

NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
793-1

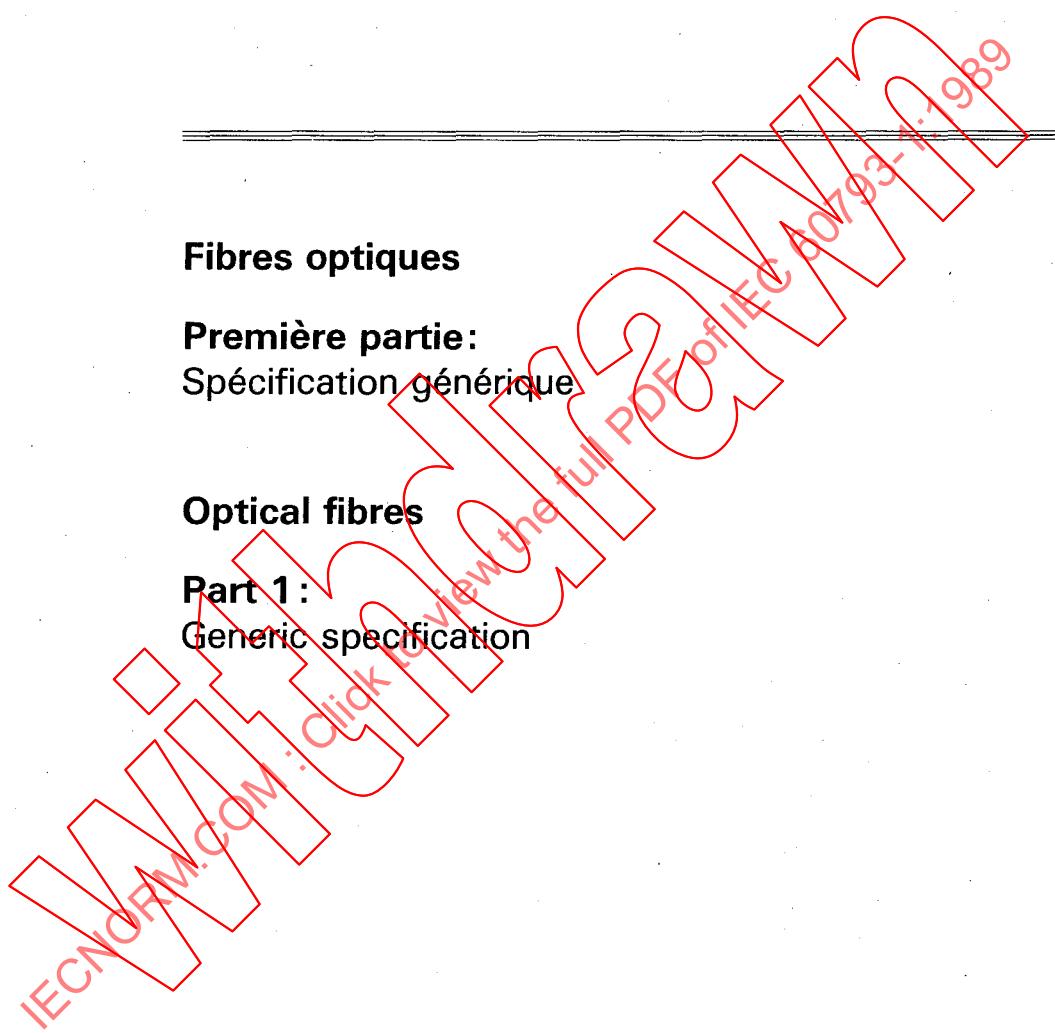
Troisième édition
Third edition
1989-12

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 Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

[IECNORM.COM](#) : Click to view the full PDF of IEC 60793-1:1989

NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
793-1

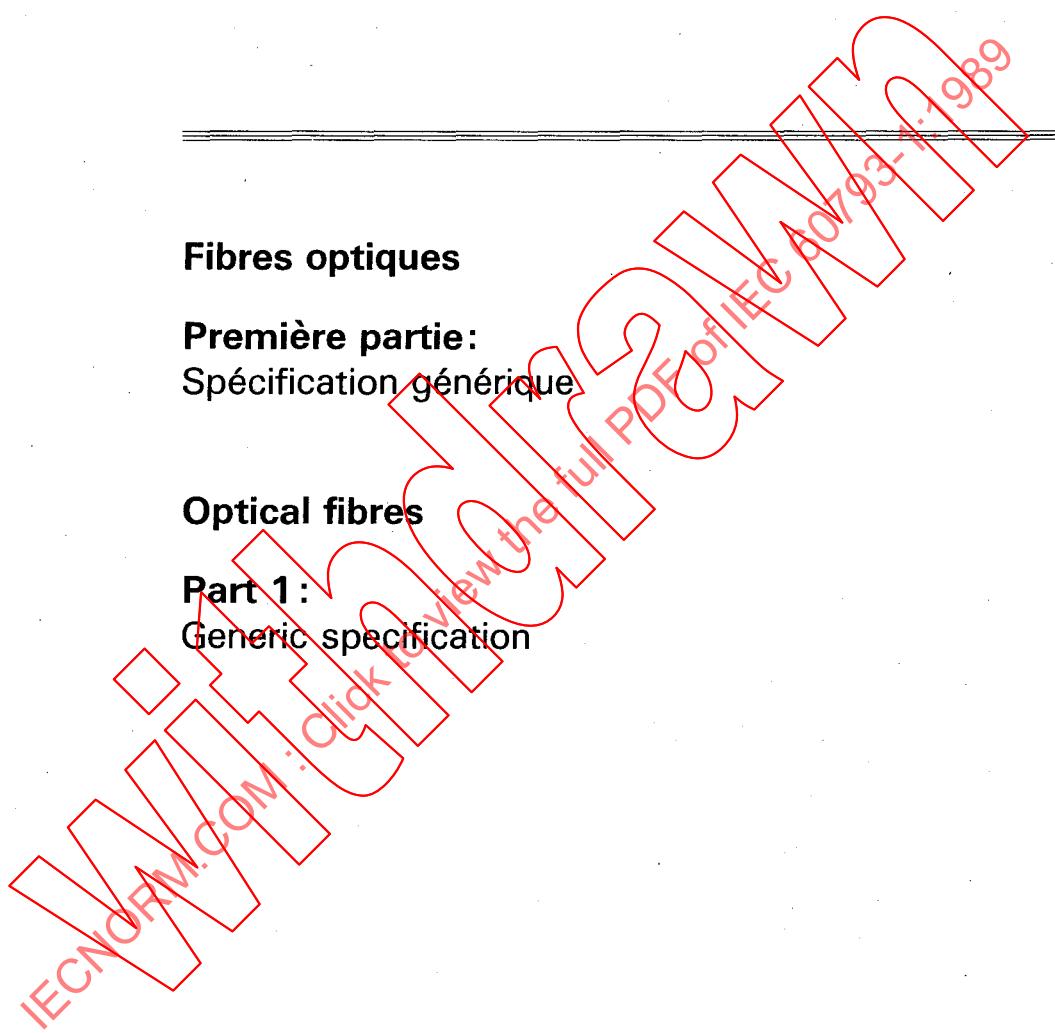
Troisième édition
Third edition
1989-12

Fibres optiques

Première partie:
Spécification générique

Optical fibres

Part 1:
Generic specification

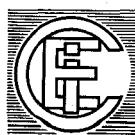


© CEI 1989 Droits de reproduction réservés — Copyright – all rights reserved

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 Varembé 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°s 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1:1989

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1:1989

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:

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

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:

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

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

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

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

a = core radius

TABLEAU IA

Catégories de fibres multimodales

Catégories	Matériaux	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:

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

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)

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

$\theta =$ 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	Quasi step* index fibre	$3 \leq g < 10$
	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.

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:

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

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.

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

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.

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

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
	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'épisurage, ces variations peuvent conduire à des pertes d'épisure 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

- a) Mesures des paramètres.
- b) Mesures des caractéristiques de fonctionnement.
- c) 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 réfléchie	Longueur de fibre

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

2. – Avec la répartition de la lumière en champ proche, les dimensions obtenues sont corrélées au profil d'indice de réfraction, mais ne sont pas strictement en accord avec la définition du diamètre de cœur.
 3. – La méthode des quatre cercles concentriques est un essai de conformité, basé normalement sur la répartition de la lumière en champ proche. Elle n'est pas valable pour mesurer les valeurs réelles des dimensions des fibres.
 4. – 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.
 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.

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 Etalonnage de l'équipement

L'étalonnage de l'équipement est réalisé lorsque la fibre n'est pas présente dans la cellule à liquide d'indice. Pendant la mesure, l'angle du cône de lumière varie en fonction de l'indice de réfraction vu au point d'impact sur la fibre (en 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 $1.5 \mu\text{m}$. 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.

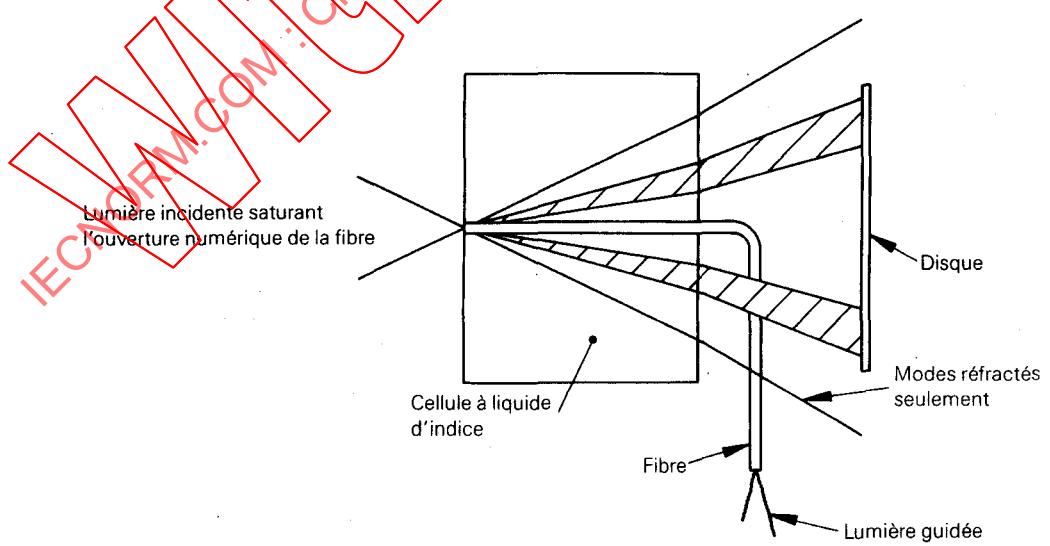


FIG. 1. – Technique du champ proche réfracté – Représentation schématique.

