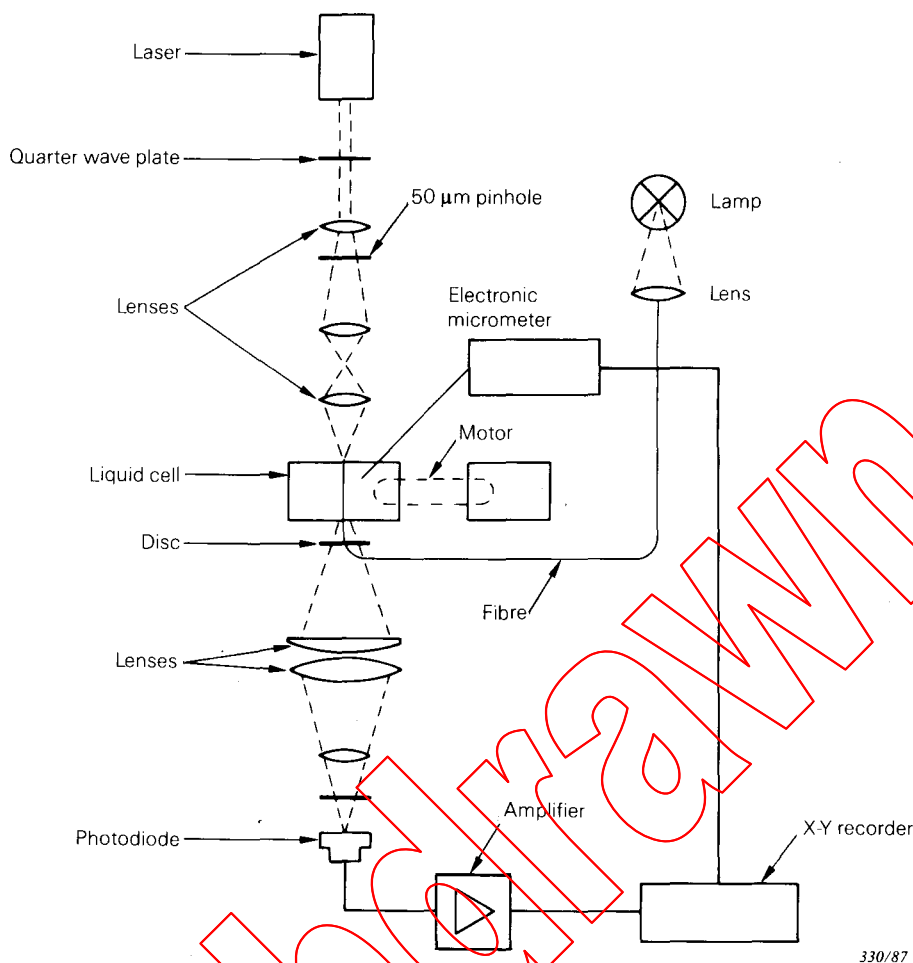


FIG. 2. — Typical arrangement of the refracted near-field test set.

14. Method IEC 793-1-A2 — Near field light distribution

14.1 Object

The following test is for incoming and/or outgoing inspection. Imaging is made on a cross section at the end of the fibre under test.

The image is magnified by an output optics, for example microscope and various kinds of sensors can be used (direct examination, photographic camera, digital video analyzer, scanning detector, etc.). Output optics and sensors may be combined in one apparatus.

14.2 Sample preparation

The sample shall be a short length of the optical fibre to be measured. This length shall be noted. The fibre ends shall be clean, smooth and perpendicular to the fibre axis.

14.3 Appareillage

14.3.1 Source lumineuse

La source lumineuse éclairant le cœur doit être incohérente et d'intensité réglable; son type doit être noté. Une seconde source de lumière peut être utilisée pour illuminer la fibre afin de mesurer la gaine.

14.3.2 Systèmes de détection

Différents systèmes de détection peuvent être utilisés en fonction du type de mesure à réaliser (examen visuel, photographie, calcul sur l'image entière).

14.3.2.1 *Microscope*. On doit utiliser un microscope métallographique inversé ou un microscope pour biologie, ayant une résolution proche de la limite de diffraction (par exemple, il doit en principe avoir un grandissement jusqu'à $600\times$ et être équipé d'un micromètre à fil).

