

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
793-1**

Quatrième édition
Fourth edition
1992-11

Fibres optiques

**Partie 1:
Spécification générique**

Optical fibres

**Part 1:
Generic specification**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 793-1: 1992

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- Bulletin de la CEI
- Annuaire de la CEI
- Catalogue des publications de la CEI
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- IEC Bulletin
- IEC Yearbook
- Catalogue of IEC Publications
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 617, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
793-1**

Quatrième édition
Fourth edition
1992-11

Fibres optiques

**Partie 1:
Spécification générique**

Optical fibres

**Part 1:
Generic specification**

© CEI 1992 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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XH**

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8

SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

Articles

1.1	Domaine d'application	12
1.2	Objet	12
1.3	Définitions	12
1.4	Catégories des fibres optiques	12
1.5	Propriétés des fibres optiques	16
1.6	Préparation des échantillons	16
1.7	Catégories d'essais et de méthodes de mesure	16

SECTION 2 : MÉTHODES DE MESURE DES DIMENSIONS

2.1	Objet	18
2.2	Surface de référence	20
2.3	Erreur de concentricité	20
2.4	Tolérances	20
2.5	Définitions opérationnelles	20
2.6	Méthode CEI 793-1-A1 – Profil d'indice de réfraction	22
2.7	Méthode CEI 793-1-A2 – Répartition de la lumière en champ proche	40
2.8	Méthode CEI 793-1-A3 – Quatre cercles concentriques	44
2.9	Méthode CEI 793-1-A4 – Mesure mécanique du diamètre	48
2.10	Méthode CEI 793-1-A5 – Mesure mécanique de la longueur	52
2.11	Méthode CEI 793-1-A6 – Mesure de la longueur par mesure du retard de l'impulsion transmise et/ou de l'impulsion réfléchie	52

SECTIONS 3: MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

3.1	Objet	62
3.2	Définitions opérationnelles	62
3.3	Défauts physiques	64
3.4	Méthode CEI 793-1-B1 – Essai de sélection d'une fibre optique	66
3.5	Méthode CEI 793-1-B2A – Résistance à la traction de courtes longueurs de fibres optiques	74
3.6	Méthode CEI 793-1-B2B – Résistance à la traction pour de grandes longueurs de fibres optiques	76
3.7	Méthode CEI 793-1-B4 – Abrasion	76
3.8	Méthode CEI 793-1-B5 – Examen visuel	76
3.9	Méthode CEI 793-1-B6 – Dénudabilité des fibres optiques	76

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
SECTION 1: GENERAL	
Clause	
1.1 Scope	13
1.2 Object	13
1.3 Definitions	13
1.4 Categories of optical fibres	13
1.5 Optical fibre properties	17
1.6 Preparation of samples	17
1.7 Categories of test and measuring methods	17
SECTION 2: MEASURING METHODS FOR DIMENSIONS	
2.1 Object	19
2.2 Reference surface	21
2.3 Concentricity error	21
2.4 Tolerances	21
2.5 Operational definitions	21
2.6 Method IEC 793-1-A1 – Refractive index profile	23
2.7 Method IEC 793-1-A2 – Near field light distribution	41
2.8 Method IEC 793-1-A3 – Four concentric circles	45
2.9 Method IEC 793-1-A4 – Mechanical diameter measurement	49
2.10 Method IEC 793-1-A5 – Mechanical length measurement	53
2.11 Method IEC 793-1-A6 – Length measurement by delay measuring of transmitted pulse and/or reflected pulse	53
SECTION 3: MEASURING METHODS FOR MECHANICAL CHARACTERISTICS	
3.1 Object	63
3.2 Operational definitions	63
3.3 Physical defects	65
3.4 Method IEC 793-1-B1 – Optical fibre proof test	67
3.5 Method IEC 793-1-B2A – Tensile strength for short lengths of optical fibres	75
3.6 Method IEC 793-1-B2B – Tensile strength for long lengths of optical fibres	77
3.7 Method IEC 793-1-B4 – Abrasion	77
3.8 Method IEC 793-1-B5 – Visual inspection	77
3.9 Method IEC 793-1-B6 – Strippability	77

Articles

Pages

SECTION 4: MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES OPTIQUES
ET DE TRANSMISSION

4.1	Objet	86
4.2	Affaiblissement	88
4.3	Définitions opérationnelles	90
4.4	Description des méthodes de mesure de l'affaiblissement	90
4.5	Méthode CEI 793-1-C1A – Méthode de la fibre coupée	92
4.6	Méthode CEI 793-1-C1B – Méthode des pertes d'insertion	106
4.7	Méthode CEI 793-1-C1C – Technique de rétrodiffusion	112
4.8	Réponse modale en bande de base	142
4.9	Définitions opérationnelles	142
4.10	Description des méthodes de mesure de réponse en bande de base	144
4.11	Méthode CEI 793-1-C2A – Réponse impulsionnelle	144
4.12	Méthode CEI 793-1-C2B – Réponse fréquentielle	150
4.13	Méthode CEI 793-1-C3 – Sensibilité aux microcourbures	152
4.14	Méthode CEI 793-1-C4 – Energie lumineuse transmise ou rayonnée	160
4.15	Méthode CEI 793-1-C5A – Mesure de la dispersion chromatique des fibres optiques par la méthode de déphasage	166
4.16	Méthode CEI 793-1-C5B – Mesure de la dispersion chromatique par la méthode de mesure du temps de propagation de groupe dans le domaine temporel	184
4.17	Méthode CEI 793-1-C5C – Mesure de la dispersion chromatique des fibres optiques par la méthode du déphasage différentiel	198
4.18	Mesures de dispersion chromatique	218
4.19	Ouverture numérique – Répartition de la lumière en champ lointain	222
4.20	Longueur d'onde de coupure	236
4.21	Méthode CEI 793-1-C7A – Mesure de la longueur d'onde de coupure pour une fibre optique unimodale	236
4.22	Méthode CEI 793-1-C7B – Mesure de la longueur d'onde de coupure en câble d'une fibre unimodale	246
4.23	Diamètre de champ de mode	246
4.24	Méthode CEI 793-1-C9A – Mesure du diamètre de champ de mode – Méthode d'exploration directe du champ lointain	250
4.25	Méthode CEI 793-1-C9B – Mesure du diamètre de champ de mode – Technique de l'ouverture variable en champ lointain	258
4.26	Méthode CEI 793-1-C9C – Mesure du diamètre de champ de mode par la méthode d'exploration en champ proche	258
4.27	Méthode CEI 793-1-C9D – Mesure du diamètre de champ de mode – Exploration d'une arête en lame de couteau	268
4.28	Variation du facteur de transmission optique	278
4.29	Méthode CEI 793-1-C10A – Contrôle en puissance transmise	278
4.30	Méthode CEI 793-1-C10B – Contrôle en rétrodiffusion	286
4.31	Méthode CEI 793-1-C11 – Sensibilité aux macrocourbures	288