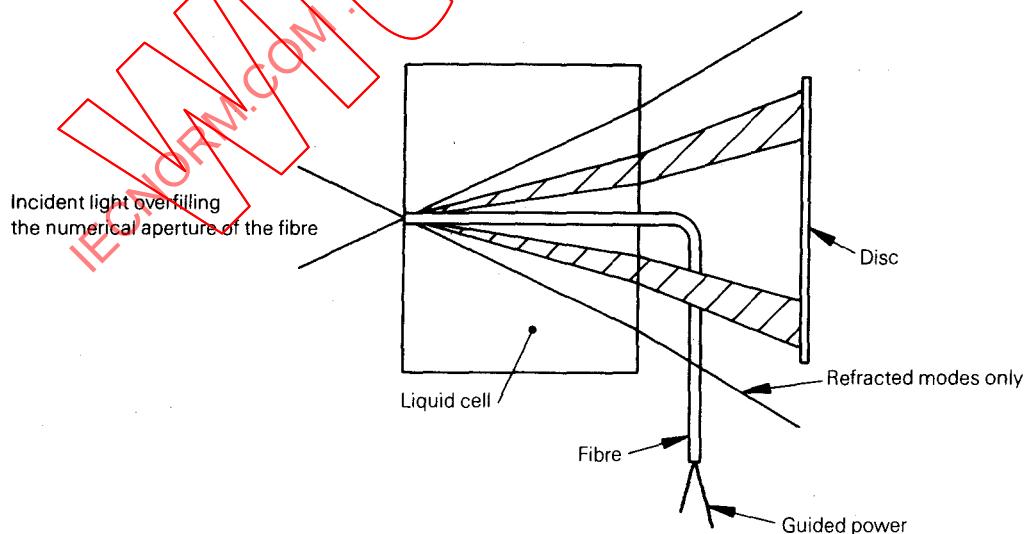
13.4.3 Results

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.

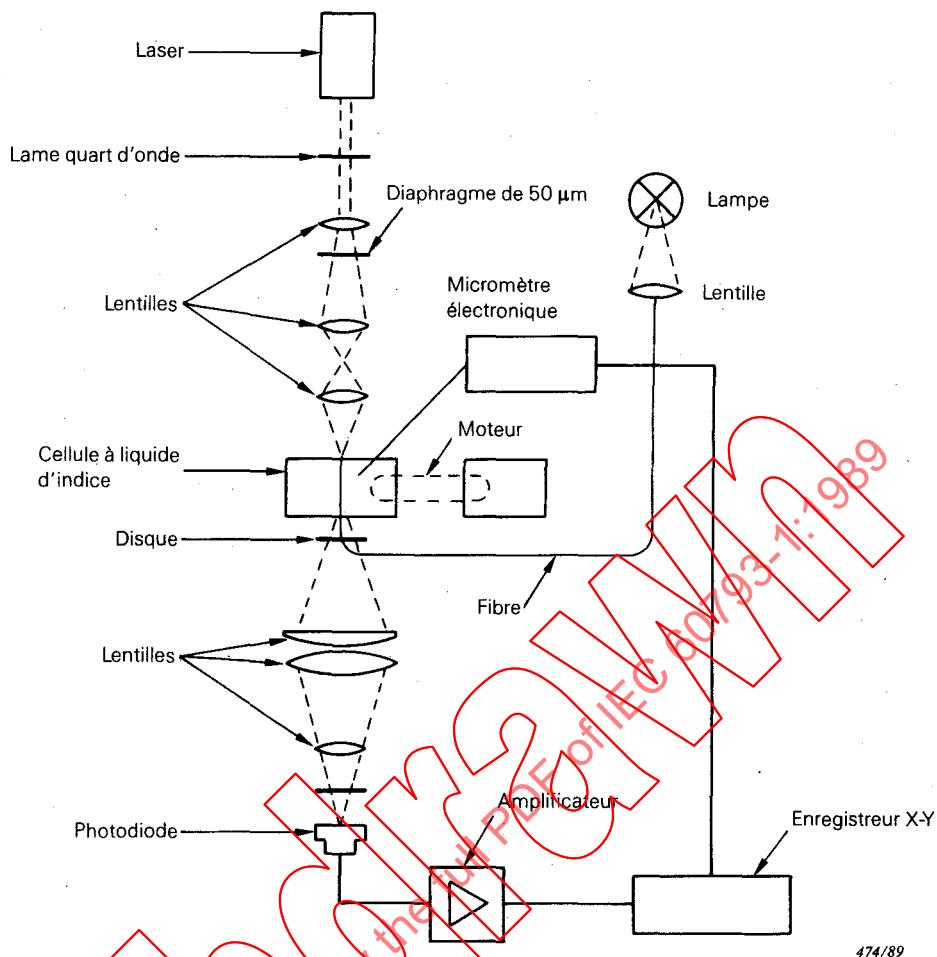


FIG. 2. – Exemple typique d'un appareillage de mesure du champ proche réfracté.

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.

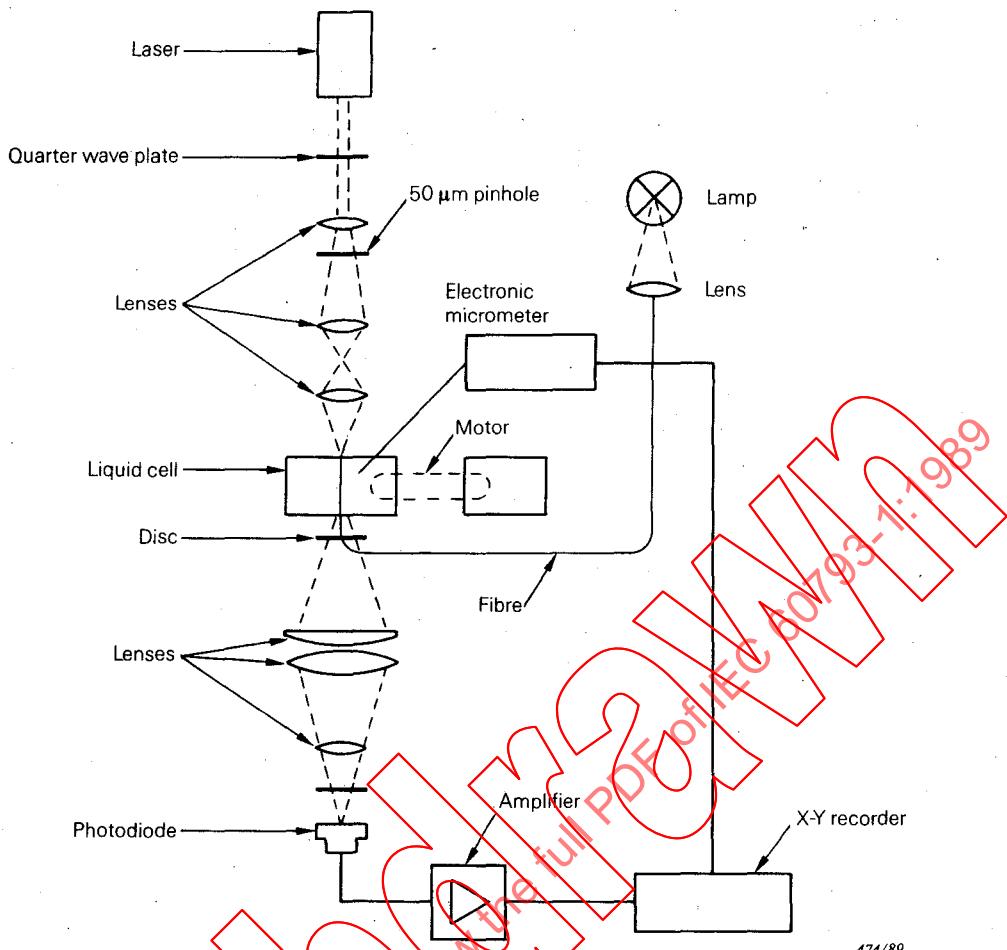


FIG. 2. – Typical arrangement of the refracted near-field test set.

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 grossissement 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 étaillonnée 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:

$$D_{CL} + \Delta D_{CL} \quad \text{pour la gaine}$$

$$D_{CL} - \Delta D_{CL}$$

$$D_{CO} + \Delta D_{CO} \quad \text{pour le cœur}$$

$$D_{CO} - \Delta D_{CO}$$

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:

$$D_{CL} + \Delta D_{CL} \text{ for the cladding}$$

$$D_{CL} - \Delta D_{CL}$$

$$D_{CO} + \Delta D_{CO} \text{ for the core}$$

$$D_{CO} - \Delta D_{CO}$$

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, épissage, 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 fondu.

16.3.2.2 *Plate-forme de précision.* La plate-forme de précision supporte le palpeur mobile et le rétroréflecteur 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 rétroréflecteur 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 fondu 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 $125 \mu\text{m}$ diameter fused silica fibre this force is typically 0.2 N for anvils with a length of contact of 1 mm along the fibre.

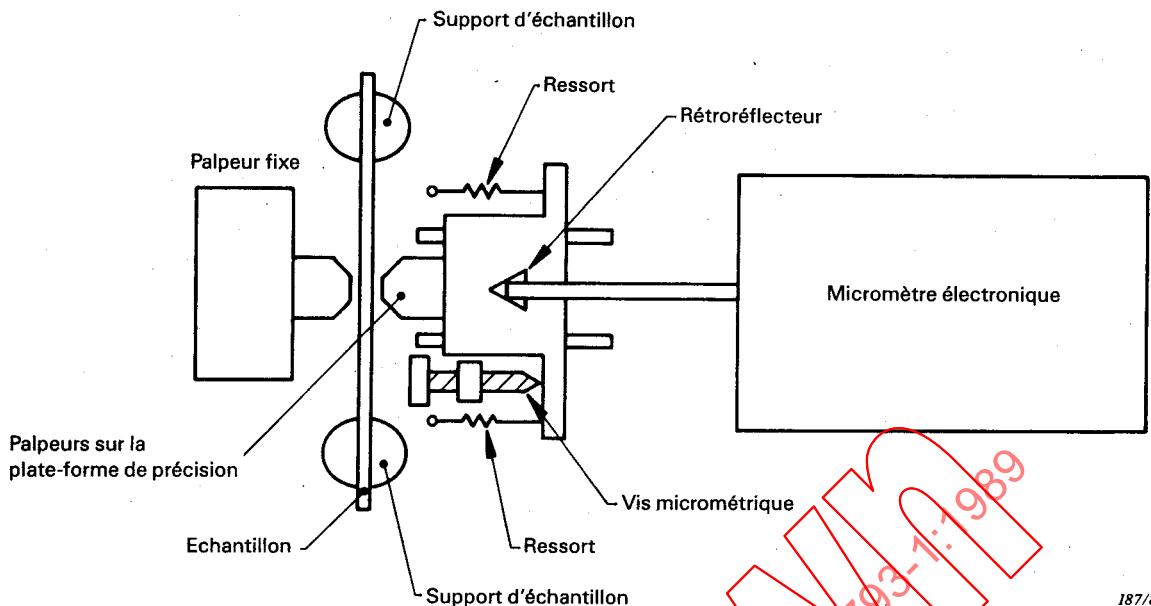
The separation of the anvils is accurately measured with the electronic micrometer.

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.

