

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

**CEI
IEC
793-1**

Troisième édition
Third edition
1989-12

Fibres optiques

Première partie:
Spécification générique

Optical fibres

Part 1:
Generic specification

© CEI 1989 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

Withdrawn

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

**CEI
IEC
793-1**

Troisième édition
Third edition
1989-12

Fibres optiques

Première partie:
Spécification générique

Optical fibres

Part 1:
Generic specification

© CEI 1989 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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application	10
2. Objet	10
3. Définitions	10
4. Catégories des fibres optiques	10
5. Propriétés des fibres optiques	16
6. Préparation des échantillons	16
7. Catégories d'essais et de méthodes de mesure	16

SECTION DEUX – MÉTHODES DE MESURE DES DIMENSIONS

8. Objet	18
9. Surface de référence	20
10. Erreur de concentricité	20
11. Tolérances	20
12. Définitions opérationnelles (<i>à l'étude</i>)	20
13. Méthode CEI 793-1-A1 – Champ proche réfracté	20
14. Méthode CEI 793-1-A2 – Répartition de la lumière en champ proche	26
15. Méthode CEI 793-1-A3 – Quatre cercles concentriques	32
16. Méthode CEI 793-1-A4 – Mesure mécanique du diamètre	34
17. Méthode CEI XXX-A5 – Mesure mécanique de la longueur (<i>à l'étude</i>)	38
18. Méthode CEI 793-1-A6 – Mesure de la longueur par mesure du retard de l'impulsion transmise et/ou de l'impulsion réfléchie	38

SECTION TROIS – MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

19. Objet	48
20. Définitions opérationnelles	48
21. Défauts physiques	50
22. Méthode CEI 793-1-B1 – Essai de sélection d'une fibre optique	50
23. Méthode CEI 793-1-B2A – Résistance à la traction de courtes longueurs de fibres optiques	58
24. Méthode CEI XXX-B2B – Résistance à la traction pour de grandes longueurs de fibres optiques (<i>à l'étude</i>)	60
25. Méthode CEI XXX-B3 – Courbure (<i>à l'étude</i>)	60
26. Méthode CEI XXX-B4 – Abrasion (<i>à l'étude</i>)	62
27. Méthode CEI XXX-B5 – Examen visuel (<i>à l'étude</i>)	62

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7

SECTION ONE – GENERAL

Clause

1. Scope	11
2. Object	11
3. Definitions	11
4. Categories of optical fibres	11
5. Optical fibre properties	17
6. Preparation of samples	17
7. Categories of test and measuring methods	17

SECTION TWO – MEASURING METHODS FOR DIMENSIONS

8. Object	19
9. Reference surface	21
10. Concentricity error	21
11. Tolerances	21
12. Operational definitions (<i>under consideration</i>)	21
13. Method IEC 793-1-A1 – Refracted near field	21
14. Method IEC 793-1-A2 – Near field light distribution	27
15. Method IEC 793-1-A3 – Four concentric circles	33
16. Method IEC 793-1-A4 – Mechanical diameter measurement	35
17. Method IEC XXX-A5 – Mechanical length measurement (<i>under consideration</i>)	39
18. Method IEC 793-1-A6 – Length measurement by delay measuring of transmitted pulse and/or reflected pulse	39

SECTION THREE – MEASURING METHODS FOR MECHANICAL CHARACTERISTICS

19. Object	49
20. Operational definitions	49
21. Physical defects	51
22. Method IEC 793-1-B1 – Optical fibre proof test	51
23. Method IEC 793-1-B2A – Tensile strength for short lengths of optical fibres	59
24. Method IEC XXX-B2B – Tensile strength for long lengths of optical fibres (<i>under consideration</i>)	61
25. Method IEC XXX-B3 – Bending (<i>under consideration</i>)	61
26. Method IEC XXX-B4 – Abrasion (<i>under consideration</i>)	63
27. Method IEC XXX-B5 – Visual inspection (<i>under consideration</i>)	63

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

28. Objet	62
29. Affaiblissement	64
30. Définitions opérationnelles	64
31. Description des méthodes de mesure de l'affaiblissement	64
32. Méthode CEI 793-1-C1A – Méthode de la fibre coupée	66
33. Méthode CEI 793-1-C1B – Méthode des pertes d'insertion	72
34. Méthode CEI 793-1-C1C – Technique de rétrodiffusion	76
35. Réponse en bande de base	90
36. Définitions opérationnelles	90
37. Description des méthodes de mesure de réponse en bande de base	90
38. Méthode CEI 793-1-C2A – Réponse impulsionnelle	92
39. Méthode CEI 793-1-C2B – Réponse fréquentielle	96
40. Méthode CEI XXX-C3 – Sensibilité aux microcourbures (<i>à l'étude</i>)	100
41. Méthode CEI 793-1-C4 – Energie lumineuse transmise ou rayonnée	100
42. Méthode CEI 793-1-C5 – Retard d'impulsion et déphasage en fonction de la longueur d'onde	106
43. Méthode CEI 793-1-C6 – Répartition de la lumière en champ lointain	116
44. Méthode CEI 793-1-C7 – Longueur d'onde de coupure	118
45. Méthode CEI XXX-C8 – Dispersion modale (<i>pour examen futur</i>)	128
46. Méthode CEI 793-1-C9 – Diamètre de champ de mode	128
47. Méthode CEI 793-1-C10 – Variation du facteur de transmission optique	138

SECTION CINQ – MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES D'ENVIRONNEMENT

48. Objet	146
49. Définitions opérationnelles (<i>à l'étude</i>)	146
50. Méthode CEI 793-1-D1 – Cycles de température	146
51. Méthode CEI XXX-D2 – Contamination (<i>à l'étude</i>)	152
52. Méthode CEI XXX-D3 – Rayonnement nucléaire (<i>à l'étude</i>)	152

SECTION SIX – CONDITIONNEMENT

53. Objet	152
-----------	-----

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

ANNEXE A – Guide pour les fibres optiques destinées aux liaisons de courtes distances	154
---	-----

SECTION FOUR – MEASURING METHODS FOR TRANSMISSION AND OPTICAL CHARACTERISTICS

28. Object	63
29. Attenuation	65
30. Operational definitions	65
31. Description of attenuation measuring techniques	65
32. Method IEC 793-1-C1A – Cut-back technique	67
33. Method IEC 793-1-C1B – Insertion loss technique	73
34. Method IEC 793-1-C1C – Backscattering technique	77
35. Baseband response	91
36. Operational definitions	91
37. Description of baseband response measuring methods	91
38. Method IEC 793-1-C2A – Impulse response	93
39. Method IEC 793-1-C2B – Frequency response	97
40. Method IEC XXX-C3 – Microbending sensitivity (<i>under consideration</i>)	101
41. Method IEC 793-1-C4 – Transmitted or radiated light power	101
42. Method IEC 793-1-C5 – Pulse delay and phase shift versus wavelength	107
43. Method IEC 793-1-C6 – Far field light distribution	117
44. Method IEC 793-1-C7 – Cut-off wavelength	119
45. Method IEC XXX-C8 – Modal dispersion (<i>for future consideration</i>)	129
46. Method IEC 793-1-C9 – Mode field diameter	129
47. Method IEC 793-1-C10 – Change in optical transmittance	139

SECTION FIVE – MEASURING METHODS FOR ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS

48. Object	147
49. Operational definitions (<i>under consideration</i>)	147
50. Method IEC 793-1-D1 – Temperature cycling	147
51. Method IEC XXX-D2 – Contamination (<i>under consideration</i>)	153
52. Method IEC XXX-D3 – Nuclear radiation (<i>under consideration</i>)	153

SECTION SIX – PACKAGING

53. Object	153
------------	-----

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

ANNEX A – Guide for fibres for short distance links	155
---	-----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES

Première partie: Spécification générique

PRÉAMBULE

- 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 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, du Comité d'Etudes n° 86 de la CEI: Fibres optiques.