Clause		Page
SECTION 4: MEASURING METHODS FOR TRANSMISSION AND OPTICAL CHARACTERISTICS		
4.1	Object	87
4.2	Attenuation	89
4.3	Operational definitions	91
4.4	Description of attenuation measuring techniques	91
4.5	Method IEC 793-1-C1A – Cut-back technique	93
4.6	Method IEC 793-1-C1B – Insertion loss technique	107
4.7	Method IEC 793-1-C1C – Backscattering technique	113
4.8	Modal baseband response	143
4.9	Operational definitions	143
4.10	Description of baseband response measuring methods	145
4.11	Method IEC 793-1-C2A – Impulse response	145
4.12	Method IEC 793-1-C2B – Frequency response	151
4.13	Method IEC 793-1-C3 – Microbending sensitivity	153
4.14	Method IEC 793-1-C4 – Transmitted or radiated light power	161
4.15	Method IEC 793-1-C5A – Chromatic dispersion measurement of optical fibres by the phase-shift method	167
4.16	Method IEC 793-1-C5B – Chromatic dispersion measurement by spectral group delay measurement in the time domain	185
4.17	Method IEC 793-1-C5C – Chromatic dispersion measurement of optical fibres by the differential phase shift method	199
4.18	Chromatic dispersion measurements	219
4.19	Method IEC 793-1-C6 – Numerical aperture far-field light distribution	223
4.20	Cut-off wavelength	237
4.21	Method IEC 793-1-C7A – Cut-off wavelength measurement for single mode optical fibre	237
4.22	Method IEC 793-1-C7B – Cable cut-off wavelength measurement of single mode fibre	247
4.23	Mode field diameter	247
4.24	Method IEC 793-1-C9A – Mode field diameter measurement direct far-field scanning method	251
4.25	Method IEC 793-1-C9B – Mode field diameter measurement - variable aperture method in the far-field	259
4.26	Method IEC 793-1-C9C – Mode field diameter measurement near-field scan method	269
4.27	Method IEC 793-1-C9D – Mode field diameter measurement knife edge scan	279
4.28	Change in optical transmittance	279
4.29	Method IEC 793-1-C10A – Transmitted power monitoring	279
4.30	Method IEC 793-1-C10B – Backscattering monitoring	287
4.31	Method IEC 793-1-C11 – Macrobending sensitivity	289

Articles

Pages

SECTION 5: MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES
D'ENVIRONNEMENT

5.1	Objet	290
5.2	Définitions opérationnelles	290
5.3	Méthode CEI 793-1-D1 – Cycles de température	290
5.4	Méthode CEI 793-1-D2 – Contamination	298
5.5	Méthode CEI 793-1-D3 – Rayonnement nucléaire	298

SECTION 6: CONDITIONNEMENT

6.1	Objet	318
-----	-------------	-----

SECTION 7: ESSAIS APPLICABLES AUX CONDITIONS DE RECETTE,
DE CONTRÔLE ET D'HOMOLOGATION

Annexes

A	Ensemble de données relatives au diamètre du champ de mode – Intégrale de Petermann en champ lointain	320
B	Guide pour les fibres optiques destinées aux liaisons de courtes distances	324

Tableaux

1	Catégories de fibres multimodales	14
2	Catégories de fibres unimodales à cœur et gaine optique en verre	16
3	Dimensions des fibres optiques	18
4	Caractéristiques mécaniques des fibres	62
5	Caractéristiques optiques et de transmission des fibres optiques	86
6	Données relatives à l'échantillon	264
7	Données en champ proche	274
8	Caractéristiques d'environnement	290
9	Combinaison dose totale/débit de dose	310
A.1	Données relatives au diagramme de rayonnement	320
B.1	Quelques exemples de dimensions, paramètres de transmission et applications des fibres pour liaisons de courtes distances	332

SECTION 5: MEASURING METHODS FOR ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS

5.1	Object	291
5.2	Operational definitions	291
5.3	Method IEC 793-1-D1 - Temperature cycling	291
5.4	Method IEC 793-1-D2 - Contamination	299
5.5	Method IEC 793-1-D3 - Nuclear radiation	299

SECTION 6: PACKAGING

6.1	Object	319
-----	--------------	-----

SECTION 7: APPLICABLE TESTS FOR QUALITY CONFORMANCE INSPECTION AND QUALIFICATION APPROVAL

Annexes

A	Mode field diameter data set for far field Petermann integral	321
B	Guide for fibres for short distance links	325

Tables

1	Categories of multimode fibres	15
2	Categories of glass core/glass clad single-mode fibres	17
3	Dimensions of optical fibres	19
4	Mechanical characteristics of optical fibres	63
5	Transmission and optical characteristics of optical fibres	87
6	Sample data	265
7	Near field data	275
8	Environmental characteristics	291
9	Total dose/dose rate combinations	311
A.1	Radiation pattern data	321
B.1	Examples of dimensions, transmission parameters and applications of fibres for short distance links	333

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES

Partie 1: Spécification générique

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI 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 CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 4) 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 recommandations.

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 86A: Fibres et câbles, du Comité d'Etudes n° 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 1989 et l'amendement 1 (1991) et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote	Procédure des Quatre Mois	Rapports de vote
86A(BC)92	86A(BC)114	86A(BC)128	86A(BC)158
86A(BC)98	86A(BC)153	86A(BC)129	86A(BC)159
86A(BC)101	86A(BC)130	86A(BC)139	86A(BC)163
86A(BC)102	86A(BC)131	86A(BC)140	86A(BC)160
86A(BC)103	86A(BC)132	86A(BC)141	86A(BC)161
86A(BC)104	86A(BC)133	86A(BC)142	86A(BC)164
86A(BC)105	86A(BC)134	86A(BC)143	86A(BC)162
86A(BC)106	86A(BC)135		
86A(BC)107	86A(BC)136		
86A(BC)108	86A(BC)137		
86A(BC)109	86A(BC)138		
86A(BC)110	86A(BC)144		
86A(BC)111	86A(BC)145		
86A(BC)112	86A(BC)157		

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

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.

This standard has been prepared by Sub-Committee 86A: Fibres and cables, of IEC Technical Committee No. 86: Fibre optics.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 1989 and Amendment 1 (1991) and constitutes a technical revision.

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Four Months' Procedure	Report on Voting
86A(CO)92	86A(CO)114	86A(CO)128	86A(CO)158
86A(CO)98	86A(CO)153	86A(CO)129	86A(CO)159
86A(CO)101	86A(CO)130	86A(CO)139	86A(CO)163
86A(CO)102	86A(CO)131	86A(CO)140	86A(CO)160
86A(CO)103	86A(CO)132	86A(CO)141	86A(CO)161
86A(CO)104	86A(CO)133	86A(CO)142	86A(CO)164
86A(CO)105	86A(CO)134	86A(CO)143	86A(CO)162
86A(CO)106	86A(CO)135		
86A(CO)107	86A(CO)136		
86A(CO)108	86A(CO)137		
86A(CO)109	86A(CO)138		
86A(CO)110	86A(CO)144		
86A(CO)111	86A(CO)145		
86A(CO)112	86A(CO)157		

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

L'annexe A fait partie intégrante de la présente Norme internationale.