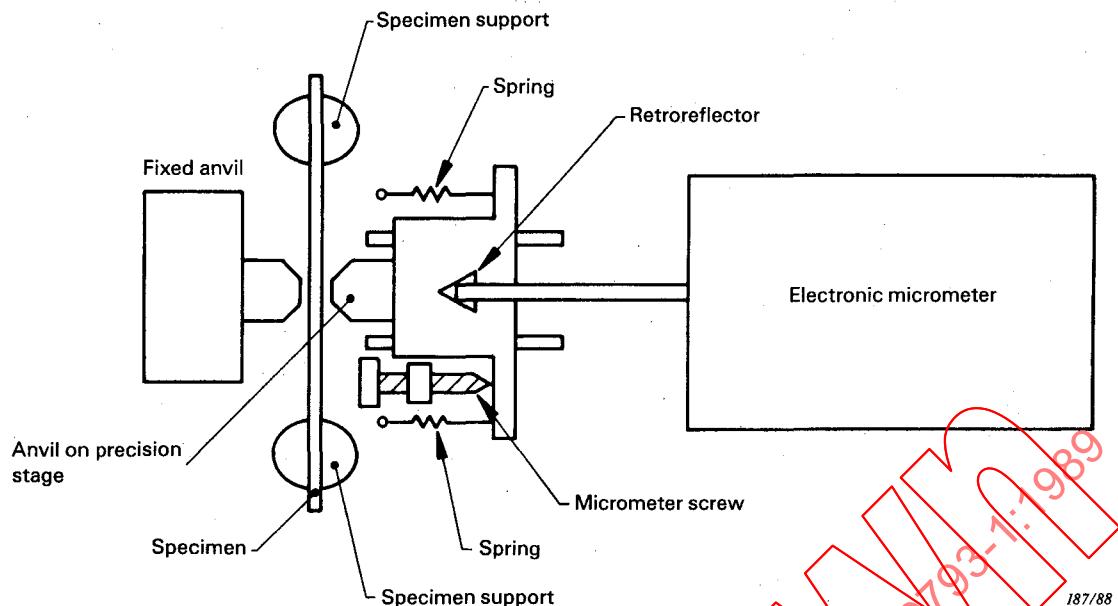


FIG. 3. – Top view of electronic micrometer system.

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 Δt 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 Δt , 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.

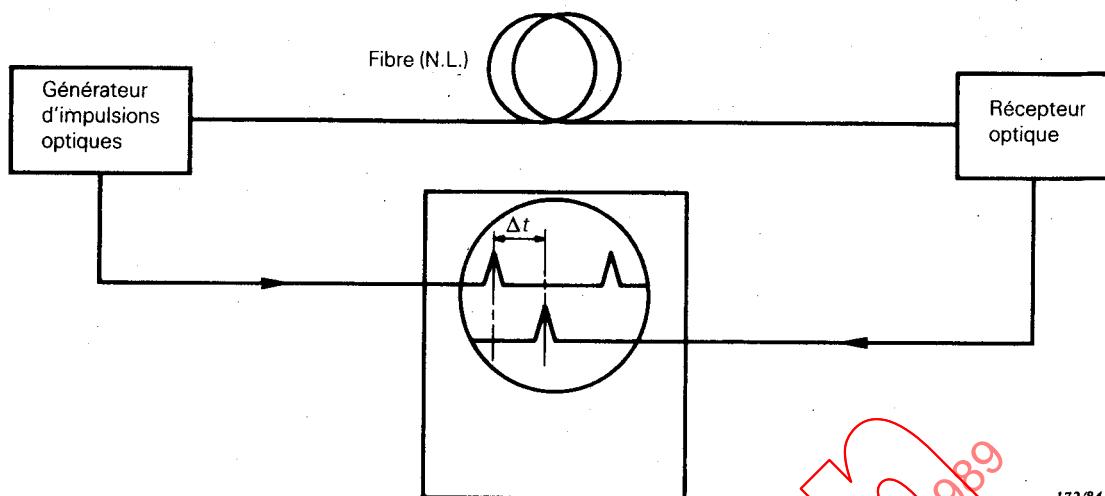
18.7 Documentation

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.

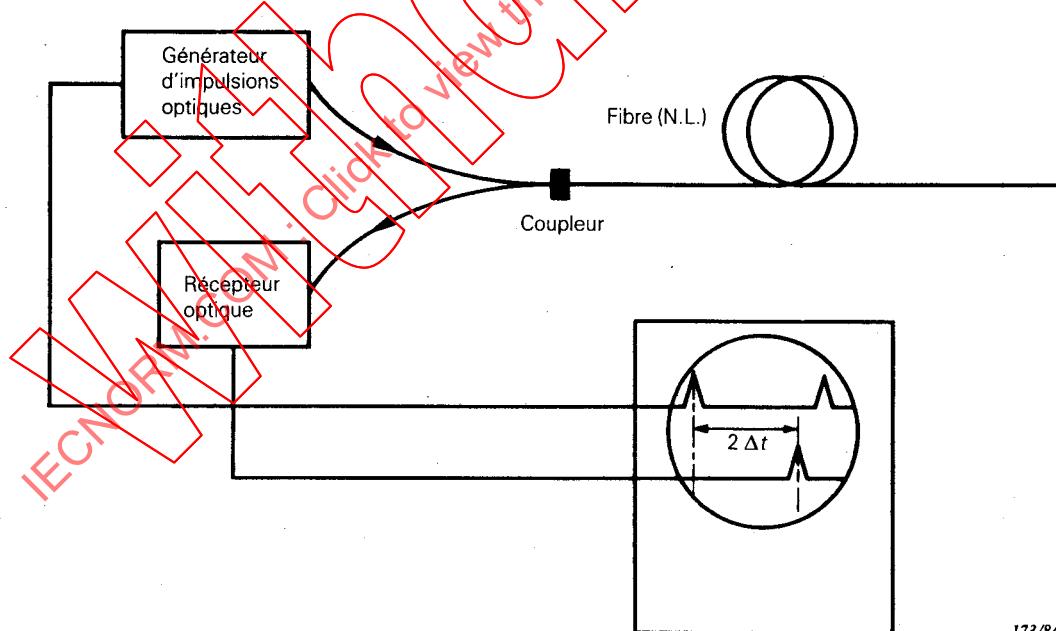
* An important practical improvement can be achieved in making the accuracy of the measurement independent of the actual length of the fibre by means of a dual channel oscilloscope method (see Figure 5, page 47).

** 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.

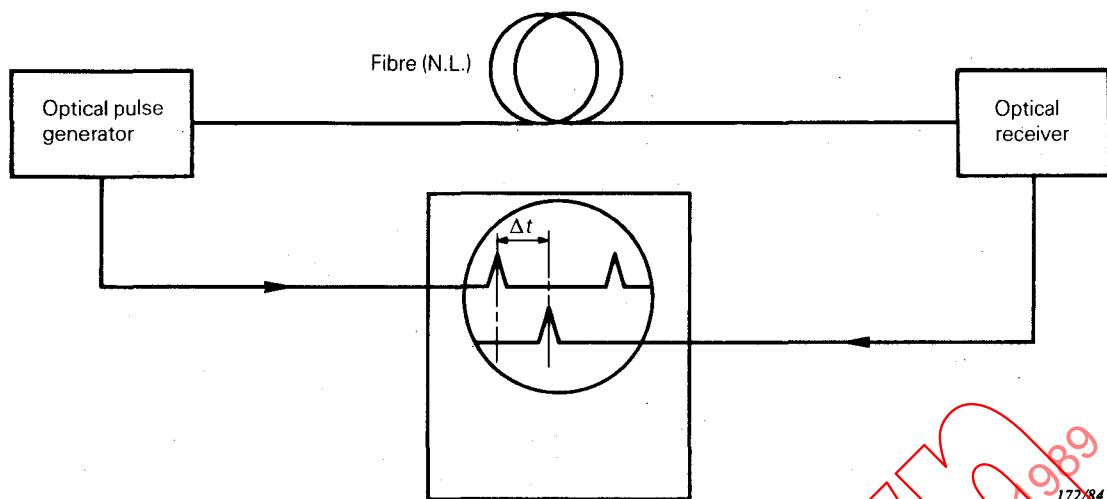


FIG. 4a. – Time measurement of the transmitted pulse.

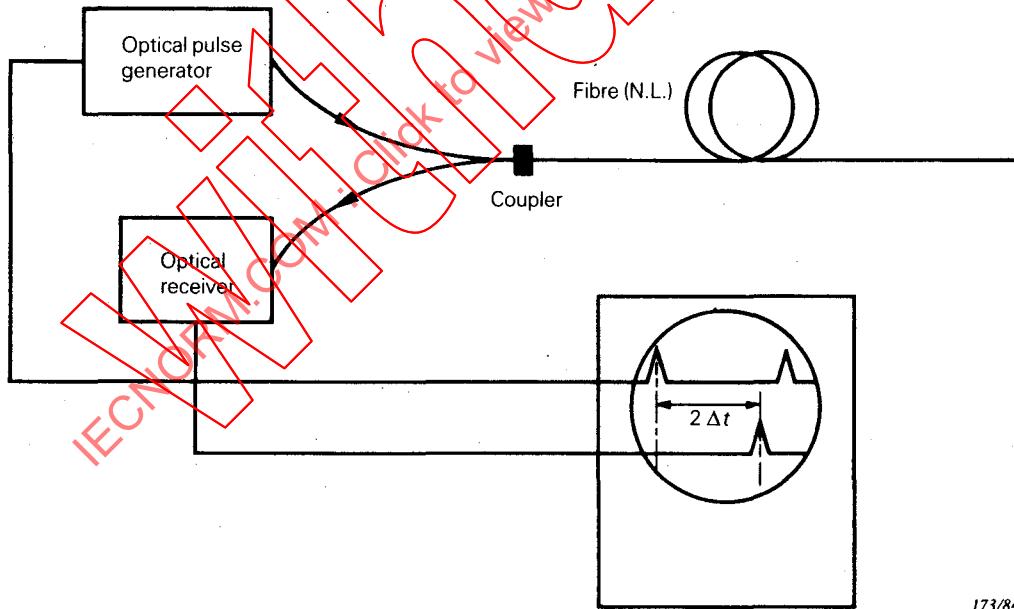
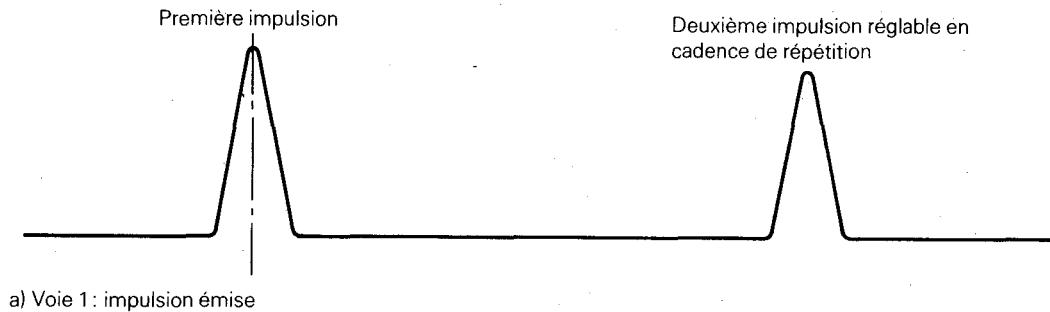


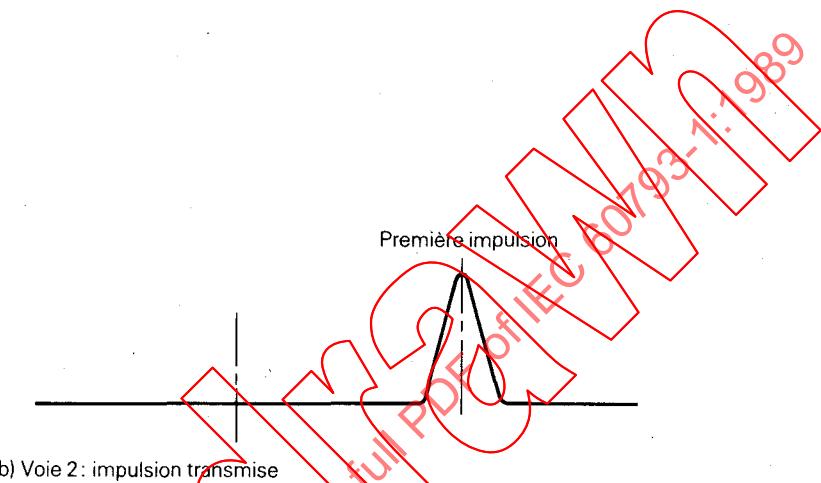
FIG. 4b. – Time measurement of the reflected pulse.