14.3.2.2. *Microscope équipé d'un appareil photographique*. Le microscope décrit au paragraphe 14.3.2.1. peut être équipé d'une chambre microphotographique.

On doit utiliser une règle convenablement graduée pour calibrer les dimensions sur la photographie.

14.3.2.3 *Analyseur vidéo*. Le microscope décrit au paragraphe 14.3.2.1 peut être équipé d'une caméra vidéo. Le signal issu de celle-ci peut être examiné visuellement sur un moniteur de télévision ou envoyé sur un analyseur vidéo afin de recueillir les informations complètes sur le champ proche issu de la fibre.

14.3.2.4 *Détecteur à balayage*. La caméra vidéo décrite au paragraphe 14.3.2.3 peut être remplacée par un photodétecteur diaphragmé, pour effectuer un ou plusieurs balayages du champ proche issu de la fibre. Le signal issu de ce détecteur est envoyé sur un enregistreur XY.

14.4 Procédure

- a) L'extrémité de l'échantillon dont on doit faire l'image doit être préparée de façon que les faces d'extrémité soient perpendiculaires à l'axe de l'échantillon.
- b) L'ouverture numérique et, en conséquence, le pouvoir de résolution de la lentille de l'objectif doivent correspondre à la précision de mesure souhaitée. Le grossissement doit être choisi de façon à correspondre aux dimensions de la fibre et au champ de vision.
- c) La source lumineuse doit être fixée à l'autre extrémité de l'échantillon, qui peut être préparée de la même manière que la première extrémité et réglée de telle façon que l'image de l'extrémité de la fibre soit pratiquement exempte de défaut et de zone sombre. Si nécessaire, un milieu adaptateur d'indice doit être utilisé pour coupler la puissance optique entre la source et l'échantillon.

14.4.1 Examen visuel par méthode microscopique

- a) Le microscope doit être étalonné en mesurant la longueur d'un objet de dimensions déjà connues.
- b) Le paramètre à mesurer sur l'échantillon peut être déterminé à l'aide du micromètre à fil et de son étalonnage connu. Les diamètres maximal et minimal doivent être mesurés en faisant tourner l'image ou l'échelle.

14.3 Apparatus

14.3.1 Light source

The core illumination source shall be incoherent, adjustable in intensity and the type shall be noted. A second light source can be used to illuminate the fibre for cladding measurements purposes.

14.3.2 Detection systems

Different detection systems can be used depending on the type of measurements to be done (visual inspection, photography, calculations on the complete pattern).

14.3.2.1 *Microscope.* An inverted metallurgical microscope or a biological microscope with a resolution near the diffraction limit shall be used (for example it should have a calibrated magnification of up to $600\times$ and be equipped with a filar micrometer).

14.3.2.2 *Microscope with a photographic camera.* The microscope described in Sub-clause 14.3.2.1 may be equipped with a camera for micro photography.

A suitable scale shall be used to calibrate the dimensions in the photograph.

14.3.2.3 *Video analyzer.* The microscope described in Sub-clause 14.3.2.1 may be equipped with a TV camera. The output signal of the camera can be sent to a TV monitor for visual inspection or to a video analyzer in order to record the complete output near field of the fibre.

14.3.2.4 *Scanning detector.* The TV camera described in Sub-clause 14.3.2.3 can be replaced by a pinhole photodetector, to make one or several scans of the fibre output near field. The signal of the detector is sent to a XY recorder.

14.4 Procedure

- a) The end of the sample from which the image will be produced shall be prepared and so set as to make the end face perpendicular to the axis of the sample.
- b) The numerical aperture and hence the resolving power of the objective lens shall be compatible with the measuring accuracy required. The magnification shall be selected to be compatible with the fibre size and the field of view.
- c) The light source shall be attached to the other end of the sample, which may be prepared in the same way as the first end, and adjusted so that the fibre end image will be substantially free of any missing or unclear part. If necessary, index matching fluid shall be used to couple the optical power between source and sample.

14.4.1 Microscope technique with visual inspection

- a) The microscope shall be calibrated by measuring the length of an object of already known dimensions.
- b) The parameter of the sample to be measured may be determined by means of the filar micrometer and the known calibration. The minimum and maximum diameter shall be measured by rotating the image or the scale.