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

La CEI 793 comporte les parties suivantes:

Partie 1: Spécification générique, qui fait l'objet de la présente norme.

Deuxième partie: Spécifications de produit (parue en 1989).

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme.

Publications n° 68-1 (1982): Essais d'environnement, Première partie: Généralités et guide.

68-2-10 (1984): Deuxième partie: Essais – Essai J: Moisissures.

68-2-14 (1984): Essai N: Variations de température.

793-2 (1989): Fibres optiques. Deuxième partie: Spécifications de produit.

Annex A forms an integral part of this International Standard.

Annex B is for information only.

IEC 793 comprises the following parts.

Part 1: Generic specification, which is the subject of this standard.

Part 2: Product specifications, published in 1989.

The following IEC publications are quoted in this standard.

Publications Nos. 68-1 (1982): Environmental testing, 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.

793-2 (1989): Optical fibres. Part 2: Product specifications.

FIBRES OPTIQUES

Partie 1: Spécification générique

SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

1.1 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.

1.2 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.

1.3 Définitions

A l'étude.

1.4 Catégories des fibres optiques

1.4.1 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

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

où

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

et

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

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

a = rayon de cœur

OPTICAL FIBRES

Part 1: Generic specification

SECTION 1: GENERAL

1.1 Scope

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

1.2 Object

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

1.3 Definitions

Under consideration.

1.4 Categories of optical fibres

1.4.1 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

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

a = core radius

Tableau 1 – Catégories de fibres multimodales

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

1.4.2 Classe B – Fibres unimodales

Les fibres unimodales sont caractérisées par les paramètres suivants.

1.4.2.1 Diamètre du champ de mode

Voir article 4.23.

1.4.2.2 Longueur d'onde de coupure

La longueur d'onde de coupure est la plus grande longueur d'onde pour laquelle le rapport entre la puissance totale, incluant l'injection des modes d'ordre plus élevé, et la puissance du mode fondamental a baissé jusqu'en dessous d'une valeur spécifiée, les modes étant excités de façon suffisamment uniforme.

NOTE - Par définition, la valeur spécifiée est choisie égale à 0,1 dB pour une longueur suffisamment droite de 2 m de fibre avec une boucle unique de 140 mm de rayon.

1.4.2.3 Dispersion totale

La dispersion totale est la dépendance du paramètre de propagation avec la longueur d'onde. Pour une source ayant une largeur spectrale finie, la dispersion se traduit par une distorsion.

La dispersion totale peut provenir de:

- la dispersion due au matériau;
- la dispersion due au guide d'onde;
- la dispersion due au profil. La dispersion de polarisation ne produit pas d'effet appréciable dans une fibre pratiquement circulaire.

La valeur maximale du coefficient de dispersion totale et, si applicable, la longueur d'onde à dispersion nulle dans une région de longueur d'onde particulière devront être spécifiées dans la spécification de produit.

Table 1 - Categories of multimode fibres

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

1.4.2 Class B - Single-mode fibres

Single-mode fibres are characterized by the following parameters.

1.4.2.1 Mode field diameter

See clause 4.23.

1.4.2.2 Cut-off wavelength

The cut-off wavelength is the wavelength greater than that which the ratio between the total power, including launched higher order modes, and the fundamental mode power has decreased to less than a specified value, the modes being substantially uniformly excited.

NOTE - By definition, the specified value is chosen as 0,1 dB for a substantially straight 2 m length of fibre including one single loop of radius 140 mm.

1.4.2.3 Total dispersion

Total dispersion is the dependence of the propagation parameter on wavelength. Where the source has a finite line width, dispersion will result in distortion.

Total dispersion can arise as a result of:

- material dispersion;
- waveguide dispersion;
- profile dispersion. Polarization dispersion does not produce an appreciable effect in nominally circular fibre.

The maximum magnitude of the total dispersion coefficient and, if applicable, the wavelength of zero dispersion in a particular wavelength region shall be specified in the product specification.

1.4.2.4 Catégories des fibres unimodales

Les catégories actuellement utilisées sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 – Catégories de fibres unimodales à coeur et gaine optique en verre

Catégorie	Désignation	Longueur d'onde à dispersion nulle Valeur nominale (nm)	Longueur d'onde de fonctionnement Valeur nominale (nm)
B1.1	A dispersion non décalée	1 310	1 310
B1.2	A perte minimale	1 310	1 550
B2	A dispersion décalée	1 550	1 550
B3	A dispersion plate	Voir note 3	1 310 et 1 550

NOTES

- 1 Il peut être nécessaire de prêter une attention particulière à la réalisation d'épissures de fibres de types différents. Des résultats provisoires indiquent que des affaiblissements et des résistances mécaniques d'épissures appropriées peuvent être obtenues en raccordant des types différents dans une même catégorie.
- 2 La catégorie de fibre B1.2 n'est pas unimodale dans la fenêtre 1 310 nm.
- 3 Les fibres unimodales de catégorie B3 sont caractérisées par une faible dispersion sur une large plage de longueurs d'onde.

1.4.3 Autres classes de fibres

Pour examen ultérieur.

1.5 Propriétés des fibres optiques

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

1.6 Préparation des échantillons

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

1.7 Catégories d'essais et de méthodes de mesure

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

1.4.2.4 Categories of single-mode fibres

The categories of single-mode fibres currently in use are given in the table below:

Table 2 – Categories of glass core/glass clad single-mode fibres

Category	Description	Zero dispersion wavelength Nominal value (nm)	Operating wavelength Nominal value (nm)
B1.1	Dispersion unshifted	1 310	1 310
B1.2	Loss minimized	1 310	1 550
B2	Dispersion shifted	1 550	1 550
B3	Dispersion flattened	See note 3	1 310 and 1 550

NOTES

- 1 Care may be needed in splicing fibres of different types. Provisional results indicate that adequate splice loss and mechanical strength can be achieved when splicing different types within a single category.
- 2 Fibre Category B1.2 is not single-mode in the 1 310 nm region.
- 3 Category B3 single-mode fibres are characterized by a low dispersion over a large wavelength range.

1.4.3 Other classes of fibre

For future consideration.

1.5 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.

1.6 Preparation of samples

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

1.7 Categories of test and measuring methods

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

SECTION 2: MÉTHODES DE MESURE DES DIMENSIONS

2.1 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.

Les dimensions des fibres optiques doivent être déterminées en soumettant les échantillons à des essais choisis dans le tableau 3. 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 3 – Dimensions des fibres optiques

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 793-1-A1A	Champ proche réfracté	Diamètre du cœur Diamètre de gaine
CEI 793-1-A1B	Interférométrie transversale	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 793-1-A4	Mesure mécanique du diamètre	Diamètre de gaine Diamètre du revêtement primaire Diamètre du revêtement protecteur Non-circularités
CEI 793-1-A5	Mesure mécanique de la longueur (à l'étude)	Longueur de la fibre
CEI 793-1-A6	Retard d'impulsion transmise et/ou réfléchi	Longueur de la fibre
CEI 793-1-C1C	Technique de rétrodiffusion	Longueur de fibre

SECTION 2: MEASURING METHODS FOR DIMENSIONS

2.1 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 commercial purposes.