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

Cette troisième édition de la Publication 793-1 de la CEI remplace la deuxième édition, parue en 1987. Elle comprend la Modification n° 1, qui avait été publiée en mars 1988.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
86A(BC)25	86A(BC)30
86A(BC)26	86A(BC)31
86A(BC)37	86A(BC)51
86A(BC)39	86A(BC)53
86A(BC)43	86A(BC)55
86A(BC)44	86A(BC)56
86A(BC)42	86A(BC)58

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 CEI comprendra deux parties:

- Première partie: Spécification générique;
- Deuxième partie: Spécifications de produit.

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, 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 third edition of IEC Publication 793-1 replaces the second edition, which was issued in 1987. It embodies Amendment No. 1, which was published in March 1988.

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

Six Months' Rule	Reports on Voting
86A(CO)25	86A(CO)30
86A(CO)26	86A(CO)31
86A(CO)37	86A(CO)51
86A(CO)39	86A(CO)53
86A(CO)43	86A(CO)55
86A(CO)44	86A(CO)56
86A(CO)42	86A(CO)58

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.

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

Publications n^{os} 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.

Withdrawn

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.

Withdrawn

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:

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

$$\text{où: } \delta(x) = \frac{n(x) - n(l)}{n(o) - n(l)}$$

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 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:

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

$$\text{where: } \delta(x) = \frac{n(x) - n(l)}{n(o) - n(l)}$$

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

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

a = core radius

TABLEAU IA
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

Les fibres unimodales sont caractérisées par les paramètres suivants:

4.2.1 Diamètre de champ de mode, pour lequel il existe deux définitions:

- a) La largeur au point 1/e de l'amplitude de la fonction de transmission optique par rapport au décalage.

Notes 1. - Pour une répartition gaussienne du champ de mode, ce diamètre est égal à la largeur au point 1/e de la distribution d'amplitude du champ optique et à la largeur au point 1/e² de la distribution de puissance (intensité) optique.

2. - La définition de la fonction de transmission de puissance par rapport au décalage est donnée comme suit:

$$T = \left| \int_0^\infty \int_0^{2\pi} E(r, \theta) \cdot E(r', \theta') \cdot r dr d\theta \right|^2$$

où $E(r, \theta)$ est la distribution du champ transversal normalisé (au sens où $T = 1$ pour $d = 0$) exprimée en coordonnées polaires cylindriques et $E(r', \theta')$ le même champ normalisé déplacé par un décalage variable d dans une direction fixe θ_d .

La valeur nominale du diamètre de champ de mode devra être telle que spécifiée dans la spécification de produit. Il est à noter que l'ensemble des performances d'une fibre, demandées pour toute application donnée, dépend des paramètres principaux de la fibre et des systèmes, c'est-à-dire diamètre de champ de mode, longueur d'onde de coupure et dispersion totale, et non pas du profil de la fibre.

- b) Dans la méthode des champs transmis, le diamètre de champ de mode ($2w_0$) est défini en utilisant les grandeurs suivantes:

$f(r)$ = répartition en champ proche (racine carrée de l'intensité)

q = $(\sin \theta)/\lambda$

θ = angle du cône dans le champ lointain

$F(q)$ = répartition en champ lointain (racine carrée de l'intensité)

$$g(r) = (2/w) \exp(-r^2/w^2) \quad (1)$$

$$G(q) = (2/W) \exp(-q^2/W^2) \quad (2)$$

$$W = 1/\pi w \quad (3)$$

TABLE IA
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 single-mode fibres

Single-mode fibres are characterized by the following parameters.

4.2.1 Mode field diameter, for which there are two definitions:

- a) The width at the $1/e$ point of the amplitude of the optical transmission function versus offset.

Notes 1. - For a Gaussian mode field distribution, this diameter is equal to the width at the $1/e$ point of the optical field amplitude distribution and to the width at the $1/e^2$ point of the optical power (intensity) distribution.

2. - The definition of the power transmission function versus offset is as follows:

$$T = \left| \int_0^\infty \int_0^{2\pi} E(r, \theta) \cdot E(r', \theta') \cdot r dr d\theta \right|^2$$

where $E(r, \theta)$ is the normalized (in the sense that $T = 1$ for $d = 0$) transverse field distribution described in cylindrical polar co-ordinates and $E(r', \theta')$ is the same normalized field displaced by a variable offset d in a fixed direction θ_1 .

The nominal value of the mode field diameter shall be as specified in the product specification. It should be noted that the overall performance, required for any given application, of the fibre is dependent on the essential fibre and systems parameters, i.e. mode field diameter, cut-off wavelength and total dispersion, and not primarily on the fibre design.

- b) In the transmitted fields technique, the mode field diameter ($2w_0$) is defined using the following quantities:

$f(r)$ = near field (square root of the intensity) distribution

q = $(\sin \theta)/\lambda$

θ = cone angle in the far field

$F(q)$ = far field (square root of the intensity) distribution

$$g(r) = (2/w) \exp(-r^2/w^2) \quad (1)$$

$$G(q) = (2/W) \exp(-q^2/W^2) \quad (2)$$

$$W = 1/\pi w \quad (3)$$

Une fois que $f(r)$ ou $F(q)$ a été mesurée, on peut ajuster $g(r)$ ou $G(q)$ afin de maximaliser l'une des intégrales de chevauchement.

$$\frac{[\int_0^\infty r f(r) g(r) dr]^2}{\int_0^\infty r f^2(r) dr \int_0^\infty r g^2(r) dr} = \frac{[\int_0^\infty q F(q) G(q) dq]^2}{\int_0^\infty q F^2(q) dq \int_0^\infty q G^2(q) dq} \quad (4)$$

Le w figurant dans le $g(r)$ (ou le W dans le $G(q)$ qui en résulte, converti en w en utilisant l'équation (3)) est alors défini comme étant le rayon de champ de mode (w_0) qui est la moitié du diamètre de champ de mode.

Cela équivaut mathématiquement à minimiser l'erreur des moindres carrés, pondérée par la surface:

$$\int_0^\infty r [f(r) - g(r)]^2 dr = \int_0^\infty q [F(q) - G(q)]^2 dq \quad (5)$$

Cette définition du diamètre de champ de mode est cohérente entre le champ proche et le champ lointain et permet de disposer de quatre solutions mathématiquement équivalentes pour définir w_0 :

- 1) Mesurer le champ proche $f(r)$ et maximiser le côté gauche de l'équation (4) afin de l'ajuster à une fonction gaussienne.
- 2) Mesurer le champ proche $f(r)$ et minimiser le côté gauche de l'équation (5) afin de l'ajuster à une fonction gaussienne.
- 3) Mesurer le champ lointain $F(q)$ et maximiser le côté droit de l'équation (4) afin d'obtenir W ; calculer w à partir de l'équation (3).
- 4) Mesurer le champ lointain $F(q)$ et minimiser le côté droit de l'équation (5) afin d'obtenir W ; calculer w à partir de l'équation (3).

Notes 1. - Le diamètre du champ de mode est défini pour le mode fondamental de la fibre en essai.

2. - Pour une distribution de puissance gaussienne, $f(w_0)/f(0) = 1/e$.

3. - On attire l'attention sur le fait que la valeur mesurée n'est généralement pas $f(r)$, mais $f^2(r)$ qui est proportionnelle à l'intensité optique.

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 de moins que la 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.

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 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.