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



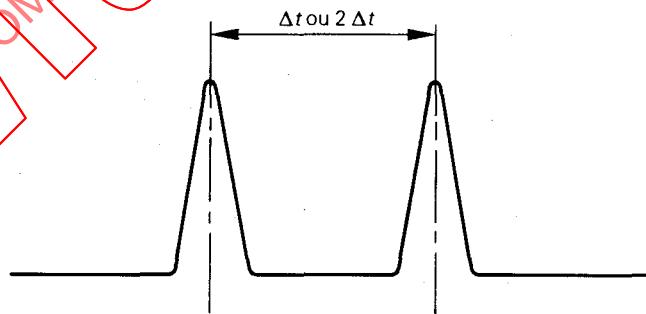
a) Voie 1: impulsion émise

FIG. 5a. – Voie 1: impulsion émise.



b) Voie 2: impulsion transmise

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



c) 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.

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.

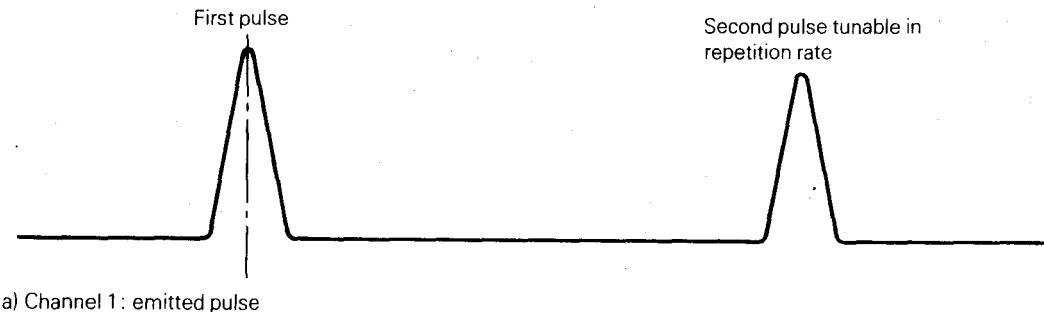


FIG. 5a. – Channel 1: emitted pulse.

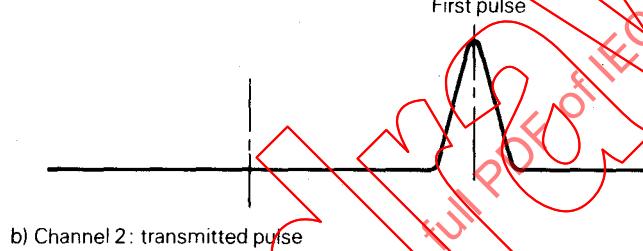
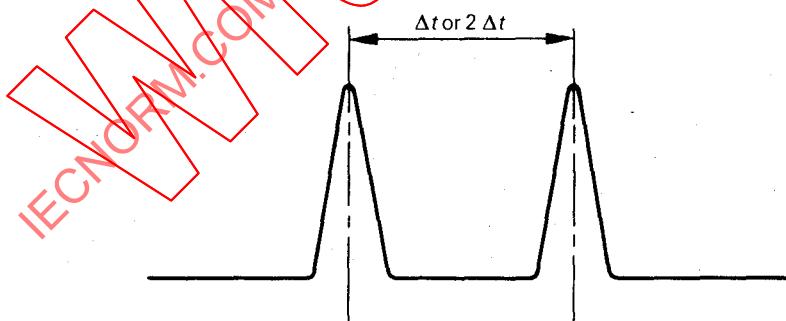


FIG. 5b. – Channel 2: transmitted pulse.



c) Channel 1: emitted pulse after the repetition rate has been adjusted to bring the second pulse into time coincidence with the transmitted pulse in channel 2.

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	Essai de sélection d'une fibre optique	Résistance mécanique
CEI 793-1-B2A	Résistance à la traction sur longueur courte	
CEI XXX-B2B*	Résistance à la traction sur longueur longue	
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 a à température et humidité ambiantes, la profondeur d'une fissure croît selon une loi proposée par Charles:

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

où $K_1 = Yaa^{1/2}$ suivant Griffith

où:

K_1 facteur d'intensité de la contrainte

Y facteur de forme (constant)

a contrainte

n susceptibilité à la corrosion (constant)

a profondeur de la fissure

A constante de proportionnalité déterminée par expérience

SECTION THREE – MEASURING METHODS FOR MECHANICAL CHARACTERISTICS

19. Object

The test methods apply to the tests of mechanical strength, ease of handling or the recognition of physical defects of primary coated or primary buffered optical glass fibres. The methods are to be used for inspection of fibres for the sake of trade and commerce.

The mechanical characteristics of optical fibres shall be verified by subjecting samples to tests selected from Table III. The tests applied, acceptance criteria and number of samples shall be as specified in the detail specification.

TABLE III
Mechanical characteristics of optical fibres

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 793-1-B1	Optical fibre proof test	Mechanical strength
IEC 793-1-B2A	Tensile strength for short length of fibre	
IEC XXX-B2B*	Tensile strength for long length of fibre	
IEC XXX-B3* IEC XXX-B4*	Bending Abrasion	Ease of handling
IEC XXX-B5* IEC 793-1-C1C	Visual inspection Backscattering technique	Physical defects

* Under consideration.

20. Operational definitions

20.1 Mechanical strength of a length of glass fibre

- a) The mechanical strength of a length of glass fibre depends on the depth of the deepest flaw present in this length.

In submitting a length of fibre at ambient temperature and humidity conditions to a stress a the flaw depth will increase in accordance with a relation suggested by Charles:

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

in which K_1 according to Griffith is given by $K_1 = Yaa^{1/2}$

where:

K_1 stress intensity factor

Y shape factor (constant)

a stress

n stress corrosion susceptibility (constant)

a flaw depth

A proportionality constant, to be determined by experiment

Après une croissance de la fissure pendant un temps Δt , la valeur de K_1 atteint la valeur limite K_{lc} (facteur d'intensité critique de la contrainte) pour laquelle la fibre casse (voir figure 6).

b) Par exemple:

Si une fibre est soumise à une contrainte a_1 pendant le temps $\Delta t = t_2 - t_1$, la profondeur de la fissure est passée de a_{t1} à a_{t2} .

Toutefois, pour les relations commerciales, il convient d'admettre qu'après avoir passé un essai de sélection sous contrainte a_1 , la profondeur de la fissure n'a pas dépassé la valeur a_c , c'est-à-dire la valeur pour laquelle la fracture de la fibre apparaît. En conséquence, si la fracture de la fibre doit être évitée, la contrainte a_2 appliquée (pour $t > t_2$) doit rester en dessous de a_1 .

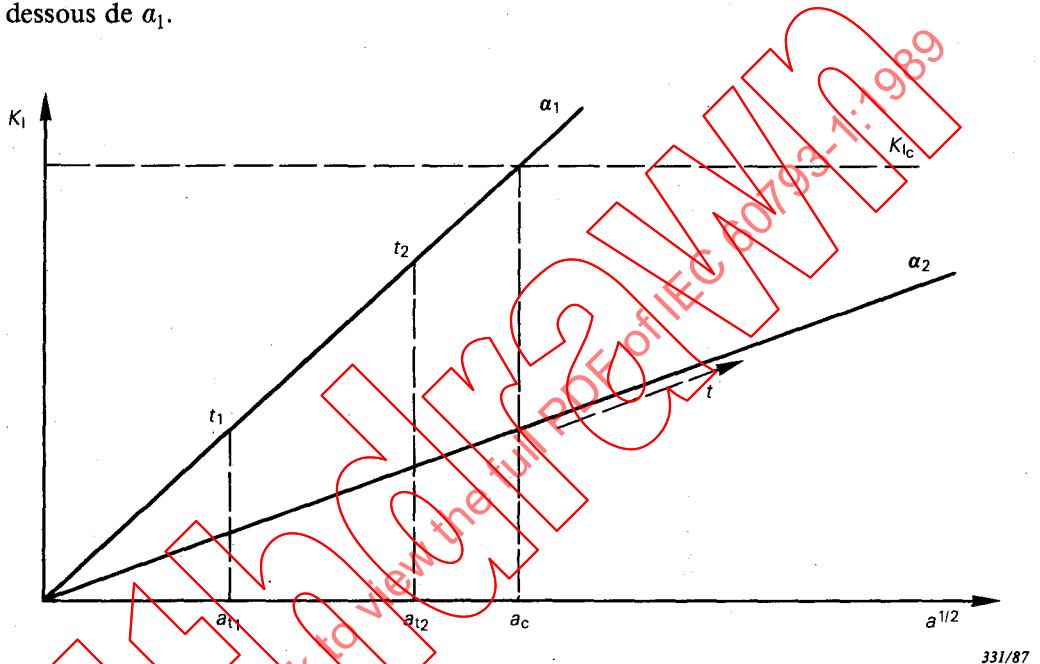


FIG. 6. – Graphique montrant la croissance de la fissure d'une fibre optique en verre soumise à une contrainte.

21. Défauts physiques

Il est admis que des défauts physiques puissent se trouver dans la fibre et affecter les propriétés optiques et mécaniques (par exemple des inclusions ou des bulles). Certains types de défauts peuvent être détectés par réflectométrie ou d'autres méthodes de mesure.

22. Méthode CEI 793-1-B1 – Essai de sélection d'une fibre optique

22.1 *Objet*

Cet essai de sélection s'applique sur la longueur entière d'une fibre optique afin d'éliminer les points où la résistance mécanique est inférieure ou égale au niveau de tension utilisé lors de l'essai.

22.2 *Conditions de l'essai*

L'essai doit être effectué dans les conditions atmosphériques normales telles que décrites dans le paragraphe 5.3 de la Publication 68-1 de la CEI.

In cases where the flaws have grown during a time Δt to a value where K_1 becomes K_{lc} (critical stress intensity factor) the fibre will break (see Figure 6).

b) As an illustration:

When a fibre has been submitted to stress a_1 during a time $\Delta t = t_2 - t_1$, the flaw will have grown from a_{t1} to a_{t2} .

However, for the sake of trade and commerce it should be assumed that after a fibre has been submitted to a screen test with stress a_1 , the flaw has almost reached the value a_c (i.e. the value at which fibre breakage would occur), subsequent stress a_2 (at $t > t_2$) must remain below a_1 , if fibre breakage is to be avoided.