The dimensions of the optical fibres shall be determined by subjecting samples to tests selected from table 3. 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 3 – Dimensions of optical fibres

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 793-1-A1A	Refracted near field	Diameter of core Diameter of cladding Non-circularities Concentricity errors
IEC 793-1-A1B	Transverse Interference Method	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 793-1-A4	Mechanical diameter measurement	Diameter of cladding Diameter of primary coating Diameter of buffer Non-circularities
IEC 793-1-A5	Mechanical length measurement (under consideration)	Length of fibre
IEC 793-1-A6	Delay of transmitted and/or reflected pulse	Length of fibre
IEC 793-1-C1C	Backscattering technique	Length of 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.
- 4 Pour les dimensions liées à la partie transmission des fibres unimodales (c'est-à-dire diamètre du champ de mode, concentricité du champ de mode) voir section 4: Méthodes de mesure des caractéristiques optiques et de transmission.
- 5 Pour des raisons pratiques, le diamètre du cœur des fibres unimodales n'est normalement pas spécifié.
- 6 Une définition du diamètre du cœur des fibres unimodales est à l'étude.

2.2 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.

2.3 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.

2.4 Tolérances

Les tolérances sur les diamètres peuvent être indiquées dans la spécification particulière. On peut également faire référence à la méthode d'essai A3 des quatre cercles concentriques (en tant qu'essai de conformité).

2.5 Définitions opérationnelles

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

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

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

où:

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

n_1 est l'indice de réfraction maximal, et

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

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

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.
- 4 For dimensions linked to transmission part of single-mode fibres (i.e. diameter of mode field, concentricity of mode field) see section four: Measuring methods for optical and transmission characteristics.
- 5 For practical reasons, the core diameter of single-mode fibres is not normally specified.
- 6 A definition of the core diameter of single-mode fibres is on study.

2.2 Reference surface

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

2.3 Concentricity error

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

2.4 Tolerances

Tolerances on diameters can be specified in the detail specification. Reference can also be made to test method A3: Four concentric circles (as a compliance test).

2.5 Operational definitions**2.5.1 Definition of multimode fibre diameter**

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

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

where:

n_2 is the refractive index of the homogeneous cladding

n_1 is the maximum refractive index, and

k is a constant commonly called the "k factor"

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

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

NOTES

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

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

2.6 Méthode CEI 793-1-A1 – Profil d'indice de réfraction

2.6.1 Méthode CEI 793-1-A1A – Profil d'indice de réfraction – Méthode du champ proche réfracté

2.6.1.1 Objet

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

2.6.1.2 Appareillage

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

2.6.1.2.1 Source

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

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

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.

2.6.1.2.2 Optique d'injection

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

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.

NOTES

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

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.

2.6 Method IEC 793-1-A1 – Refractive index profile

2.6.1 Method IEC 793-1-A1A – Refractive index profile – Refracted near field method

2.6.1.1 Object

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

2.6.1.2 Test apparatus

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

2.6.1.2.1 Source

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

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

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.

2.6.1.2.2 Launch optics

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

2.6.1.2.3 *Cellule à liquide d'indice*

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

2.6.1.2.4 *Détection*

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

2.6.1.3 *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 fibres doivent être propres, planes et perpendiculaires à l'axe de la fibre.

2.6.1.4 *Procédure*

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

2.6.1.4.1 *Courbe de profil d'indice de la fibre*

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

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

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

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

2.6.1.4.2 *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.

2.6.1.2.3 *Liquid cell*

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

2.6.1.2.4 *Sensing*

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

2.6.1.3 *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.