Once $f(r)$ or $F(q)$ has been measured, one can adjust $g(r)$ or $G(q)$ to maximize either of the overlap integrals.

$$\frac{[\int_0^\infty r f(r) g(r) dr]^2}{\int_0^\infty r f^2(r) dr \int_0^\infty r g^2(r) dr} = \frac{[\int_0^\infty q F(q) G(q) dq]^2}{\int_0^\infty q F^2(q) dq \int_0^\infty q G^2(q) dq} \quad (4)$$

The w in the resulting $g(r)$ (or the W in the resulting $G(q)$), converted to w using Equation (3)) is then defined to be the mode field radius (w_0), which is half the mode field diameter.

This is mathematically equivalent to minimizing the area-weighted least-squares error:

$$\int_0^\infty r [f(r) - g(r)]^2 dr = \int_0^\infty q [F(q) - G(q)]^2 dq \quad (5)$$

This definition of mode field diameter is consistent between near field and far field, and provides four mathematically equivalent ways of determining w_0 .

- 1) Measure the near field $f(r)$ and maximize the left side of Equation (4) to fit it to a Gaussian function.
- 2) Measure the near field $f(r)$ and minimize the left side of Equation (5) to fit it to a Gaussian function.
- 3) Measure the far field $F(q)$ and maximize the right side of Equation (4) to obtain W ; calculate w from Equation (3).
- 4) Measure the far field $F(q)$ and minimize the right side of Equation (5) to obtain W ; calculate w from Equation (3).

Notes 1. – The mode field diameter is defined for the fundamental mode of the fibre under test.

2. – For a Gaussian power distribution, $f(w_0)/f(0) = 1/e$.

3. – Attention is drawn to the fact that the measured value is, generally, not $f(r)$, but $f^2(r)$ which is proportional to the optical intensity.

4.2.2 Cut-off wavelength

The cut-off wavelength is the wavelength greater than 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.

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.

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.

4.2.4 Catégories des fibres unimodales

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

TABLEAU IB
Catégories de fibres unimodales

Catégorie	Matériau	Longueur d'onde à dispersion nulle Valeur nominale (nm)	Longueur d'onde spécifiée Valeur nominale (nm)
B1.1	Cœur verre/ gaine optique verre	1 300	1 300
B1.2	Cœur verre/ gaine optique verre	1 300	1 550
B2	Cœur verre/ gaine optique verre	1 550	1 550
B3	Cœur verre/ gaine optique verre	1 300 et 1 550	1 300 et 1 550

Notes 1. - Des fibres unimodales d'une catégorie particulière peuvent être obtenues à partir de différents matériaux et profils d'indice. Pour certaines techniques d'épissurage, ces variations peuvent conduire à des pertes d'épissure excessives lorsque des fibres de types différents sont épissurées entre elles.

La spécification de produit devra mentionner cette possibilité.

2. - La fibre unimodale peut être spécifiée pour l'utilisation à une longueur d'onde différente de celle correspondant à la dispersion nulle.

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 pratiquement propres, lisses et perpendiculaires à l'axe de la fibre.

7. Catégories d'essais et de méthodes de mesure

- Mesures des paramètres.
- Mesures des caractéristiques de fonctionnement.
- Essais de conformité.

4.2.4 Categories of single-mode fibres

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

TABLE IB
Categories of single-mode fibres

Category	Material	Zero dispersion wavelength Nominal value (nm)	Specified wavelength Nominal value (nm)
B1.1	Glass core/glass clad	1 300	1 300
B1.2	Glass core/glass clad	1 300	1 550
B2	Glass core/glass clad	1 550	1 550
B3	Glass core/glass clad	1 300 and 1 550	1 300 and 1 550

Notes 1. – Single-mode fibres for a particular category may be designed with different materials and refractive index profiles. For certain splicing techniques these variations might lead to excessive splice loss when different fibre types are spliced together.

The product specification should mention this possibility.

2. – The single-mode fibre can be specified to operate at a wavelength different from its zero dispersion wavelength.

4.3 Other classes of fibre

For future consideration.

5. Optical fibre properties

The constructional, dimensional 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 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.

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 793-1-A4	Mesure mécanique du diamètre	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.

- 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.
- 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.
- Pour les dimensions liées à la partie transmission des fibres unimodales (c'est-à-dire diamètre de champ de mode, concentricité de champ de mode) faire référence à la Section quatre: Méthodes de mesure des caractéristiques optiques et de transmission.
- Pour des raisons pratiques, le diamètre du cœur des fibres unimodales n'est normalement pas spécifié.
- Une définition du diamètre du cœur des fibres unimodales est à l'étude.

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.

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 793-1-A4	Mechanical diameter measurement	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.

4. – For dimensions relating to the transmission part of the single-mode fibre (e.g. mode field diameter, mode field concentricity) reference is made to Section Four: Measuring methods for transmission and optical characteristics.

5. – For practical purposes, the diameter of the core of single-mode fibres is not normally specified.

6. – A definition of core diameter for single-mode fibres is under consideration.

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.

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 24, et 2, page 26.

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 une interface air-verre dépend étroitement de l'angle et de la polarisation.

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

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. Tolerances

Tolerances on diameters can be specified in the detail specification.

Reference can also be made to test method IEC 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 and 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.

13.2 Test apparatus

A schematic diagram of the test apparatus is shown in Figures 1, page 25, and 2, page 27.

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 to 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 pin-hole placed at the focus of lens 1 acts as a spatial filter.

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 $1,5 \mu\text{m}$. 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 avoir un indice de réfraction légèrement plus grand que celui de la gaine de la fibre.

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 26).

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 lentilles 2 et 3 produisent une image de la fibre.

La position de la lentille 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, c'est-à-dire n_1 et n_2 , ne peuvent être déterminés que si l'indice de gaine ou celui du liquide est connu avec précision pour la longueur d'onde utilisée et à la température de mesure.

13.2.2 *Launch optics*

The launch optics, which are arranged to overfill the NA of the fibre, bring 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 $1.5\text{ }\mu\text{m}$. The equipment enables the focused spot to be scanned across the fibre diameter.

13.2.3 *Liquid cell*

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

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 27).

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 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.

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 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.
 - 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.

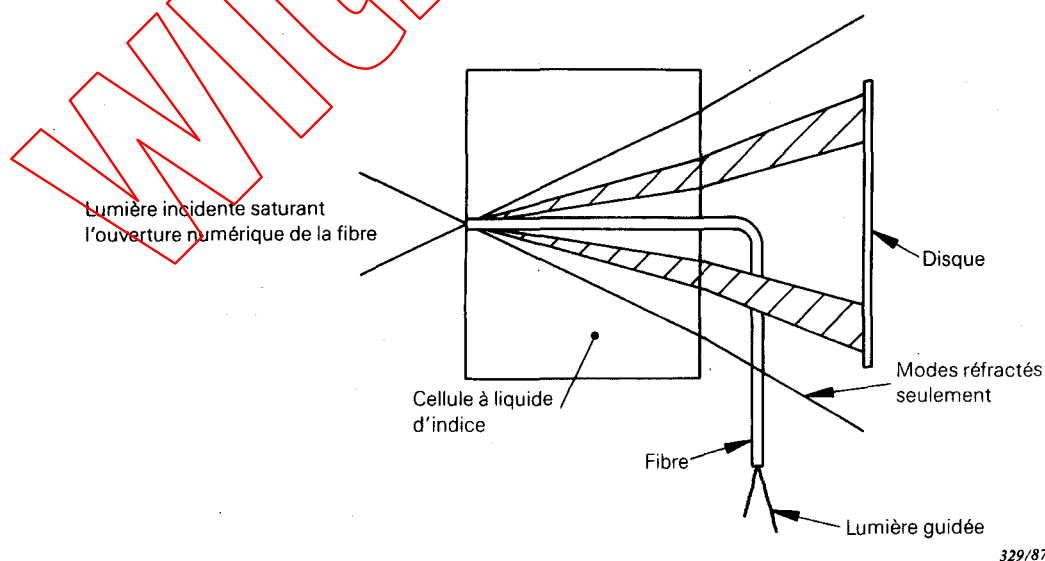


FIG. 1. – Technique du champ proche réfracté – Représentation schématique.