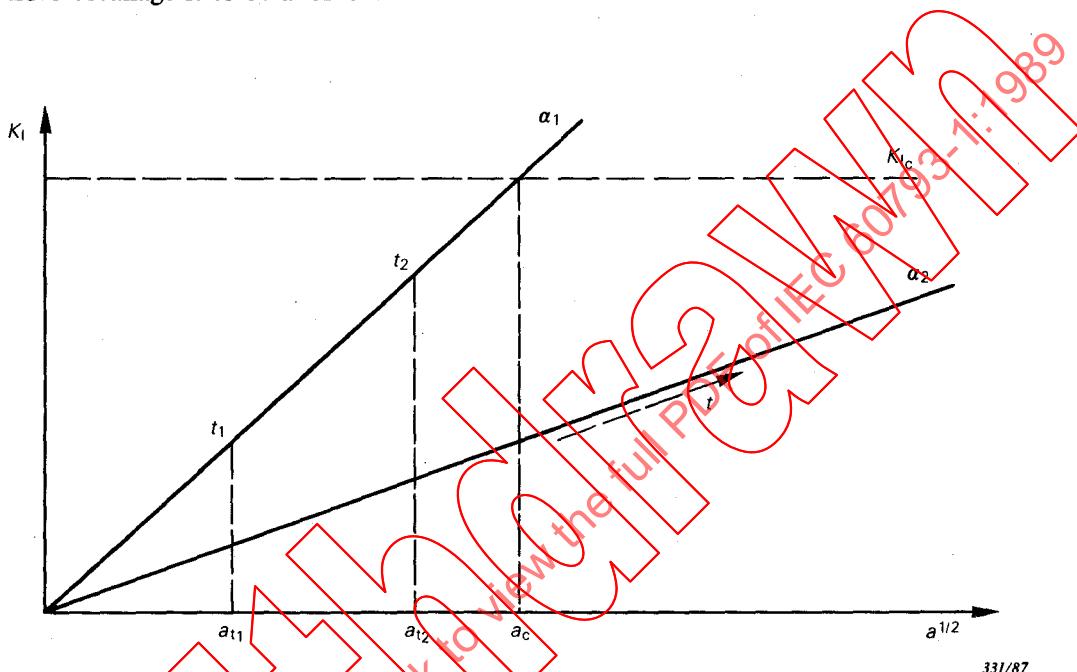


FIG. 6. – Graph of flaw growth of optical glass fibre under stress.

331/87

21. Physical defects

It is recognized that physical defects may exist within the fibre and influence both optical and mechanical performance (for example inclusions and bubbles). Certain types of defects may be detected by means of reflection techniques or other measurement methods.

22. Method IEC 793-1-B1 – Optical fibre proof test

22.1 Object

In this test the entire length of an optical fibre is proof tested to eliminate points with mechanical strength less than or equal to the proof test level.

22.2 Conditions for testing

The test shall be carried out in standard atmospheric conditions for testing in accordance with Sub-clause 5.3 of IEC Publication 68-1.

22.3 Déroulement général de l'essai

22.3.1 L'essai de sélection doit être conduit selon l'une des méthodes suivantes:

- a) contrainte constante;
- b) effort longitudinal constant;
- c) effort de courbure constant.

22.3.2 Les essais sous contrainte constante et sous effort longitudinal constant conviennent aux fibres protégées par un revêtement primaire ou un revêtement protecteur, dont le module d'élasticité et l'épaisseur sont suffisants pour supporter les forces radiale et longitudinale imposées, et sont par ailleurs suffisants pour protéger la surface de la fibre des dommages dus aux contraintes radiales. Si les revêtements primaires ou les revêtements protecteurs ne sont pas suffisants pour résister à ces forces, l'essai en effort de courbure constant peut convenir.

22.3.3 Le niveau de l'essai doit être celui qui doit être supporté par la fibre après avoir effectué la correction due à la présence des revêtements et couches de protection.

22.3.4 Les variations de tension au dérouleur et à l'enrouleur de la fibre devront être isolées de la zone de l'appareillage où se réalise l'essai.

22.3.5 La vitesse de défilement de la fibre dans l'appareillage et la géométrie de celui-ci doivent être telles que la durée d'application de l'essai soit celle imposée dans la spécification particulière.

22.4 Essai de sélection sous contrainte constante

22.4.1 Appareillage

L'appareillage d'essai de sélection sous contrainte constante doit en général être conforme à la figure 7, page 56. A et C sont des roues ou des poulies entraînées, alors que B est une roue ou poulie libre, dans le même plan que les deux autres. Cette dernière possède la liberté de se déplacer sur une ligne verticale passant par son axe. Une charge W appliquée en B fournit la tension T de contrainte correspondante. Il est absolument nécessaire que le coefficient de friction statique entre la fibre optique et les roues A, B et C soit élevé et des moyens tels que des courroies de pression pourront être mis en œuvre afin de minimiser les glissements. L'une des roues doit être entraînée à vitesse angulaire constante et les moyens appropriés doivent être fournis pour maintenir une position verticale constante de la roue B en faisant varier la vitesse angulaire de la roue C. La tension d'alimentation de la fibre dans l'appareillage T_i ne devra pas excéder 10 % de la tension d'essai T . Les diamètres des roues doivent être déterminés afin que la contrainte due à la courbure n'excède pas 10 % de la valeur de l'essai en chaque point du conducteur optique.

22.4.2 Procédure

La fibre optique doit défiler dans l'appareillage représenté dans la figure 7 à une vitesse correspondant à la durée de l'essai imposée dans la spécification particulière.

La valeur de la masse W appliquée à la roue ou poulie libre B doit être celle indiquée dans la spécification particulière.

22.4.3 Prescription

Après l'essai, la fibre optique doit être examinée en réflectométrie temporelle, ou par un autre moyen, pour détecter les fractures. La fibre doit être exempte de fractures.

22.3 General test procedures

22.3.1 The proof test shall be in accordance with one of the following methods:

- a) constant stress;
- b) constant longitudinal strain;
- c) constant bending strain.

22.3.2 The tests at constant stress and constant longitudinal strain are appropriate for fibres with protective coatings and buffers of elastic modulus and thickness adequate to withstand the longitudinal and radial forces imposed, and to protect the surface of the fibre from deleterious radial stresses. Where primary coatings and buffers are not adequate to withstand these forces, the test at constant bending strain may be appropriate.

22.3.3 The proof test level shall be that experienced by the optical fibre after correction has been made for the presence of any protective coatings and buffers.

22.3.4 Tension variations in fibre pay-out and take-up shall be isolated from the proof test region of the apparatus.

22.3.5 The speed of the fibre through the apparatus and the apparatus geometry shall be such that the proof test is applied for the time required in the detail specification.

22.4 Constant stress proof test

22.4.1 Apparatus

The constant stress proof test apparatus shall be generally in accordance with Figure 7, page 57. A and C are driven wheels or pulleys, and B is the free running wheel or pulley, coplanar with the other two, which has free spacial movement restricted to a vertical line through its axis. A weight W applied to B provides the stress-related tension T . It is an essential requirement that the coefficient of static friction between the optical fibre and wheels A, B and C shall be high, and means may be provided, such as pressure belts, to ensure that slippage is minimized. One of the wheels shall be driven at constant angular velocity, and means shall be provided to maintain a constant vertical position for wheel B by varying the angular velocity of wheel C. The feed tension T_i shall not exceed 10% of the test tension T . The diameter of the wheels shall be such that the stress due to bending at any point of the optically transmitting element shall not exceed 10% of the test value.

22.4.2 Procedure

The optical fibre shall pass through the apparatus as shown in Figure 7 at a velocity corresponding to the proof test time required in the detail specification.

The mass of the weight W applied to the free running wheel or pulley B shall be as stated in the detail specification.

22.4.3 Requirement

After the test, the optical fibre shall be examined for breaks using an optical time domain reflectometer or other means. The fibre shall exhibit no breaks.

22.5 Essai de sélection sous effort longitudinal constant

22.5.1 Appareillage

L'appareillage d'essai de sélection sous effort constant doit en général être conforme à la figure 8, page 56; les roues ou poulies A et B sont agencées pour tourner avec une différence des vitesses périphériques égale à l'effort à appliquer.

La différence de vitesse peut être obtenue à l'aide de roues de même diamètre nominal, mais dont les vitesses de rotation angulaire présentent une différence correspondant au niveau d'effort nécessaire, ou à l'aide de roues tournant à la même vitesse angulaire, et dont le rapport des diamètres est choisi en fonction de l'effort à appliquer. Le coefficient de friction statique entre la fibre et les roues doit être élevé afin de minimiser les glissements et une courroie ou un autre dispositif peuvent être appliqués pour augmenter la pression. La valeur de la tension d'alimentation T_i de la fibre dans l'appareillage ne doit pas excéder 10% de la valeur de la tension de l'essai. Les diamètres des roues doivent être déterminés afin que la contrainte due à la courbure n'excède pas 10% de la valeur de la tension d'essai en chaque point du conducteur optique.

22.5.2 Procédure

L'effort appliqué doit être amené à la valeur indiquée dans la spécification particulière, soit en ajustant les vitesses de rotation de chaque roue pour donner l'écart voulu, soit en utilisant des roues de différence de diamètre voulue.

La fibre optique doit défiler dans l'appareillage d'essai de sélection sous effort longitudinal constant à une vitesse correspondant à la durée de l'essai prévue dans la spécification particulière.

22.5.3 Prescription

Après l'essai, la fibre optique doit être examinée en réflectométrie temporelle, ou par tout autre moyen, pour détecter les fractures. La fibre doit être exempte de fractures.

22.6 Essai de sélection sous effort de courbure constant

22.6.1 Appareillage

L'appareillage d'essai sous effort de courbure constant doit en général être conforme à la figure 9, page 58. A, B et C sont trois roulements qui peuvent tourner librement sur trois axes parallèles. La fibre est placée autour des trois roulements avec une tension suffisante et compatible avec la géométrie des roulements. Les diamètres des roulements sont choisis afin que l'effort maximal induit par courbure à la surface de la fibre soit égal à l'effort recherché en prenant en compte l'épaisseur des revêtements ou couches protecteurs.

Afin d'assurer un effort maximal aussi constant que possible sur toute la surface de la fibre, un certain nombre d'ensembles de roulements sont utilisés, positionnés de manière à faire un certain angle avec le premier.

A titre d'exemple, on pourra utiliser quatre ensembles de roulements à 45° les uns des autres (figure 10, page 58).

Les systèmes dérouleur et enrouleur de la fibre sont disposés de façon à éliminer la torsion de la fibre au passage dans l'appareillage.

22.5 Constant longitudinal strain proof test

22.5.1 Apparatus

The constant strain proof test apparatus shall be generally in accordance with Figure 8, page 57; A and B are wheels or pulleys which are arranged to rotate with a peripheral velocity difference equal to the required strain.

The velocity difference may be achieved by arranging that the wheels have the same nominal diameter but rotate with an angular velocity difference corresponding with the required strain level, or that the diameters of the wheels are in a fixed ratio corresponding with the required strain level, but the wheels are coupled to rotate at the same angular velocity. The coefficient of static friction between the optical fibre and the wheels shall be high to minimize slippage, and pressure belts or similar devices may be used. The strain corresponding to the feed tension T_i shall not exceed 10% of the test value. The diameter of the wheels shall be such that the strain due to bending at any point of the optically transmitting element shall not exceed 10% of the test value.

22.5.2 Procedure

The strain applied shall be set to the value stated in the detail specification, either by adjusting the speed controls to the wheels to give the required rotational difference, or by fitting wheels with the required diameter difference.