2.6.1.4 *Procedure*

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

2.6.1.4.1 *Fibre index profile plot*

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

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

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

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

2.6.1.4.2 *Equipment calibration*

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

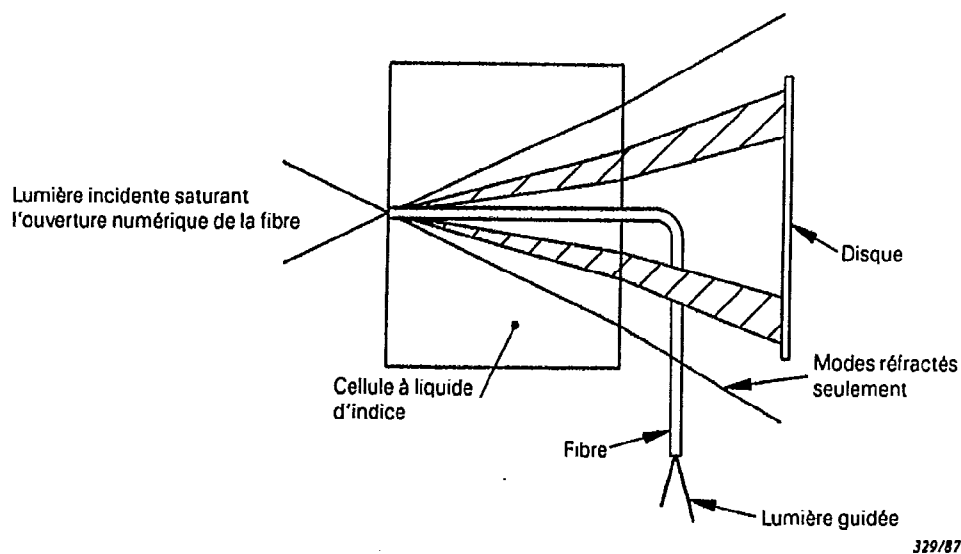


Figure 1 – Technique du champ proche réfracté – Représentation schématique

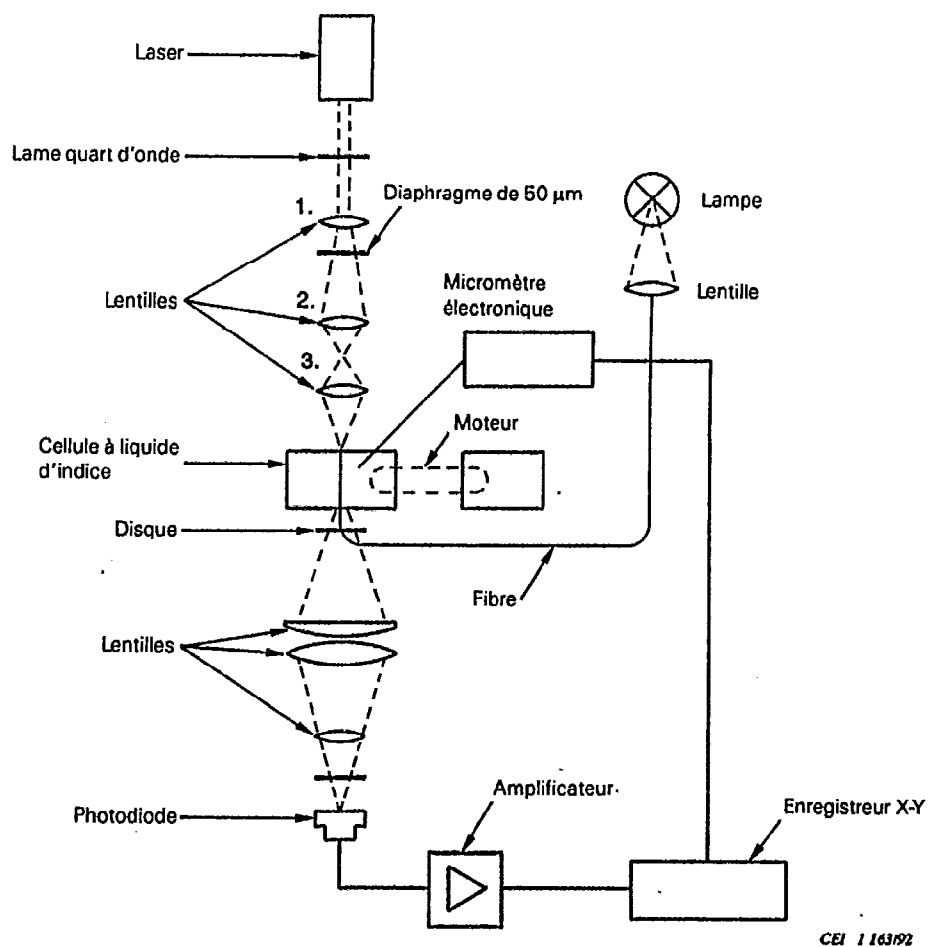


Figure 2 – Exemple typique d'un appareillage de mesure du champ proche réfracté

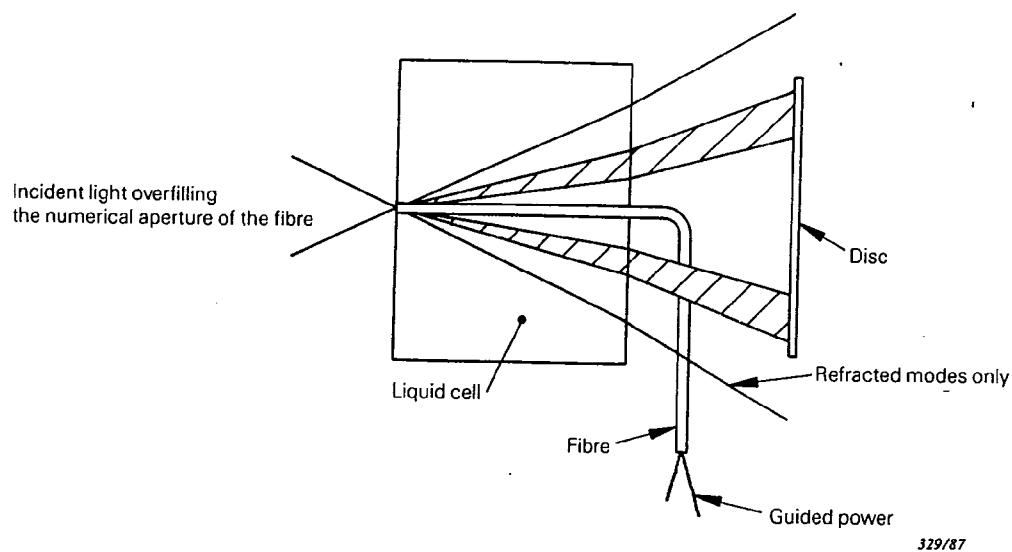


Figure 1 – Refracted near field technique – Schematic diagram

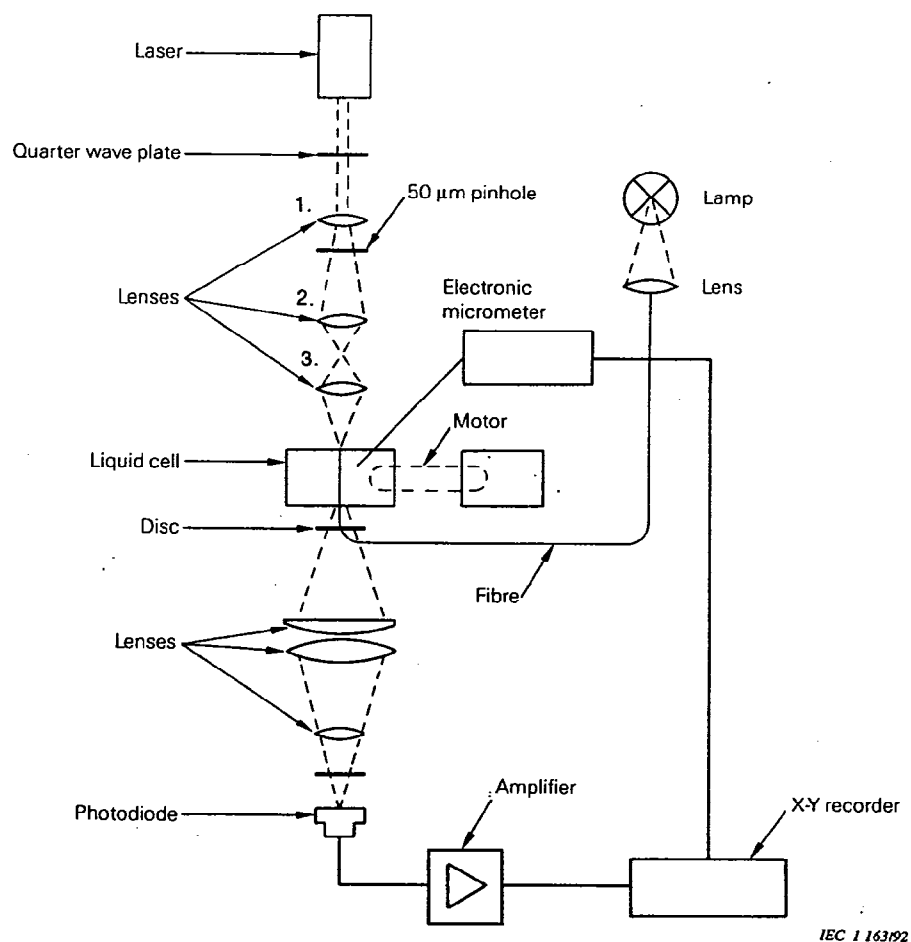


Figure 2 – Typical arrangement of the refracted near field test set

2.6.1.4.3 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Disposition du montage d'essai et procédure de correction en longueur d'onde.
- Humidité relative et température ambiante.
- Identification de la fibre. Suivant les prescriptions de la spécification:
 - Profil correspondant aux centres du coeur et de la gaine et étalonné pour une longueur d'onde déterminée.
 - Profils le long des axes principaux du coeur étalonnés pour une longueur d'onde déterminée.
 - 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 coeur.
- Diamètre de 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.

2.6.2 Méthode CEI 793-1-A1B – Profil d'indice de réfraction – Méthode d'interférométrie transversale

2.6.2.1 Objet

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

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

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

2.6.2.2 Appareillage

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

2.6.1.4.3 *Results*

The following details shall be presented:

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

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.
- Indications of accuracy and reproducibility.