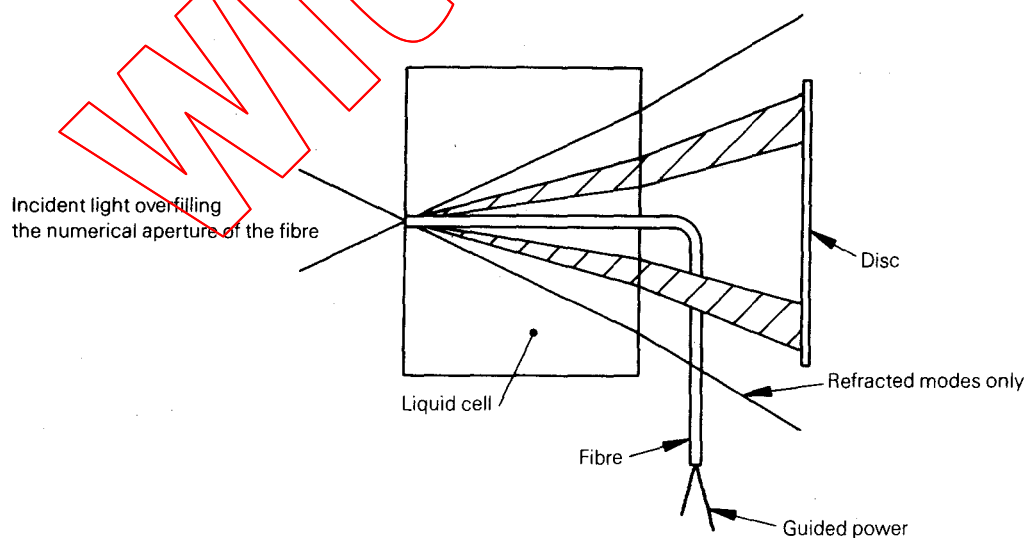
13.4.3 Results

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.
 - 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.



329/87

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

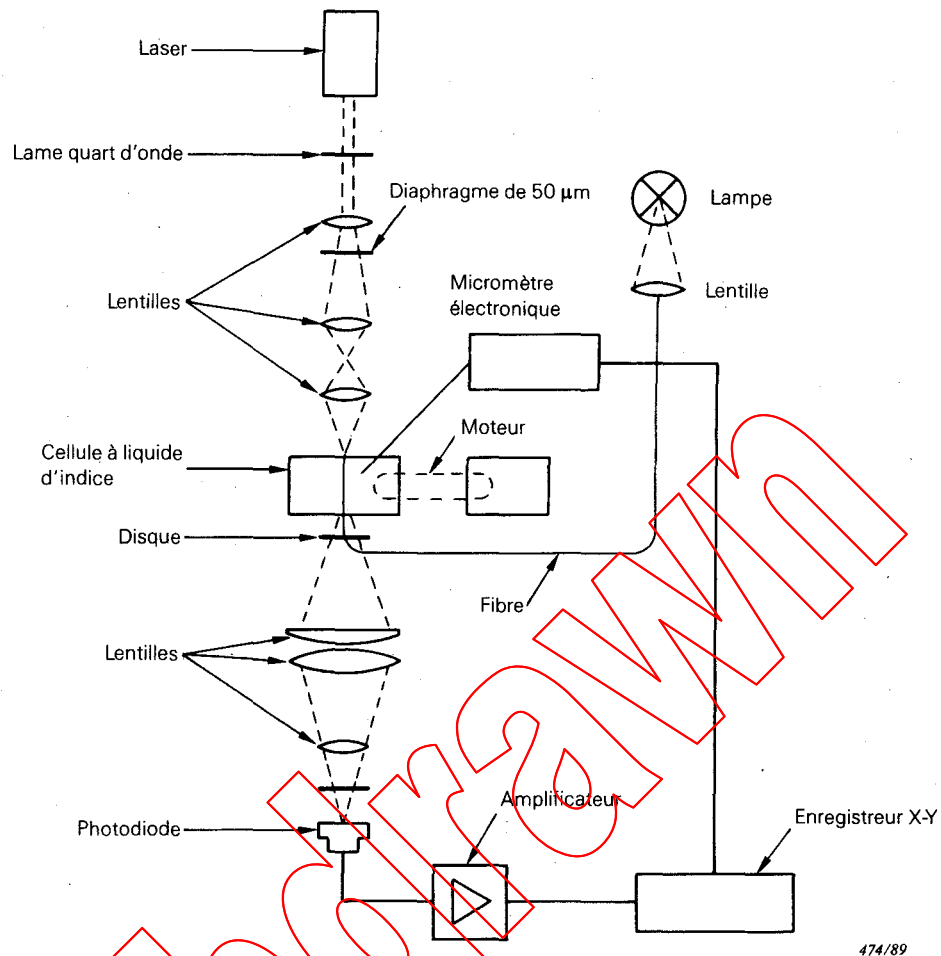


FIG. 2. - Exemple typique d'un appareillage de mesure du champ proche réfracté.

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.

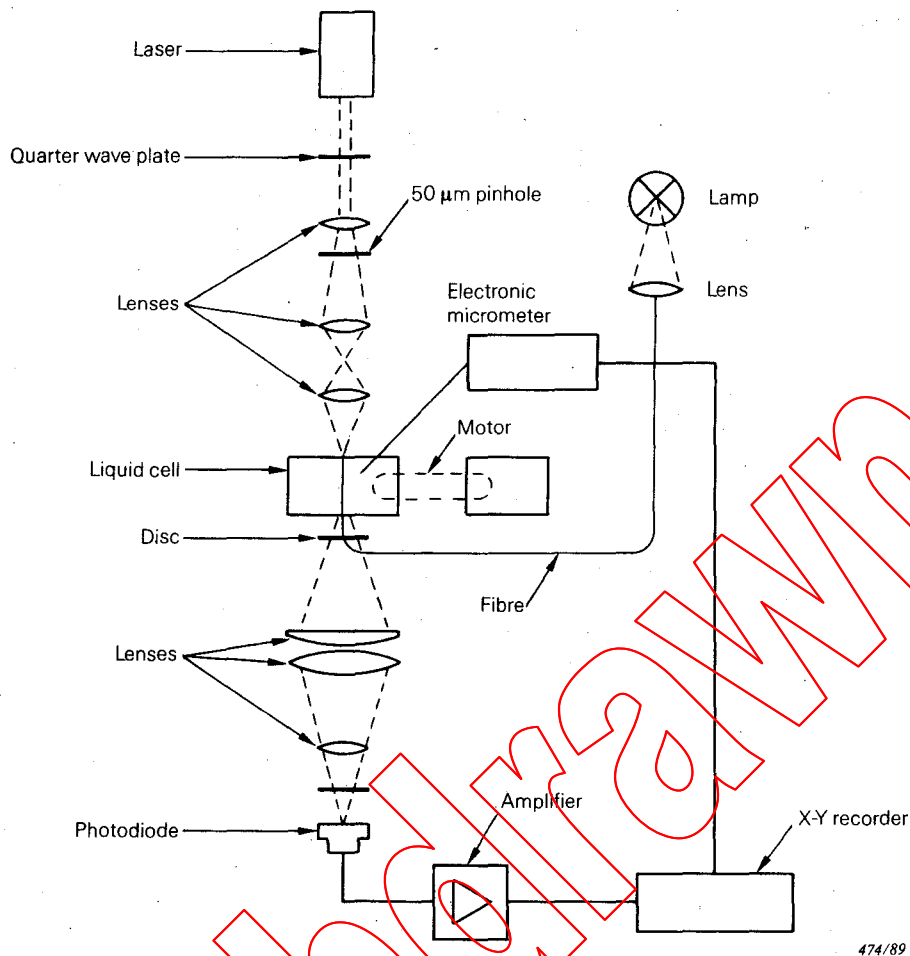


FIG. 2. — Typical arrangement of the refracted near-field test set.