The optical fibre shall be passed through the constant strain proof test apparatus at a velocity corresponding to the test time stated in the detail specification.

22.5.3 Requirement

After the test the optical fibre shall be examined for breaks, using an optical time domain reflectometer or other means. The fibre shall exhibit no breaks.

22.6 Constant bending strain proof test

22.6.1 Apparatus

The constant bending strain test apparatus shall be generally in accordance with Figure 9, page 59. A, B and C are three rollers that are free to rotate around parallel axes. The fibre is drawn along a path in which it is bent over the freely rotating rollers under sufficient tension that it conforms with the roller geometry. The roller diameters are chosen so that the maximum strain induced by bending in the surface of the fibre is equal to the required strain, after allowing for the thickness of any protective coatings or buffers.

In order to ensure a near constant maximum strain to all parts of the fibre surface a number of sets of rollers are used arranged at angles to the first.

Typically four sets of rollers at 45° to each other may be used (Figure 10, page 59).

The fibre pay-out and take-up arrangements are arranged to avoid twisting of the fibre as it passes through the machine.

22.6.2 Procédure.

L'effort indiqué dans la spécification particulière doit être obtenu par le choix des diamètres des roulements. La fibre optique doit défiler dans l'appareillage d'essai de sélection sous effort de courbure constant à une vitesse déterminée par la durée de l'essai indiquée dans la spécification particulière.

22.6.3 Prescriptions

Après l'essai, la fibre optique doit être examinée en réflectométrie temporelle, ou par tout autre moyen, pour détecter les fractures. La fibre doit être exempte de fractures.

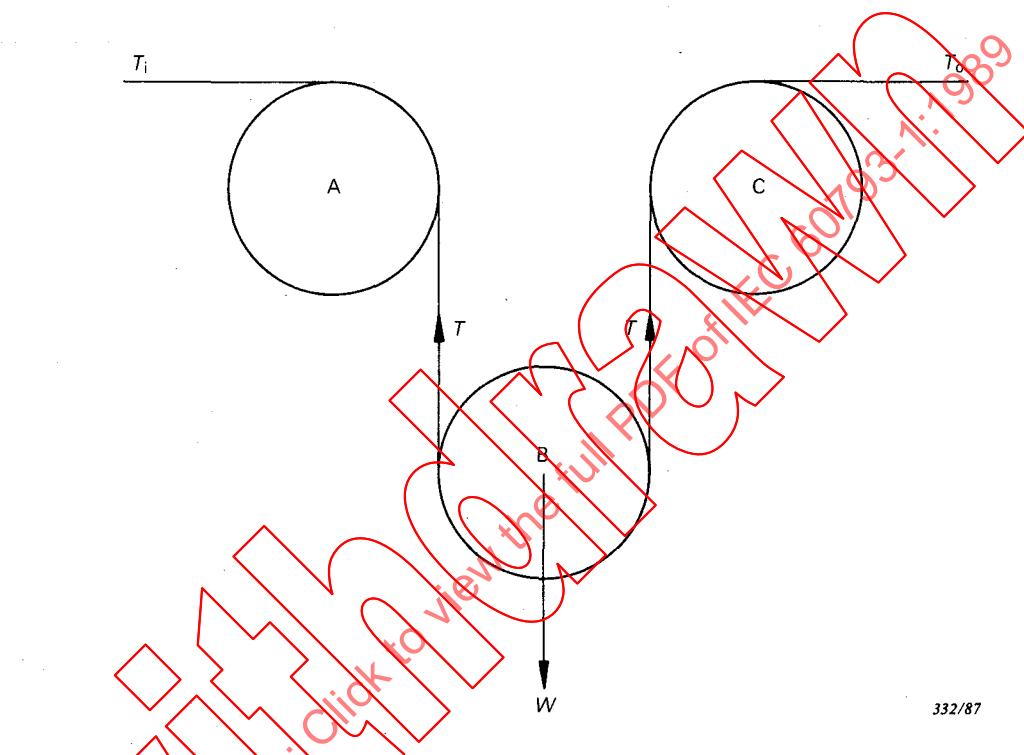


FIG. 7. – Appareillage d'essai de sélection sous contrainte constante.

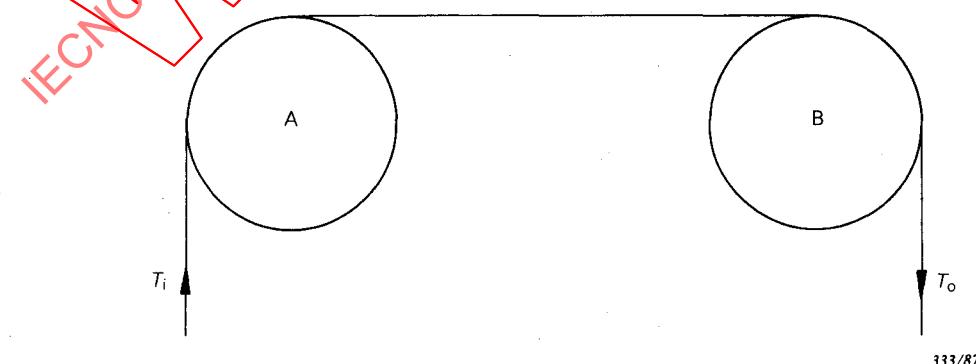


FIG. 8. – Appareillage d'essai de sélection sous effort longitudinal constant.

22.6.2 Procedure

The strain shall be set to the value stated in the detail specification by the choice of roller diameter. The optical fibre shall be passed through the constant strain test apparatus at a velocity corresponding to the test time stated in the detail specification.

22.6.3 Requirements

After the test the optical fibre shall be examined for breaks, using an optical time reflectometer or other means. The fibre shall exhibit no breaks.

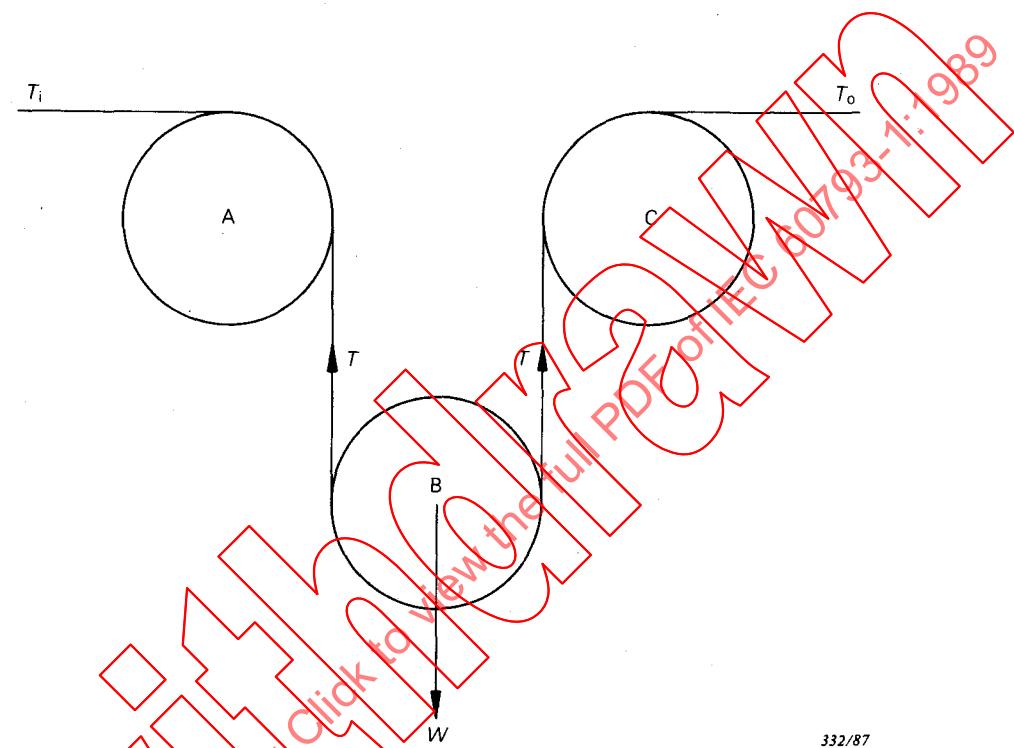


FIG. 7. – Constant stress proof test apparatus.

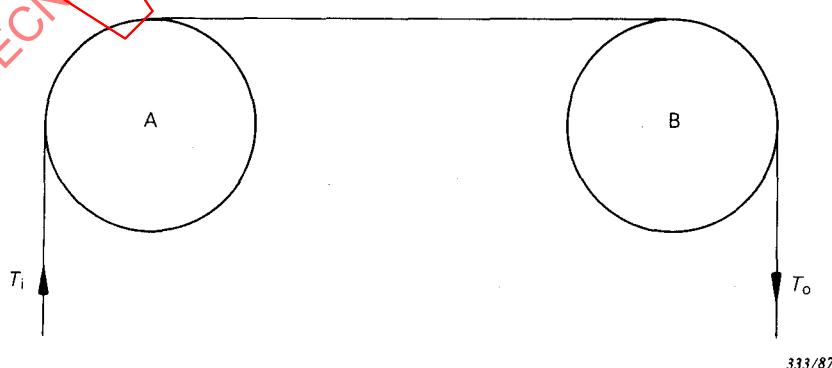


FIG. 8. – Constant strain proof test apparatus.

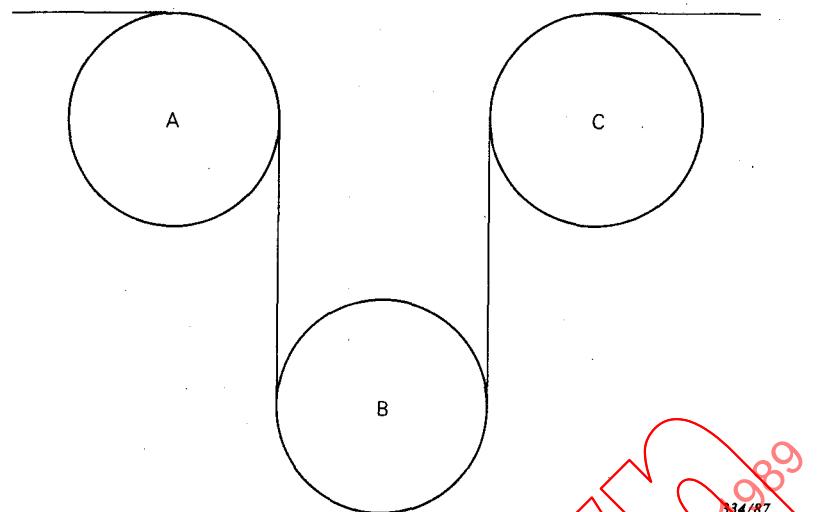


FIG. 9. – Appareillage d'essai sous effort de courbure constant.