2.6.2 *Method IEC 793-1-A1B – Refractive index profile, transverse interference method*

2.6.2.1 *Object*

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

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

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

2.6.2.2 *Apparatus*

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

2.6.2.2.1 *Microscope interférentiel de lumière transmise*

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

2.6.2.2.2 *Caméra et moniteur de télévision*

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

2.6.2.2.3 *Numériseur vidéo*

Cet ensemble fonctionne avec la caméra et l'ordinateur de façon à ce 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.

2.6.2.2.4 *Calculateur programmable et traceur*

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

2.6.2.3 *Echantillon en essai*

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

2.6.2.4 *Procédure d'essai*

2.6.2.4.1 *Préparation*

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

2.6.2.2.1 *Transmitted light interference microscope*

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

2.6.2.2.2 *Television camera and monitor*

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

2.6.2.2.3 *Video digitizer*

This unit operates with the camera and computer controller so that the output field of the microscope as seen by the camera can be digitized. The computer addresses a location on the camera vidicon and the digitizer returns to the calculator e.g. 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.

2.6.2.2.4 *Programmable calculator and plotter*

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

2.6.2.3 *Test sample*

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

2.6.2.4 *Test procedure*

2.6.2.4.1 *Preparation*

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

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

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

2.6.2.4.2 Calculs

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

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

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

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

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

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

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

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

as illustrated on the display monitor in figure 3, where the curves in the fringes are caused by the core. The fibre axis is then oriented perpendicular to the fringe lines, and the separation between fringe lines is adjusted using microscope controls so that about four fringes are visible on the monitor. For convenience of analysis, the fringe lines are made parallel to the horizontal scan lines of the camera, again using microscope controls.

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

2.6.2.4.2 Calculations

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

2.6.2.5 Résultats

2.6.2.5.1 Les informations suivantes doivent être fournies:

Intitulé de l'essai.

Date de l'essai.

Identification de l'échantillon d'essai.

Données de l'essai.

Humidité relative et température ambiante.

2.6.2.5.2 Les informations suivantes doivent être disponibles:

Désignation de l'échantillon.

Numéro de la procédure.

Condition de l'essai.

Longueur d'onde centrale et largeur spectrale (pleine largeur mi-hauteur) de la lumière d'éclairage.

Interféromètre à une seule passe ou à double passe.

Critère d'échec ou d'acceptation.

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

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

2.6.2.5 Results

2.6.2.5.1 The following information shall be reported:

Title of test.

Test date.

Test sample identification.

Test data.

Relative humidity and ambient temperature.

2.6.2.5.2 The following information shall be available:

Sample Description.

Procedure Number.

Test Condition.

Center Wavelength and Spectral Width (FWHM) of Illuminating Light.

Single Pass or Double Pass Interferometer.

Failure or Acceptance Criteria.