14.4.2 *Méthode microscopique avec enregistrement photographique*

- a) L'intensité de l'éclairement frontal et arrière, la vitesse de l'obturateur, la valeur du diaphragme et le film doivent être choisis de façon à obtenir une photographie nette, montrant clairement, par exemple, la limite entre le cœur et la gaine.
- b) L'agrandissement total de l'image doit être déterminé par photographie d'une échelle étalonnée connue, par exemple d'un micromètre de la platine porte-objets.
- c) La dimension de l'image photographique doit être supérieure à 30 mm × 30 mm. Le paramètre à mesurer doit être déterminé à partir de la dimension de l'image et de l'agrandissement.
- d) Si l'on utilise une échelle comme indiqué paragraphe 14.3.2.2, une échelle transparente doit être placée sur les photographies pour estimation.

14.4.3 *Technique microscopique avec analyseur vidéo*

- a) Le champ de sortie du microscope est traité par un analyseur vidéo numérique commandé par un ordinateur, tel que vidicon à balayage, dispositif à couplage de charges (CCD) ou tout autre système de détection de l'intensité rayonnée.
- b) L'image entière est surveillée et la ligne en traitement est indiquée, par exemple au moyen d'un curseur.
- c) Les limites sont déterminées par des critères de niveaux de contraste et comparées à une grille étalon pour obtenir les paramètres géométriques à mesurer.

14.4.4 *Technique microscopique avec détecteur à balayage diaphragmé*

- a) L'image agrandie du cœur de l'échantillon est réalisée sur un plan.
- b) On détermine l'intensité du champ proche agrandi. Par exemple, l'une quelconque des techniques suivantes peut être utilisée:
 - 1) détecteur à balayage diaphragmé;
 - 2) miroir à balayage et détecteur fixe diaphragmé.
- c) On enregistre l'intensité en fonction de la position du détecteur.
- d) On utilise un système d'amplification verrouillé en phase ou un système équivalent pour amplifier les signaux de faible niveau.
- e) Un moteur pas à pas ou un miroir à balayage sont utilisés pour balayer l'image du cœur de la fibre ou déplacer le détecteur diaphragmé.
- f) On enregistre l'intensité du signal en fonction de la position du diamètre de cœur.
- g) Le microscope doit être calibré en mesurant la longueur d'un objet de dimensions déjà connues.

14.5 *Documentation*

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Identification de la fibre.
- Nombre d'échantillons.
- Humidité relative et température ambiante.
- Description de l'appareillage.
- Agrandissement.
- Paramètres mesurés.
- Images photographiques ou copie de l'image vidéo, s'il y a lieu.

14.4.2 *Microscope technique with photography*

- a) The intensity of the front and back illumination, the shutter speed, 'f' stop and a film shall be selected to obtain a clear photograph, for example clearly showing the boundary between core and cladding.
- b) The overall image magnification shall be determined by photographing a scale of known calibration such as a stage micrometer.
- c) The size of the photographic image shall be more than 30 mm × 30 mm. The parameter to be measured shall be determined from the size of the image and the magnification.
- d) When using a scale as described in Sub-clause 14.3.2.2, a transparent scale shall be placed upon the photographs and judged.

14.4.3 *Microscope techniques with a video analyzer*

- a) The output field of the microscope is processed with a digital video analyzer controlled by a computer, such as a scanning vidicon, charge coupled device (CCD) or other pattern intensity recognition device.
- b) The complete image is monitored and the line being processed is indicated, for example by a cursor.
- c) The boundaries are found by contrast level criteria and referenced to a standard grating to give the geometrical parameters to be measured.

14.4.4 *Microscope technique with a pinhole scanning detector*

- a) Focus a magnified image of the sample core onto a plane.
- b) Determine the intensity of the magnified near field patterns. As examples, any of the following techniques may be used:
 - 1) scanning detector with pinhole;
 - 2) scanning mirror with fixed pinhole aperture detector.
- c) Record the intensity as a function of detector position.
- d) Use a phase-locked amplifier system (or equivalent apparatus) to amplify the low level signals.
- e) Scan fibre core image or pinhole detector by means of a stepping motor translation stage or a scanning mirror.
- f) Record intensity (signal) as a function of position of the core diameter.
- g) The microscope shall be calibrated by measuring the length of an object of already known dimensions.