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 output optics, for example a 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 ou 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 and adjustable in intensity and the type shall be noted. A second light source can be used to illuminate the fibre for cladding measurement purposes.

14.3.2 Detection systems

Different detection systems can be used depending on the type of measurements to be made (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 microphotography.

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 a 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 pin-hole photodetector, to make one or more scans of the fibre output near field. The signal of the detector is sent to an 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 diameters 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 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 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.

14.4.4 *Microscope technique with a pin-hole scanning detector*

- a) Focus a magnified image of the sample core onto a plane.
- b) Determine the intensity of the magnified near field patterns. For example, either of the following techniques may be used:
 - 1) scanning detector with pin-hole;
 - 2) scanning mirror with fixed pin-hole 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 pin-hole 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 Analyseur 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 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:

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

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

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.

15.4 Procédure

L'échantillon préparé est fixé sur le support d'éprouvette et éclairé par la source lumineuse de telle sorte que les contours du cœur et de la gaine soient aussi visibles que possible. Si, en déplaçant l'échantillon, il est possible d'amener les contours du cœur 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).

15.5 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: bons/mauvais.

16. Méthode CEI 793-1-A4 – Mesure mécanique du diamètre

16.1 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 CEI 793-1-A1 et 793-1-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.

16.2 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.

16.3 Appareillage d'essai

16.3.1 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.

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.

15.4 Procedure

The prepared sample is fixed in the sample holder and illuminated by the light source in such a way that the core and cladding contours are as clear as possible. By manipulating the sample the contours of core and cladding are brought inside the two rings. If this is possible the fibre has passed the test. If so desired a photograph is taken to indicate the test result (passed/not passed).

15.5 Documentation

The following data shall be presented:

- Fibre identification.
- Number of samples.
- Relative humidity and ambient temperature.
- (Photography.)
- Description of apparatus, type of microscope and mask.
- Test result: passed/not passed.

16. Method IEC 793-1-A4 – Mechanical diameter measurement

16.1 Object

The following method applies to the mechanical measurement of the cladding diameter of a glass or silica optical fibre. In practice for smooth and substantially circular fibres, it gives a similar result to that obtained by methods IEC 793-1-A1 and 793-1-A2, in which case non-circularity of the fibre can also be determined. This method can also be used for the measurement of the coating diameter of some types of coated or buffered fibres or A3 or A4 fibres. In this method both sides of the object are contacted with flat parallel surfaces, and the separation of the surfaces is accurately measured.

16.2 Scope

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

16.3 Test apparatus

16.3.1 General

The measurement uses two anvils with very flat faces to contact each side of the fibre. The faces of the anvils shall be parallel to each other and the contact force which the anvils apply to the fibre shall be precisely controlled to prevent physical distortion of the specimen or the anvils.

16.3.2 Appareillage

On se référera au schéma représentant l'appareillage d'essai (figure 3, page 38).

- 16.3.2.1 *Palpeurs.* Il y a deux palpeurs, l'un fixe et l'autre monté sur une plate-forme de précision. Les faces des palpeurs sont parallèles entre elles et perpendiculaires à la direction du mouvement de la plate-forme. Elles sont faites d'un matériau dur, résistant à la corrosion tel que l'acier inoxydable ou la silice fondue.
- 16.3.2.2 *Plate-forme de précision.* La plate-forme de précision supporte le palpeur mobile et le rétrorélecteur pour le système de micromètre électronique. La plate-forme est déplacée par une vis micrométrique et est maintenue au contact de la vis par des ressorts. L'action des ressorts tend à rapprocher les palpeurs.
- 16.3.2.3 *Système de micromètre électronique.* Un système de micromètre électronique tel qu'un interféromètre double de Michelson peut être utilisé avec un rétrorélecteur pour mesurer avec précision le mouvement de la plate-forme et par conséquent du palpeur mobile.
- 16.3.2.4 *Supports d'échantillon.* Ils maintiennent l'échantillon entre les faces des palpeurs.

16.3.3 Procédure

- 16.3.3.1 *Principe de la mesure.* Le diamètre de l'échantillon est mesuré en amenant les palpeurs au contact sur les deux côtés. La force de contact, qui est contrôlée par le ressort de tension de la plate-forme et par la surface de contact des palpeurs, doit être ajustée de façon telle qu'il n'apparaisse qu'une déformation négligeable de l'échantillon ou des palpeurs. Les valeurs pour chaque type de matériau doivent être déterminées en accord entre le fabricant et l'acheteur.

A titre d'exemple pour une fibre de silice fondue de 125 μm de diamètre, cette force sur les palpeurs est typiquement de 0,2 N avec une longueur de contact de 1 mm le long de la fibre.

La distance des palpeurs est mesurée avec précision par le micromètre électronique.

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

16.3.4 Résultats

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

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

16.3.2 Apparatus

Refer to the schematic diagram of the test apparatus (Figure 3, page 39).

16.3.2.1 *Anvils.* There are two anvils, one fixed and the other mounted on a precision stage. The anvil faces are parallel to each other and perpendicular to the stage movement direction. They are made of a hard non-corrosive material, for example stainless steel or fused silica.

16.3.2.2 *Precision stage.* The precision stage holds the moveable anvil and the retroreflector for the electronic micrometer system. The stage is moved by a micrometer screw; the stage is held against the screw by springs. The springs act to pull the anvils together.

16.3.2.3 *Electronic micrometer system.* An electronic micrometer system, such as a double-pass Michelson interferometer, may be used with a retroreflector to measure accurately the movement of the stage and thus the moveable anvil.

16.3.2.4 *Specimen supports.* These support the specimen between the faces of the anvils.

16.3.3 Procedure

16.3.3.1 *Principle of measurement.* The diameter of the specimen is measured by contacting opposite sides with the anvils. The contact force, which is controlled by the stage spring tension and the anvil contact area, is adjusted so that negligible distortion of the specimen or anvils occurs. Values for individual materials shall be agreed between manufacturer and user.

For example, for a 125 μm diameter fused silica fibre this force is typically 0.2 N for anvils with a length of contact of 1 mm along the fibre.