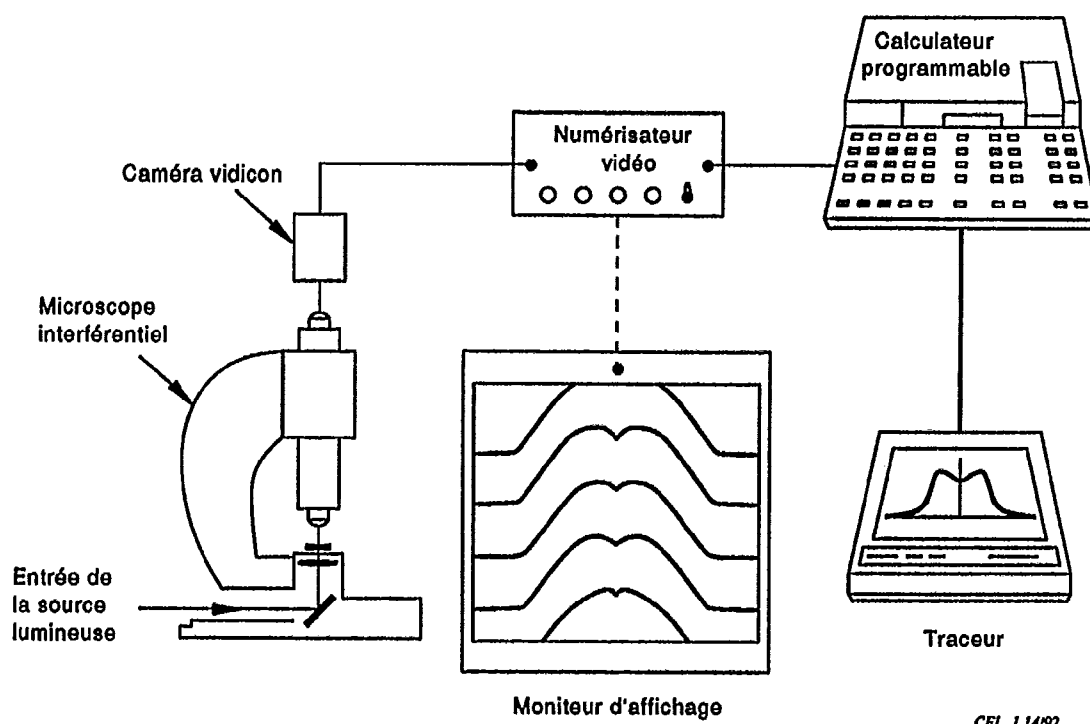


Figure 3 – Appareillage d'essai

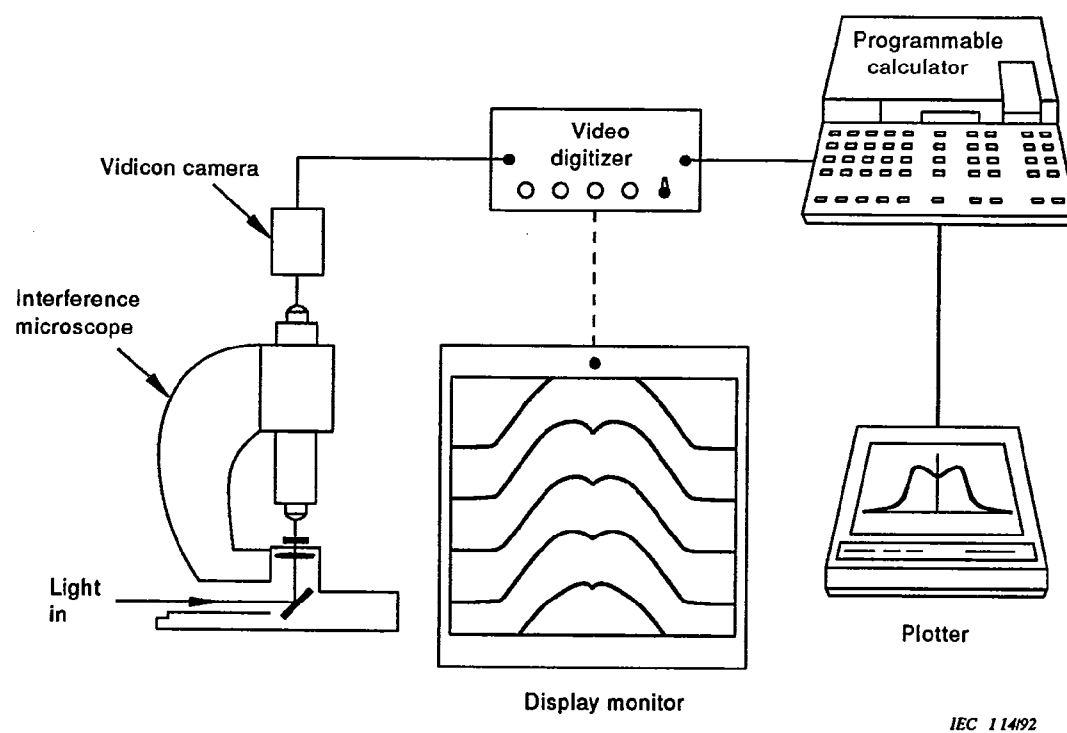
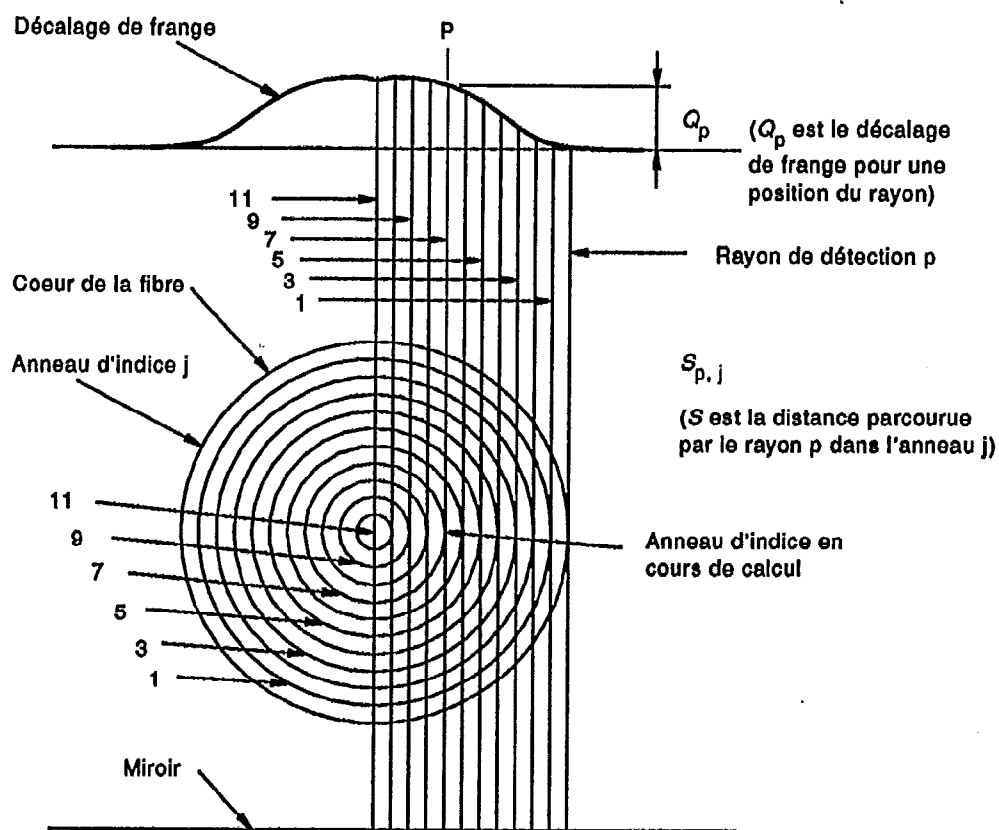


Figure 3 – Test apparatus



CEI 116592

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

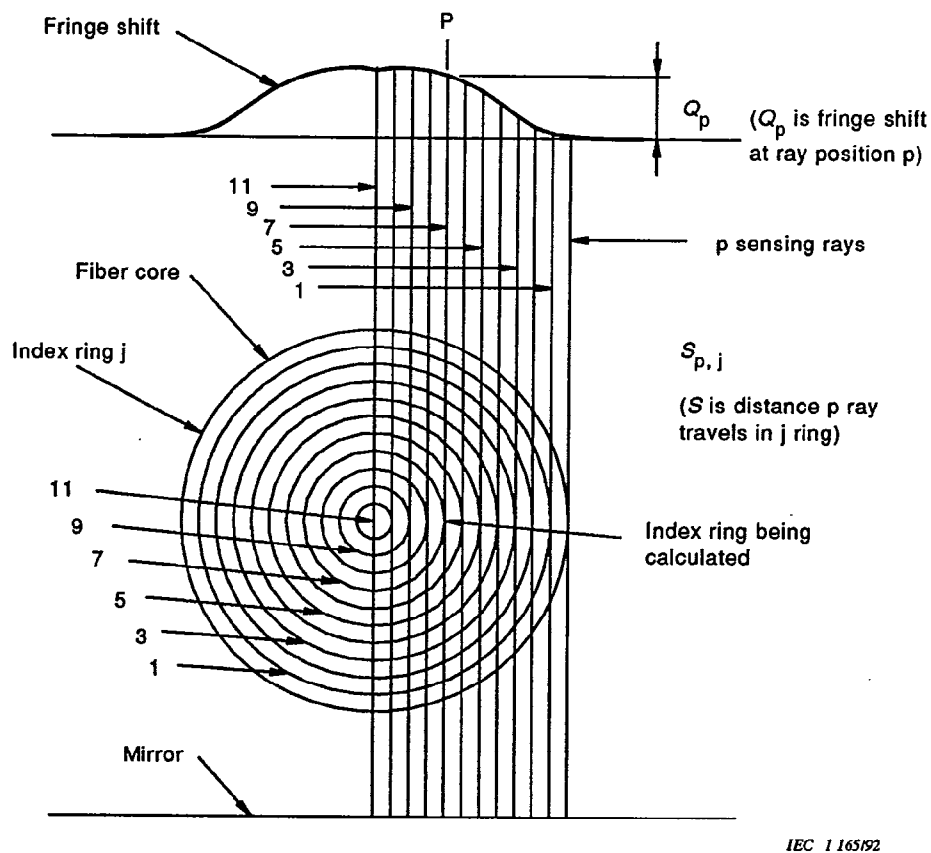


Figure 4 – Refractive index profile - Ring pattern

2.7 Méthode CEI 793-1-A2 – Répartition de la lumière en champ proche

2.7.1 *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.

2.7.2 *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.

2.7.3 *Appareillage*

2.7.3.1 *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. La source lumineuse choisie doit être stable pendant la durée de mesure requise.

2.7.3.2 *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).

2.7.3.2.1 *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 fois et être équipé d'un micromètre à fil).

2.7.3.2.2 *Microscope équipé d'un appareil photographique*

Le microscope décrit en 2.7.3.2.1. peut être équipé d'une chambre microphotographique.