14.5 *Documentation*

The following data shall be presented:

- Fibre identification.
- Number of samples.
- Relative humidity and ambient temperature.
- Description of apparatus.
- Magnification.
- Parameters measured.
- Photographic images or video analyzer print out if applicable.

15. Méthode CEI 793-1-A3 — Quatre cercles concentriques

15.1 *Objet*

La méthode suivante est un essai de réception relatif aux paramètres et tolérances dimensionnelles des fibres optiques. Elle n'est pas valable pour la mesure des valeurs exactes des diamètres du cœur et de la gaine, de la non-circularité et des erreurs de concentricité.

Cette méthode montre la conformité de la fibre aux valeurs dimensionnelles spécifiées. Il convient de l'utiliser pour inspection d'entrée et/ou de sortie.

Les quatre cercles concentriques forment deux zones annulaires avec les diamètres:

$$\begin{array}{ll} D_{CL} + \Delta D_{CL} & \text{pour la gaine} \\ D_{CL} - \Delta D_{CL} & \\ D_{CO} + \Delta D_{CO} & \text{pour le cœur} \\ D_{CO} - \Delta D_{CO} & \end{array}$$

ce qui définit un gabarit de tolérances.

Une fibre satisfait à cet essai si on peut trouver une position de la fibre et du gabarit telle que le contour de la gaine ainsi que le contour du cœur se situent tous deux entièrement à l'intérieur des deux zones annulaires. Il convient de choisir dans la spécification particulière les valeurs de D_{CL} , ΔD_{CL} , D_{CO} et ΔD_{CO} .

15.2 *Préparation de l'échantillon/sélection*

L'échantillon doit en principe être constitué par une courte longueur de la fibre optique à mesurer. Il convient que cette longueur soit notée.

15.3 *Appareillage*

15.3.1 *Source lumineuse*

Voir le paragraphe 14.3.1.

15.3.2 *Microscope*

Voir le paragraphe 14.3.2.1.

15.3.3 *Microscope équipé d'un appareil photographique*

Voir le paragraphe 14.3.2.2.

15.3.4 *Analysateur vidéo*

Voir le paragraphe 14.3.2.3. La comparaison entre les quatre cercles de référence et les contours du cœur et de la gaine peut être effectuée par ordinateur, ou par affichage visuel ou graphique.

15.3.5 *Détecteur à balayage*

Voir le paragraphe 14.3.2.4.

15.3.6 *Masque*

Il convient qu'un masque comportant quatre cercles concentriques soit prévu et inséré dans le système optique de mesure.

La précision du masque doit en principe être telle que la précision indiquée dans la spécification particulière puisse être obtenue sur l'échantillon.

15. Method IEC 793-1-A3 — Four concentric circles

15.1 Object

The following is a compliance test for optical fibre dimensional parameters and tolerances. It is not valid for measuring the actual values of core and cladding diameter, non-circularity and concentricity errors.

This method gives evidence of compliance with the set of dimensional specification values. It should be used as an incoming and/or outgoing inspection.

The four concentric circles form two rings with the diameters:

$$\begin{array}{ll} D_{CL} + \Delta D_{CL} & \text{for the cladding} \\ D_{CL} - \Delta D_{CL} & \\ D_{CO} + \Delta D_{CO} & \text{for the core} \\ D_{CO} - \Delta D_{CO} & \end{array}$$

which define the tolerance field.

A fibre will pass this test if a position of fibre and tolerance field can be found where both the cladding contour and the core contour lie completely inside the two rings. Values for D_{CL} , ΔD_{CL} , D_{CO} and ΔD_{CO} should be taken from the detail specification.

15.2 Sample preparation/selection

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

15.3 Apparatus

15.3.1 Light source

See Sub-clause 14.3.1.

15.3.2 Microscope

See Sub-clause 14.3.2.1.

15.3.3 Microscope with a photographic camera

See Sub-clause 14.3.2.2.

15.3.4 Video analyzer

See Sub-clause 14.3.2.3. The comparison between the given four circles and core and cladding limits may be done by computation, visual or printed display.

15.3.5 Scanning detector

See Sub-clause 14.3.2.4.

15.3.6 Mask

A mask with four concentric circles should be provided and inserted in the optical measuring system.

The accuracy of the mask should be such that the accuracy given in the detail specification can be obtained on the sample.