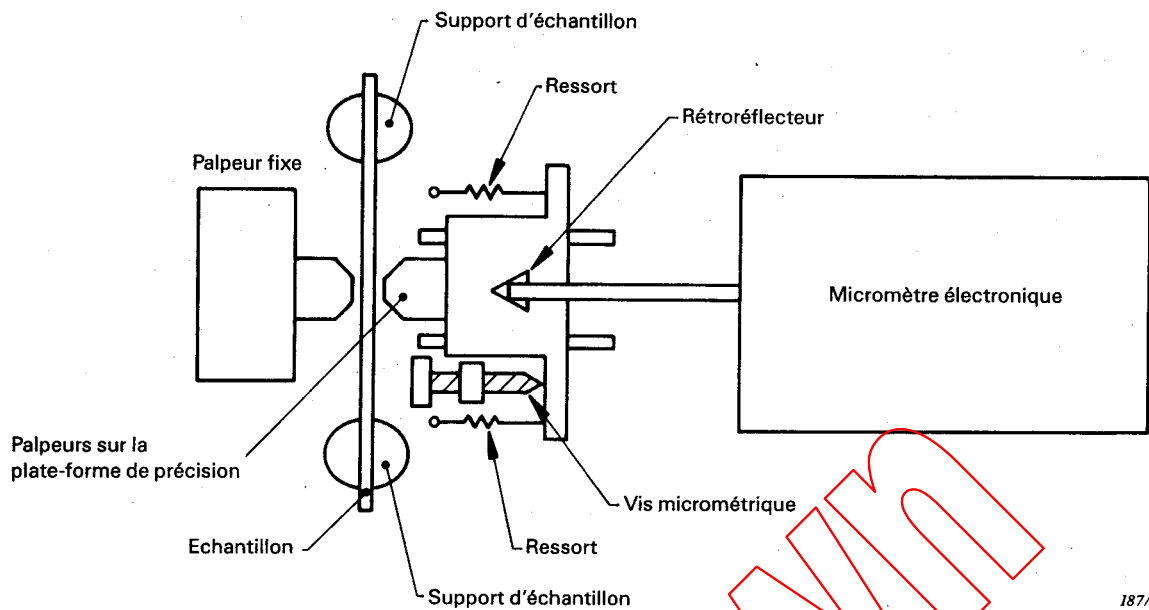
The separation of the anvils is accurately measured with the electronic micrometer.

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

16.3.4 Results

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

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



187/88

FIG. 3. - Vue de dessus du système de micromètre électronique.

17. Méthode CEI XXX-A5 - Mesure mécanique de la longueur

A l'étude.

18. Méthode CEI 793-1-A6 - Mesure de la longueur par mesure du retard de l'impulsion transmise et/ou de l'impulsion réfléchie

18.1 Objet

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

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

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

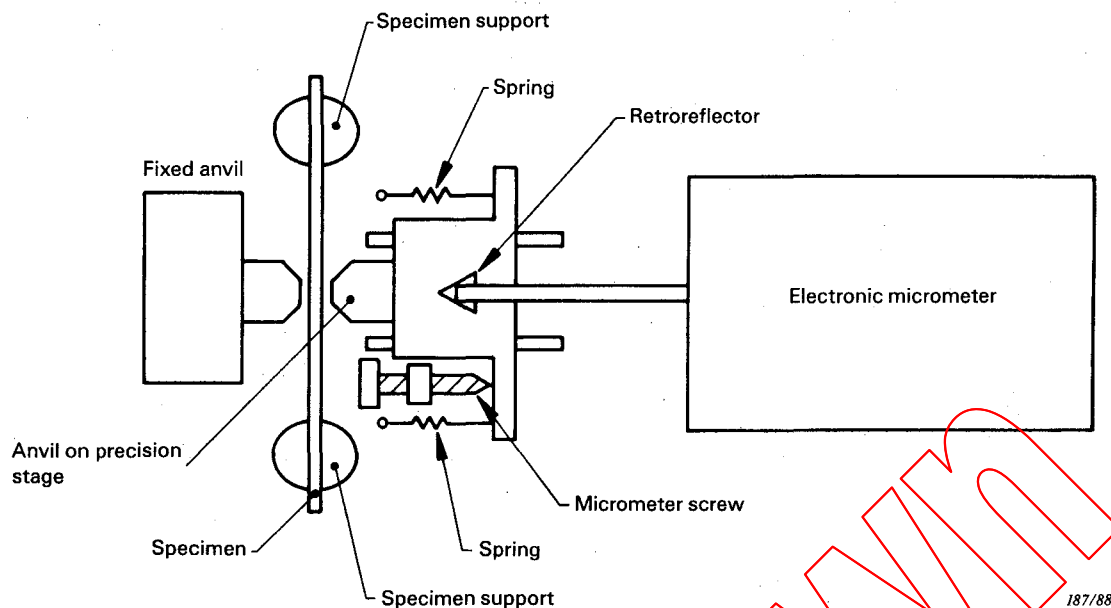


FIG. 3. - Top view of electronic micrometer system.

17. Method IEC XXX-A5 - Mechanical length measurement

Under consideration.

18. Method IEC 793-1-A6 - Length measurement by delay measuring of transmitted pulse and/or reflected pulse

18.1 Object

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

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

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

18.2 Principe

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

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

où:

Δt est le temps de retard, et

c est la vitesse de la lumière dans le vide.

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

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

18.3 Echantillon

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

18.4 Appareillage

18.4.1 Généralités

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

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

Les deux montages différents, correspondant aux deux techniques utilisant un oscilloscope à échantillonnage, sont illustrés dans la figure 4, page 44.

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

18.4.2 Source optique

a) Mesure avec l'oscilloscope à échantillonnage

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

b) Mesure avec un compteur ou un appareil de rétrodiffusion

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

18.2 Principle

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

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

where:

Δt is the time delay, and

c the velocity of light in vacuum

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

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

18.3 Sample

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

18.4 Apparatus

18.4.1 General

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

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

Two different arrangements, corresponding to the two techniques applying a sampling oscilloscope, are illustrated in Figure 4, page 45.

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

18.4.2 Optical source

- a) Measurement with the sampling oscilloscope

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

- b) Measurement with a counter or a backscattering apparatus

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

18.4.3 Détecteur optique

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

18.5 Procédure

a) Etalonnage

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

b) Valeur moyenne de l'indice de groupe

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

c) Mesure de la longueur

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

18.6 Résultats

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

a) Méthode par transmission

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

b) Méthode par réflexion

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

où:

L longueur de la fibre (m)

Δt temps de transmission ou de réflexion (ns)

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

N indice de groupe moyen.

18.7 Documentation

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Identification de la fibre.
- Humidité relative et température ambiante.
- Méthode de mesure.
- Longueur d'onde.
- Indice de groupe.
- Retard du montage de mesure**.
- Temps de transmission ou de réflexion**.
- Longueur de la fibre.

* Une amélioration pratique importante peut être obtenue en rendant la précision de la mesure indépendante de la longueur réelle de la fibre en utilisant la méthode de l'oscilloscope à double trace (voir figure 5, page 46).

** Facultatif.

18.4.3 Optical detector

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

18.5 Procedure

a) Calibration

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

b) Average group index value

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

c) Length measurement

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

18.6 Results

The fibre length is obtained from the following equation:

a) Transmitted pulse method

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

b) Reflected pulse method

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

where:

L = fibre length (m)

Δt = transmission or reflection time (ns)

c = light velocity in vacuum (m/ns)

N = average group index.

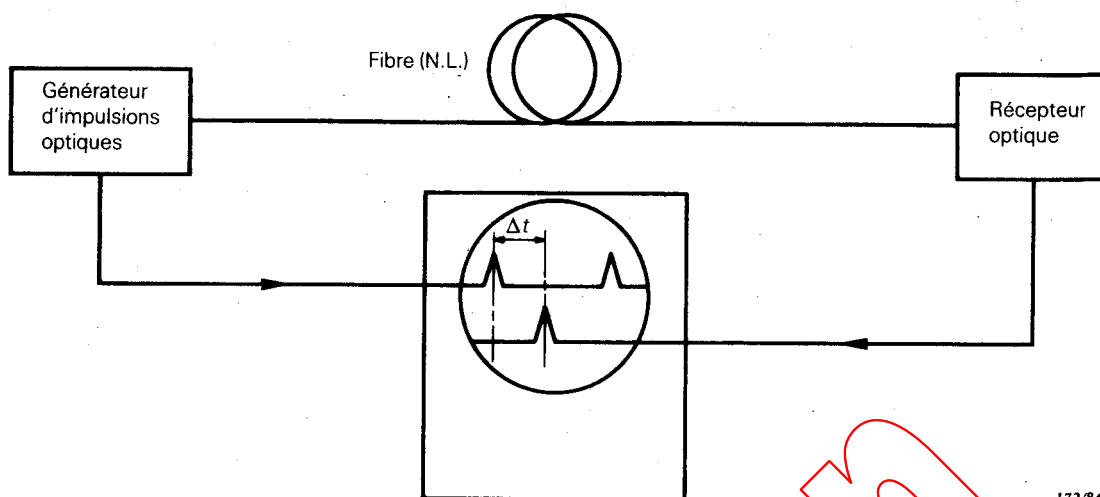
18.7 Documentation

The following data shall be presented:

- Fibre identification.
- Relative humidity and ambient temperature.
- Measuring method.
- Wavelength.
- Group index.
- Delay time of the measurement apparatus**.
- Transmission or reflection time**.
- Fibre length.