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

2.7.3.2.3 *Analyseur vidéo*

Le microscope décrit en 2.7.3.2.1. 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.

2.7 Method IEC 793-1-A2 – Near field light distribution

2.7.1 *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.

2.7.2 *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.

2.7.3 *Apparatus*

2.7.3.1 *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. The light source selected must be stable for the required period of measurement.

2.7.3.2 *Detection systems*

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

2.7.3.2.1 *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 x and be equipped with a filar micrometer).

2.7.3.2.2 *Microscope with a photographic camera*

The microscope described in 2.7.3.2.1 may be equipped with a camera for micro photography.

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

2.7.3.2.3 *Video analyzer*

The microscope described in 2.7.3.2.1 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.

2.7.3.2.4 *Détecteur à balayage*

La caméra vidéo décrite en 2.7.3.2.3. 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.

2.7.4 *Procédure*

- a) L'extrémité de l'échantillon dont on doit faire l'image doit être préparée de façon que la face d'extrémité soit perpendiculaire 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.

2.7.4.1 *Examen visuel par méthode microscopique*

- a) Le microscope doit être étalonné en mesurant la longueur d'un objet de dimensions déjà connues.
- b) Les paramètres à mesurer sur l'échantillon peuvent être déterminés 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.

2.7.4.2 *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 coeur 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 x 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 en 2.7.3.2.2., une échelle transparente doit être placée sur les photographies pour estimation.

2.7.4.3 *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.

2.7.3.2.4 *Scanning detector*

The TV camera described in 2.7.3.2.3 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.

2.7.4 *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.

2.7.4.1 *Microscope technique with visual inspection*

- a) The microscope shall be calibrated by measuring the length of an object of already known dimensions.
- b) The parameters 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.

2.7.4.2 *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 x 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 2.7.3.2.2, a transparent scale shall be placed upon the photographs and judged.

2.7.4.3 *Microscope technique 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.

2.7.4.4 *Technique microscopique avec détecteur à balayage diaphragmé*

- a) L'image agrandie du coeur 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 coeur de la fibre ou déplacer le détecteur diaphragmé.
- f) On enregistre l'intensité du signal en fonction de la position du diamètre du coeur.
- g) Le microscope doit être calibré en mesurant la longueur d'un objet de dimensions déjà connues.

2.7.5 *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.

2.8 Méthode CEI 793-1-A3 – Quatre cercles concentriques

2.8.1 *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 coeur 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

$$\begin{aligned}
 &D_{CL} + \Delta D_{CL} \\
 &D_{CL} - \Delta D_{CL} \quad \text{pour la gaine} \\
 &D_{CO} + \Delta D_{CO} \\
 &D_{CO} - \Delta D_{CO} \quad \text{pour le coeur}
 \end{aligned}$$

ce qui définit un gabarit de tolérances.

2.7.4.4 *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.

2.7.5 *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.

2.8 Method IEC 793-1-A3 – Four concentric circles

2.8.1 *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:

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

which define the tolerance field.

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 coeur 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} et ΔD_{CL} , D_{CO} et ΔD_{CO} .

2.8.2 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.

2.8.3 Appareillage

2.8.3.1 Source lumineuse

Voir 2.7.3.1.

2.8.3.2 Microscope

Voir 2.7.3.2.1.

2.8.3.3 Microscope équipé d'un appareil photographique

Voir 2.7.3.2.2.

2.8.3.4 Analyseur vidéo

Voir 2.7.3.2.3. La comparaison entre les quatre cercles de référence et les contours du coeur et de la gaine peut être effectuée par ordinateur, ou par affichage visuel ou graphique.

2.8.3.5 Détecteur à balayage

Voir 2.7.3.2.4.

2.8.3.6 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 être telle que la précision indiquée dans la spécification particulière puisse être obtenue sur l'échantillon.

L'une des méthodes suivantes peut être appliquée:

- a) Un masque dans l'oculaire du microscope.
- b) Un masque transparent placé sur la photographie.
- c) Un microscope à deux objectifs l'un pour le masque et l'autre pour l'échantillon.

NOTE - Pour un analyseur vidéo, un masque intégré à l'appareillage n'est pas requis.

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.

2.8.2 Sample preparation/selection

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

2.8.3 Apparatus

2.8.3.1 Light source

See Sub-clause 2.7.3.1.

2.8.3.2 Microscope

See Sub-clause 2.7.3.2.1.

2.8.3.3 Microscope with a photographic camera

See Sub-clause 2.7.3.2.2.

2.8.3.4 Video analyzer

See Sub-clause 2.7.3.2.3. The comparison between the given four circles and core and cladding limits may be done by computation, visual or printed display.

2.8.3.5 Scanning detector

See Sub-clause 2.7.3.2.4.

2.8.3.6 Mask

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

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

One of the following methods can be applied:

- a) A mask in the ocular of the microscope.
- b) A transparent mask upon the photograph.
- c) Two separate objectives in the microscope for mask and sample respectively.

NOTE - For a video analyzer a hardware mask is not required.

2.8.4 Procédure

L'échantillon préparé est fixé sur le support d'éprouvette et éclairé par la source lumineuse de telle sorte que les contours du coeur et de la gaine soient aussi visibles que possible. Si, en déplaçant l'échantillon, il est possible d'amener les contours du coeur et de la gaine à l'intérieur des deux zones annulaires, la fibre a satisfait à l'essai. Si on le désire, une photographie peut être prise pour indiquer le résultat de l'essai (bon/mauvais).

2.8.5 Documentation

Les renseignements suivants doivent être fournis

- Identification de la fibre.
- Nombre des échantillons.
- Humidité relative et température ambiante.
- (Photographie).
- Description de l'appareillage, type du microscope et du masque.
- Résultats des essais: bon/mauvais.

2.9 Méthode CEI 793-1-A4 – Mesure mécanique du diamètre

2.9.1 Objet

La méthode suivante s'applique à la mesure mécanique du diamètre de gaine d'une fibre optique de verre ou de silice. En pratique, pour des fibres lisses et sensiblement circulaires, elle donne un résultat semblable à celui obtenu par les méthodes A1 et A2, auquel cas la non-circularité de la fibre peut aussi être déterminée. Cette méthode peut aussi être utilisée pour la mesure du diamètre du revêtement de certains types de fibres revêtues ou de fibres A3 ou A4. Dans cette méthode, les deux côtés de l'objet sont mis en contact avec des surfaces planes parallèles et la distance des surfaces est mesurée avec précision.

2.9.2 Domaine d'application

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

2.9.3 Appareillage d'essai

2.9.3.1 Généralités

La mesure utilise deux palpeurs ayant des faces très planes pour être mises en contact avec les deux côtés de la fibre. Les faces des palpeurs doivent être parallèles entre elles et la force de contact à l'appui des palpeurs sur la fibre doit être contrôlée avec précision de façon à éviter toute déformation physique de l'échantillon ou des palpeurs.

2.9.3.2 Appareillage

On se référera au schéma représentant l'appareillage d'essai (figure 5).