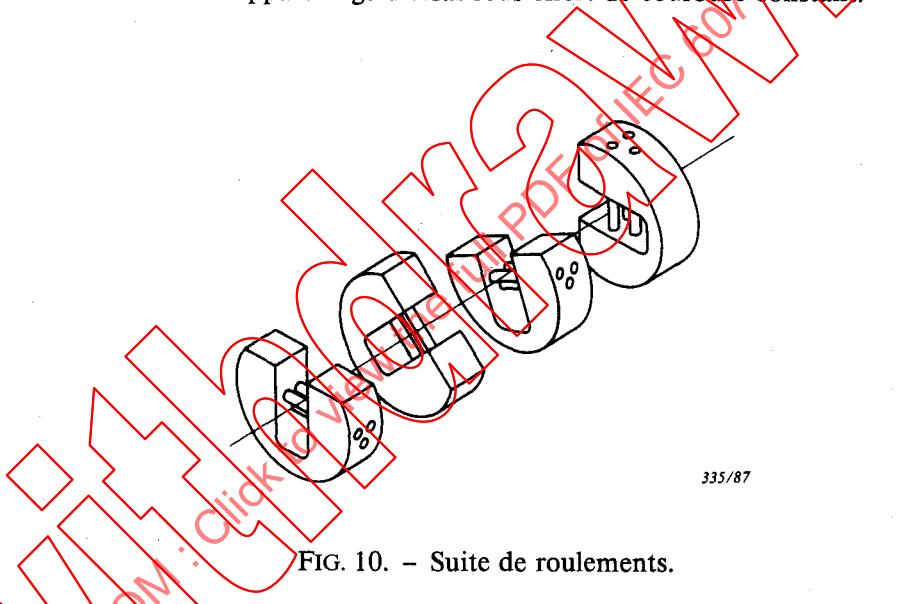


FIG. 10. – Suite de roulements.

23. Méthode CEI 793-1-B2A – Résistance à la traction de courtes longueurs de fibres optiques

23.1 *Objet*

L'essai donne des valeurs de charge à la rupture de courtes longueurs de fibres optiques. La distribution de ces valeurs de charge à la rupture pour une fibre donnée dépend étroitement de la longueur des échantillons, de la vitesse d'application de la force et des conditions d'environnement. Cet essai s'applique au contrôle de recette lorsque des données statistiques sur la résistance des fibres sont demandées. Il convient que les résultats soient présentés sous forme d'une distribution statistique de contrôle de qualité. Habituellement, l'essai est réalisé après un conditionnement en température et humidité de l'échantillon. Dans certains cas, la mesure des valeurs à température et humidité ambiantes est suffisante.

23.2 *Préparation des échantillons*

Les échantillons d'une longueur à essayer allant jusqu'à 1 m doivent être préparés.

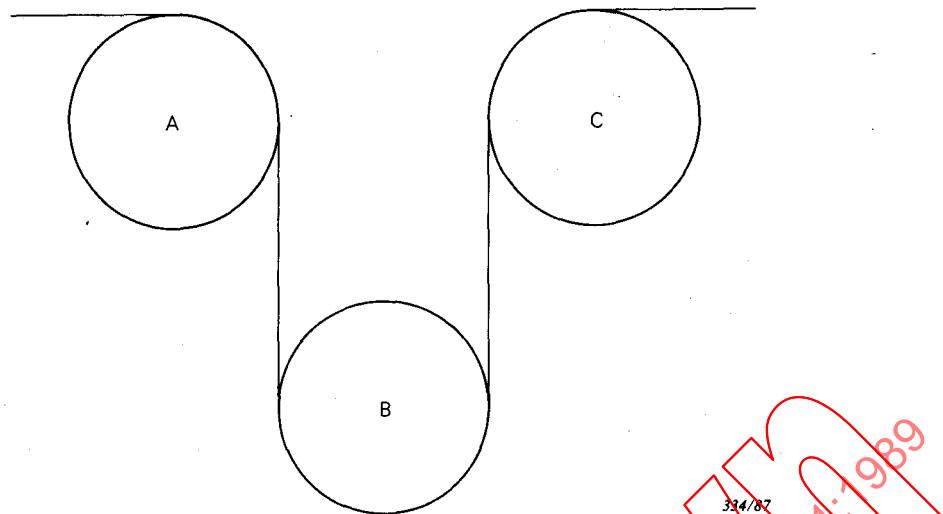


FIG. 9. – Constant bending strain test apparatus.

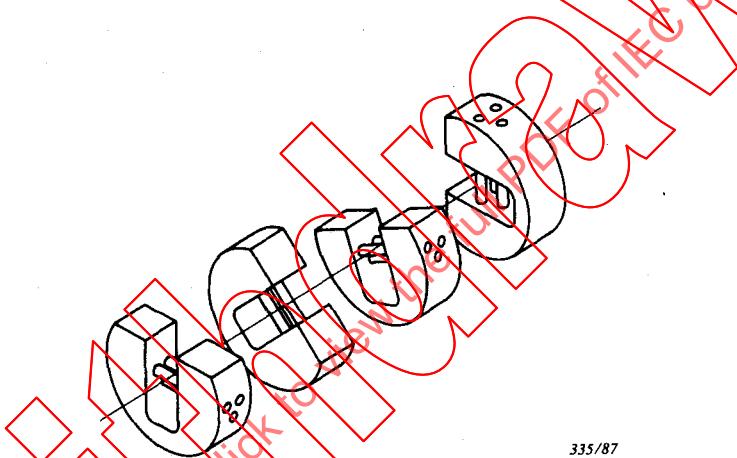


FIG. 10. – Multiple rollers.

23. Method IEC 793-1-B2A – Tensile strength for short lengths of optical fibres

23.1 Object

The test will give values of the tensile strength of short lengths of optical fibre. The distribution of the tensile strength values of a given fibre strongly depends on the sample length, loading velocity and environmental conditions. The test shall be for inspection where statistical data on fibre strength are required. The results should be reported by means of statistical quality control distribution. Normally the test is carried out after temperature and humidity conditioning of the sample. In some cases it may be sufficient to measure the values at ambient temperature and humidity conditions.

23.2 Sample preparation

Samples shall be prepared such that the length under test will be up to 1 m.

23.3 Appareillage

On doit utiliser une machine de traction appropriée, munie de dispositifs d'accrochage de l'échantillon ne créant pas de dommages et évitant le glissement. La vitesse de traction par minute aura une valeur de l'ordre de 3% à 5% de la longueur de l'échantillon.

Note. – La machine de traction peut être à axe vertical ou horizontal. Le dispositif d'accrochage des fibres peut être réalisé au moyen de tambours à pinces ou par d'autres moyens appropriés.

23.4 Conditionnement (facultatif, voir spécification particulière)

Si imposé, les échantillons peuvent être conditionnés dans un bain d'eau à une température de 20°C ou dans une chambre climatique (avec, par exemple, une température contrôlée de 23°C et une humidité relative de 95%). Le temps de conditionnement ne doit pas être en principe inférieur à 24 h.

23.5 Procédure

Essai A (sans conditionnement):

L'échantillon doit être placé dans une machine de traction de telle manière que la longueur libre entre les mâchoires puisse aller jusqu'à 1 m. La vitesse de traction est donnée par la spécification particulière.

Essai B (avec conditionnement):

L'essai doit débuter dans les 5 min qui suivent la sortie de l'échantillon du dispositif de conditionnement, en suivant la même procédure que pour l'essai A.

23.6 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Longueur calibrée.
- Type de fixation.
- Vitesse de traction.
- Humidité relative et température ambiante.
- Identification de la fibre.
- Longueur des échantillons.
- Valeur de la charge à la rupture. La valeur de la charge pour laquelle la fibre se casse doit être donnée comme charge à la rupture de la fibre.
- A titre de référence, le graphique de qualité pour une même catégorie de fibre pourra être donné, par exemple sous forme d'une distribution de Weibull. Le degré de confiance de la courbe de distribution dépend de la longueur totale de fibre essayée ainsi que de la longueur des échantillons.

Note. – En cas de fracture près des mâchoires (par exemple 10 mm à 15 mm), il convient que la valeur ne soit pas prise en compte dans la distribution statistique de contrôle de qualité, mais soit notée séparément.

24. Méthode CEI-XXX-B2B – Résistance à la traction pour de grandes longueurs de fibres optiques

A l'étude.

25. Méthode CEI XXX-B3 – Courbure

A l'étude.

23.3 Apparatus

A suitable tensile machine shall be used with clamping devices which avoid the damaging and slipping of the sample. The pulling speed should be about 3%–5% of the sample length per minute.

Note. – The tensile machine may have a vertical or a horizontal pulling direction. The fibre clamping can be achieved by using chuck drums or other suitable means.

23.4 Conditioning (optional, see detail specification)

If required the samples can be conditioned in a bath of tap water with a temperature of 20°C or in a climate chamber (with for example a controlled temperature of 23°C and a relative humidity of 95%). The conditioning time should be not less than 24 h.

23.5 Procedure

Test A (without conditioning):

The sample shall be placed in a tensile machine in such a way that the free length between the jaws is up to 1 m. The speed is given in the fibre detail specification.

Test B (with conditioning):

The test shall be started within 5 min after removing the sample from the conditioning device under the same procedure as described in test A.

23.6 Results

The following data shall be presented:

- Gauge length.
- Type of clamping fixtures.
- Pulling speed.
- Relative humidity and ambient temperature.
- Fibre identification.
- Length of sample.
- Strength values: the strain value under which the fibre breaks shall be reported as the strength of the fibre.
- As a reference, the quality distribution of the same category should also be reported, for example by means of a Weibull distribution. The relevance of the distribution plot depends on the total length of fibre tested as well as the lengths of the test samples.

Note. – In the case of fracture near the clamping region (for example 10 mm to 15 mm) the value should not be incorporated in the statistical quality control distribution but should be reported separately.

24. Method IEC XXX-B2B – Tensile strength for long lengths of optical fibres

Under consideration.

25. Method IEC XXX-B3 – Bending

Under consideration.

26. Méthode CEI XXX-B4 – Abrasion

A l'étude.

27. Méthode CEI XXX-B5 – Examen visuel

A l'étude.

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

28. Objet

Les méthodes de mesure s'appliquent aux mesures pratiques de transmission et de paramètres optiques d'une fibre optique. Elles doivent être utilisées pour le contrôle de fibres et de câbles dans des relations commerciales.

Les caractéristiques optiques et de transmission des fibres optiques doivent être vérifiées en exécutant des essais choisis parmi ceux indiqués dans le tableau IV. Les essais appliqués et les critères d'acceptation doivent être conformes à la spécification particulière.

TABLEAU IV

Caractéristiques optiques et de transmission des fibres optiques

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 793-1-C1A CEI 793-1-C1B CEI 793-1-C1C	Méthode de la fibre coupée Méthode des pertes d'insertion Technique de rétrodiffusion	Affaiblissement
CEI 793-1-C2A CEI 793-1-C2B	Réponse impulsionnelle Réponse fréquentielle	Réponse en bande de base
CEI 793-1-A1 CEI 793-1-A2	Champ proche réfracté Répartition de la lumière en champ proche	Profil d'indice de réfraction Ouverture numérique théorique maximale
CEI 793-1-C1C	Technique de rétrodiffusion	Lumière rétrodiffusée
CEI XXX-C3	Sensibilité aux microcourbures (pour examen ultérieur)	Sensibilité aux microcourbures
CEI 793-1-C4 CEI 793-1-C1C	Energie lumineuse transmise ou rayonnée Technique de rétrodiffusion	Continuité optique
CEI 793-1-C5A CEI 793-1-C5B	Déphasage Retard d'impulsion	Dispersion totale
CEI 793-1-C6	Répartition de la lumière en champ lointain	Ouverture numérique Angle d'admission de la lumière
CEI 793-1-C7A CEI 793-1-C7B	Puissance transmise Technique du diamètre du champ de mode en fonction de la longueur d'onde	Longueur d'onde de coupure
CEI XXX-C8	Dispersion modale (pour examen ultérieur)	Dispersion modale

26. Method IEC XXX-B4 – Abrasion

Under consideration.