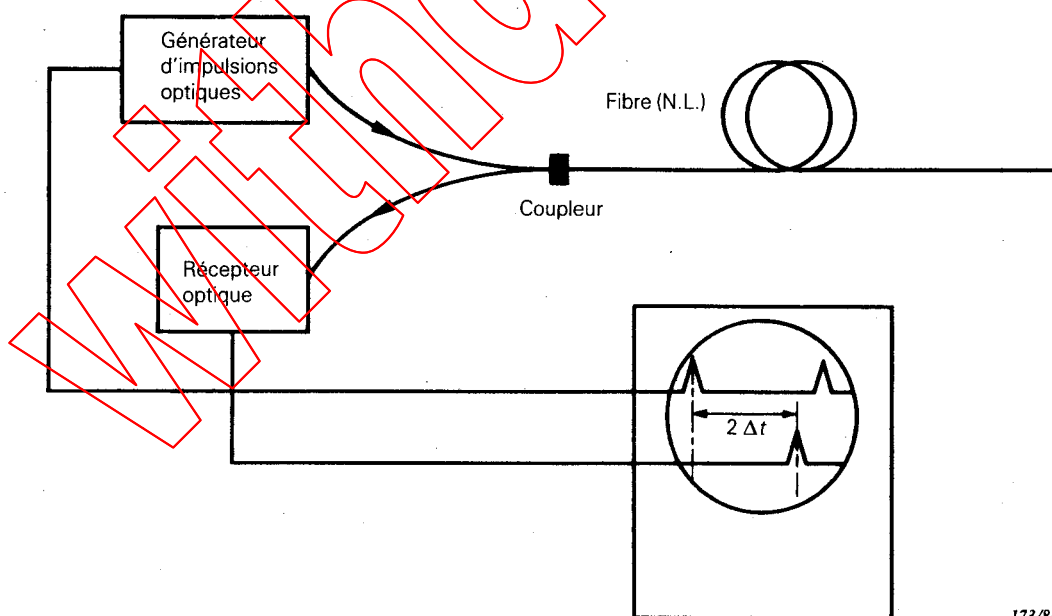
* An important practical improvement can be achieved in making the accuracy of the measurement independent of the actual length of the fibre by means of a dual channel oscilloscope method (see Figure 5, page 47).

** Optional.



172/84

FIG. 4a. - Mesure du temps de propagation d'une impulsion transmise.



173/84

FIG. 4b. - Mesure du temps de propagation d'une impulsion réfléchie.

FIG. 4. - Mesure de la longueur de fibre par la mesure du temps de propagation d'impulsions optiques.

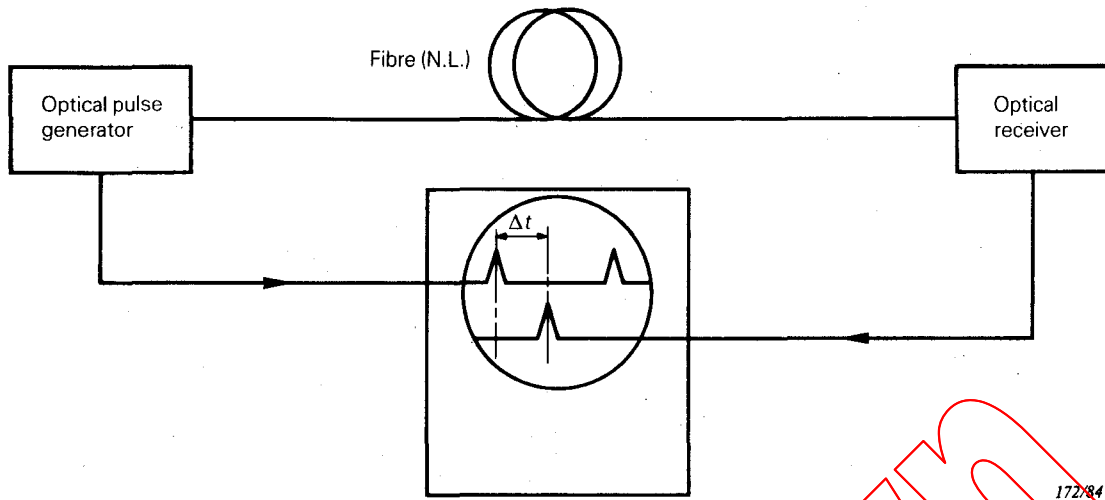


FIG. 4a. - Time measurement of the transmitted pulse.

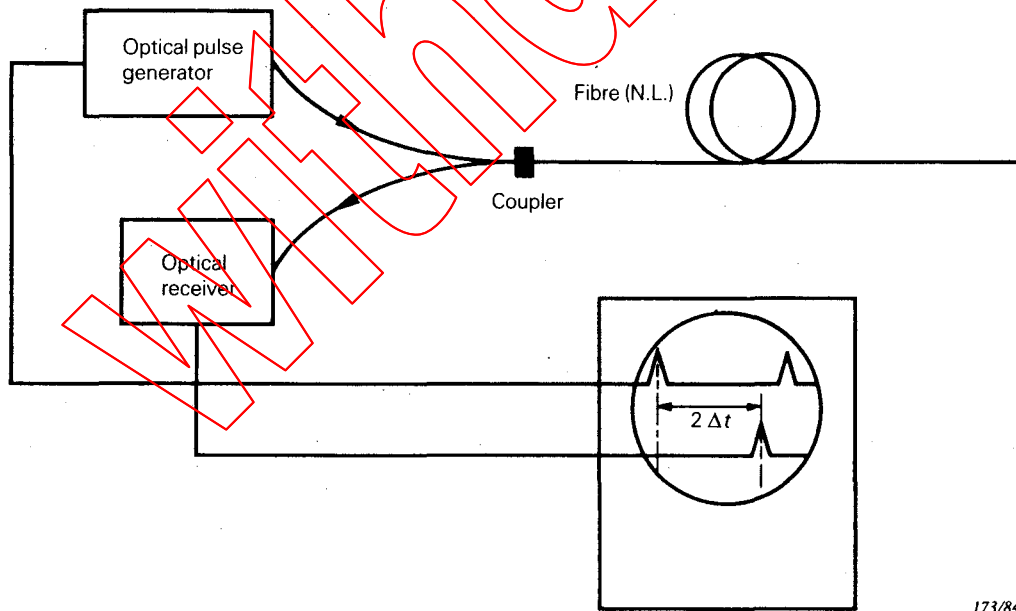


FIG. 4b. - Time measurement of the reflected pulse.

FIG. 4. - Measurement of fibre length by propagation time of optical pulses.

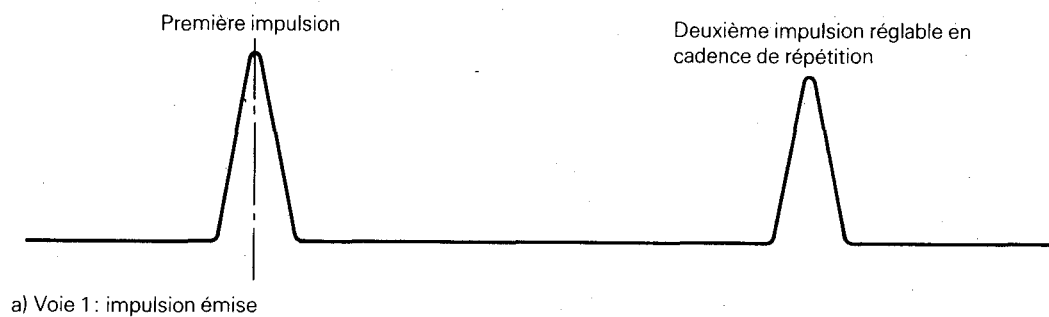


FIG. 5a. – Voie 1: impulsion émise.

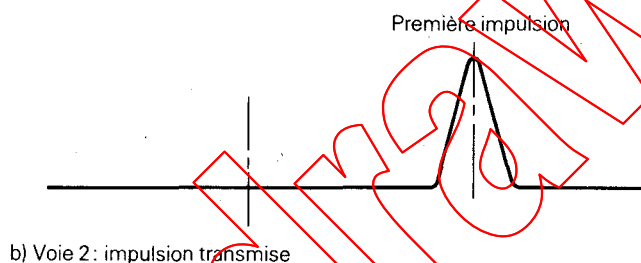
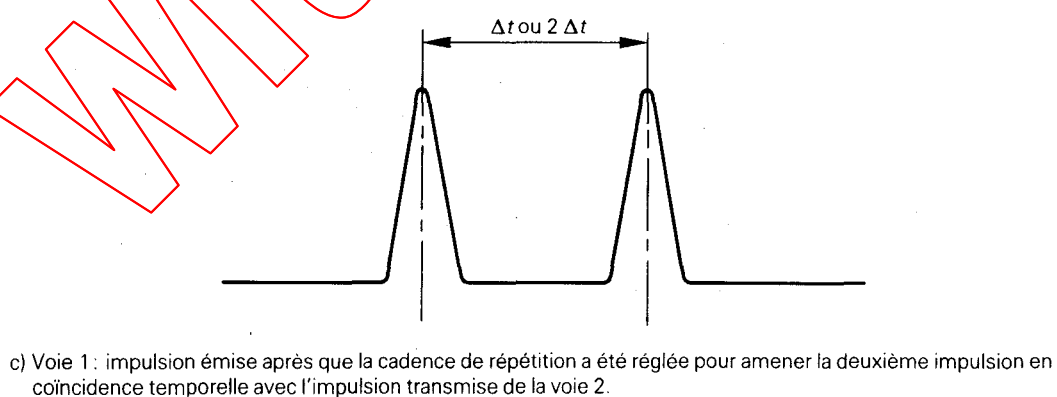


FIG. 5b. – Voie 2: impulsion transmise.



174/84

FIG. 5c. – Voie 1: impulsion émise après que la cadence de répétition a été réglée pour amener la deuxième impulsion en coïncidence temporelle avec l'impulsion transmise de la voie 2.

FIG. 5. – Principe de la mesure de la longueur de fibre.

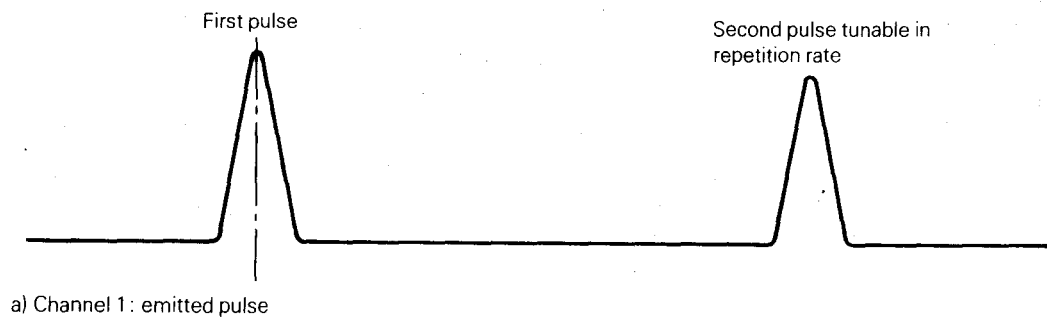


FIG. 5a. - Channel 1: emitted pulse.

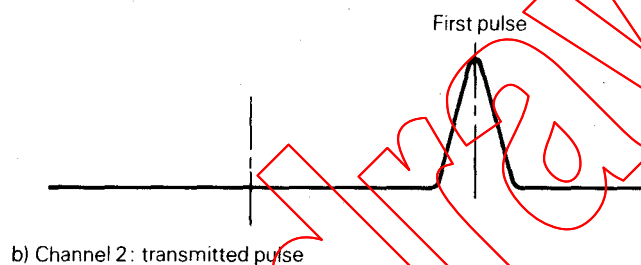
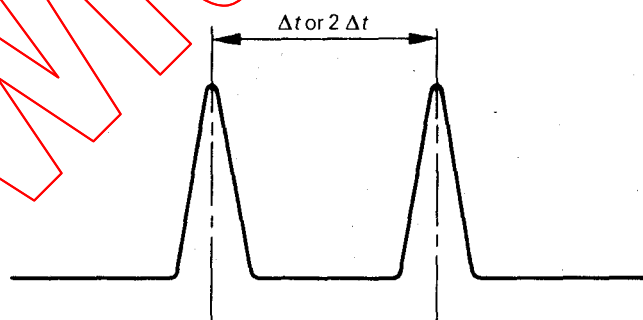


FIG. 5b. - Channel 2: transmitted pulse.



174/84

FIG. 5c. - Channel 1: emitted pulse after adjustment of the repetition rate in such a way that the second pulse in channel 1 coincides with the transmitted pulse of channel 2.

FIG. 5. - Principle of fibre-length measurement.

SECTION TROIS – MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

19. Objet

Ces méthodes d'essai s'appliquent aux essais de résistance mécanique, de facilité de manipulation ou de mise en évidence de défauts au niveau du revêtement primaire des fibres optiques en verre. Ces méthodes sont à utiliser pour le contrôle des fibres lors des relations commerciales.

Les caractéristiques mécaniques des fibres optiques doivent être vérifiées en soumettant les échantillons à des essais choisis dans le tableau III. Les essais appliqués, les critères d'acceptation et le nombre d'échantillons doivent être tels que prescrits dans la spécification particulière.

TABLEAU III
Caractéristiques mécaniques des fibres optiques

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 793-1-B1 CEI 793-1-B2A CEI XXX-B2B*	Essai de sélection d'une fibre optique Résistance à la traction sur longueur courte Résistance à la traction sur longueur longue	Résistance mécanique
CEI XXX-B3* CEI XXX-B4*	Courbure Abrasion	Facilité de manipulation
CEI XXX-B5* CEI 793-1-C1C	Examen visuel Méthode de rétrodiffusion	Défauts physiques

* A l'étude.

20. Définitions opérationnelles

20.1 Résistance mécanique d'une longueur de fibre de verre

a) La résistance mécanique d'une longueur de fibre de verre dépend de la profondeur de la fissure la plus profonde, présente sur cette longueur.

Si l'on soumet une longueur de fibre à une contrainte σ à température et humidité ambiantes, la profondeur d'une fissure croît selon une loi proposée par Charles:

$$\frac{da}{dt} = AK_1^n$$

où $K_1 = Y\sigma a^{1/2}$ suivant Griffith

où:

K_1 facteur d'intensité de la contrainte

Y facteur de forme (constant)

σ contrainte

n susceptibilité à la corrosion (constant)

a profondeur de la fissure

A constante de proportionnalité déterminée par expérience