27. Method IEC XXX-B5 – Visual inspection

Under consideration.

SECTION FOUR – MEASURING METHODS FOR TRANSMISSION AND OPTICAL CHARACTERISTICS

28. Object

The measuring methods apply to the practical measurement of transmission and optical parameters of an optical fibre. The methods are to be used for inspection of fibres and cables for the sake of trade and commerce.

The transmission and optical characteristics of optical fibres shall be verified by carrying out the selected tests from those shown in Table IV. The tests applied and acceptance criteria shall be as specified in the detail specification.

TABLE IV
Transmission and optical characteristics of optical fibres

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 793-1-C1A IEC 793-1-C1B IEC 793-1-C1C	Cut-back technique Insertion loss technique Backscattering technique	Attenuation
IEC 793-1-C2A IEC 793-1-C2B	Impulse response Frequency response	Baseband response
IEC 793-1-A1 IEC 793-1-A2	Refracted near field Near field light distribution	Refractive index profile Maximum theoretical numerical aperture
IEC 793-1-C1C	Backscattering technique	Backscattered light
IEC XXX-C3	Microbending sensitivity (for future consideration)	Microbending sensitivity
IEC 793-1-C4 IEC 793-1-C1C	Transmitted or radiated light power Backscattering technique	Optical continuity
IEC 793-1-C5A IEC 793-1-C5B	Phase shift Pulse delay	Total dispersion
IEC 793-1-C6	Far field light distribution	Numerical aperture Light acceptance angle
IEC 793-1-C7A IEC 793-1-C7B	Transmitted power technique Mode field diameter versus wavelength technique	Cut-off wavelength
IEC XXX-C8	Modal dispersion (for future consideration)	Modal dispersion

TABLEAU IV (*suite*)

Méthode d'essai	Essai	Caractéristiques faisant l'objet de la méthode d'essai
CEI 793-1-C9A CEI 793-1-C9B	Décalage transversal Champs transmis	Diamètre du champ de mode Diamètre du champ de mode Erreurs de concentricité
CEI 793-1-C10A CEI 793-1-C10B	Contrôle en puissance transmise Contrôle en rétrodiffusion	Modification de la transmission optique durant les essais mécaniques et d'environnement

Notes 1. – La dispersion totale est souvent connue comme la dispersion chromatique totale.

2. – Si la méthode CEI 793-1-C1A est utilisée pour la mesure des fibres unimodales, les conditions d'injection utilisées devront être suffisantes pour exciter le mode fondamental et le filtre de mode ne devra pas propager les modes d'ordres plus élevés.

29. Affaiblissement

Les essais d'affaiblissement sont prévus pour fournir un moyen par lequel un certain affaiblissement linéaire peut être attribué à une longueur de fibre de telle façon que les valeurs individuelles de l'affaiblissement puissent être ajoutées les unes aux autres afin de déterminer l'affaiblissement total de longueurs raccordées. En variante, une valeur de l'affaiblissement pour une fibre donnée dans des conditions spécifiées peut être indiquée sans faire référence aux longueurs raccordées.

30. Définitions opérationnelles

L'affaiblissement $A(\lambda)$ pour une longueur d'onde λ entre deux sections, 1 et 2, d'une fibre séparée par une distance L est défini comme suit:

$$A(\lambda) = \left| 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \right| \text{ (dB)}$$

où P_1 est la puissance optique traversant la section 1, et P_2 la puissance optique traversant la section 2. Pour une fibre homogène dans les conditions d'équilibre, il est possible de définir l'affaiblissement par unité de longueur ou l'affaiblissement linéique:

$$a(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{L} \text{ (dB) } (\text{unité de longueur})^{-1}$$

qui est indépendant de la longueur choisie de la fibre.

31. Description des méthodes de mesure de l'affaiblissement

Trois méthodes sont suggérées pour les mesures d'affaiblissement:

a) Méthode de la fibre coupée

Cette méthode est l'application directe de la définition de l'affaiblissement, où les niveaux de puissance P_1 et P_2 sont mesurés à deux points des fibres sans modification des conditions d'entrée. P_2 est la puissance émise à la fin du guide et P_1 celle qui est émise près de l'entrée après coupure de la fibre.

TABLE IV (*continued*)

Test method	Test	Characteristics covered by test method
IEC 793-1-C9A IEC 793-1-C9B	Transverse offset technique Transmitted fields technique	Mode field diameter Mode field diameter Concentricity errors
IEC 793-1-C10A IEC 793-1-C10B	Transmitted power monitoring Backscattering monitoring	Change of optical transmittance during mechanical and environmental tests

Notes 1. – Total dispersion is often known as total chromatic dispersion.

2. – If method IEC 793-1-C1A is used for measurement with single-mode fibres, the launching conditions used must be sufficient to excite the fundamental mode and the mode filter must not propagate the higher order modes.

29. Attenuation

The attenuation tests are intended to provide a means whereby a certain attenuation coefficient value may be assigned to a fibre length such that individual attenuation values may be added together to determine the total attenuation of the concatenated lengths. Alternatively an attenuation value for a specific fibre under specific conditions may be specified without reference to concatenated lengths.

30. Operational definitions

The attenuation $A(\lambda)$ at wavelength λ between two cross-sections 1 and 2 separated by distance L of a fibre is defined as:

$$A(\lambda) = | 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} | \text{ (dB)}$$

where P_1 is the optical power traversing the cross-section 1 and P_2 is the optical power traversing the cross-section 2. For a uniform fibre under equilibrium conditions, it is possible to define the attenuation per unit length, or the attenuation coefficient:

$$a(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{L} \text{ (dB) } (\text{unit length})^{-1}$$

which is independent of the chosen length of the fibre.

31. Description of attenuation measuring techniques

Three methods are suggested for attenuation measurements:

a) Cut-back technique

The cut-back technique is a direct application of the definition of attenuation, in which the power levels P_1 and P_2 are measured at two points of the fibres without change of input conditions. P_2 is the power emerging from the end of the guide and P_1 is the power emerging from a point near the input after cutting the fibre.

b) Méthode des pertes d'insertion

Cette méthode est en principe similaire à la méthode de la fibre coupée, mais P_1 est la puissance émise à la sortie du système d'injection. L'affaiblissement mesuré est la somme de celui de la longueur de fibre insérée et de celui qui est dû au raccordement entre système d'injection et fibre en essai. Il est nécessaire de corriger le résultat en fonction des pertes de raccordement.

c) Technique de rétrodiffusion

Cette méthode est un procédé indirect de mesure de l'affaiblissement en mesurant les puissances rétrodiffusées qui traversent deux sections droites de la fibre.

Note. – La méthode de la fibre coupée est généralement reconnue comme fournissant des résultats précis. Dans de nombreuses situations, sa nature destructive est un inconvénient.

32. Méthode CEI 793-1-C1A – Méthode de la fibre coupée

32.1 Conditions d'injection

Les conditions d'injection présentent une importance majeure pour parvenir aux objectifs fixés. Elles doivent permettre d'approcher la répartition des modes à l'équilibre (RME) que l'on considère comme présente lorsque la répartition de puissance à la sortie de la fibre est pratiquement indépendante de la longueur de celle-ci.

32.1.1 Techniques d'injection

La figure 11, page 68, présente un montage type pour réaliser l'injection de la RME.

32.1.2 Extracteur de modes de gaine

L'extracteur de modes de gaine assure qu'aucun des modes de rayonnement, se propageant dans la zone de gaine, ne pourra être détecté après une courte distance sur la longueur de la fibre.

32.1.3 Filtre de modes

Le filtre de modes, qui prend parfois la forme d'un mandrin autour duquel la fibre à essayer est enroulée, doit garantir la production d'une répartition suffisamment proche de la RME quand la fibre a été saturée à l'injection à l'extrémité d'entrée.

32.1.4 Brouilleur de modes

Le brouilleur de modes doit comporter un arrangement de fibre approprié (par exemple une séquence saut-gradient-saut ou une technique de courbure).

Note. – Des dispositifs optiques appropriés peuvent être employés pour produire directement à l'extrémité d'entrée de la fibre en essai une répartition proche de la RME. Dans certains cas, un dispositif unique est employé pour l'exécution des trois fonctions de la figure 11.

b) Insertion loss technique

The insertion loss technique is in principle similar to the cut-back technique, but P_1 is the power emerging from the output of the launching system. The measured attenuation is the sum of the attenuation of the inserted length of fibre and the attenuation caused by the connection between launching system and the fibre under test. It is necessary to correct the result for connection losses.

c) Backscattering technique

The backscattering technique is an indirect way of measuring the attenuation by the measurement of the backscattered powers traversing two cross-sections of the fibre.

Note. – The cut-back technique is generally recognized as yielding accurate results. In many situations its destructive nature is a disadvantage.

32. Method IEC 793-1-CIA – Cut-back technique

32.1 Launching conditions

The launching conditions are of paramount importance in meeting the stated objectives. Launching conditions should be such as to approximate equilibrium mode distribution (EMD) which is understood to exist when the power distribution of field patterns at the output of the fibre is substantially independent of the length of fibre.

32.1.1 Launching techniques

A generic launching arrangement to achieve the launching of the EMD is shown in Figure 11, page 69.

32.1.2 Cladding mode stripper

The cladding mode stripper ensures that no radiation modes, propagating in the cladding region, will be detectable after a short distance along the fibre.

32.1.3 Mode filter

The mode filter, which sometimes takes the form of a mandrel around which the fibre under test is wound, shall ensure the establishment of a distribution sufficiently close to the EMD if the fibre has been overfilled at the input end.

32.1.4 Mode scrambler

The mode scrambler shall comprise a suitable fibre arrangement (for example a step-graded-step sequence or a bending technique).

Note. – Suitable optical arrangements can be used which produce a distribution close to the EMD directly on the input end of the fibre under test. In some cases a single device is used for the implementation of the three functions of Figure 11.

32.2 Exemple de conditions d'injection

Soit une fibre $50 \mu\text{m}/125 \mu\text{m}$ à gradient d'indice homogène et à faibles pertes, d'ouverture numérique 0,2 et de longueur d'onde de service $0,85 \mu\text{m}^*$. Il est possible d'approcher la répartition d'équilibre des modes si les caractéristiques suivantes sont observées après la coupure de la fibre:

- la largeur à mi-crête de l'intensité du spot lumineux, mesurée en champ proche, est égale à $26 \mu\text{m}$;
- la largeur à mi-crête de l'ouverture numérique, mesurée en champ lointain, est égale à $0,11$.

On suppose que les relevés en champ proche comme en champ lointain sont approximativement gaussiens.

Pour obtenir cet équilibre de la répartition des modes, le montage ci-après peut être employé:

Le faisceau d'injection se matérialise à l'extrémité d'injection de la fibre sous la forme d'une tache lumineuse centrée sur le cœur de la fibre avec un diamètre en champ proche de largeur à mi-crête non inférieur à $70 \mu\text{m}$ et une ouverture numérique en champ lointain de largeur à mi-crête non inférieure à $0,3$ sur le diamètre de $70 \mu\text{m}$ de la tache (pour une fibre d'ouverture numérique maximale théorique de $0,25$).

L'axe du faisceau d'injection coïncide avec celui de la fibre.

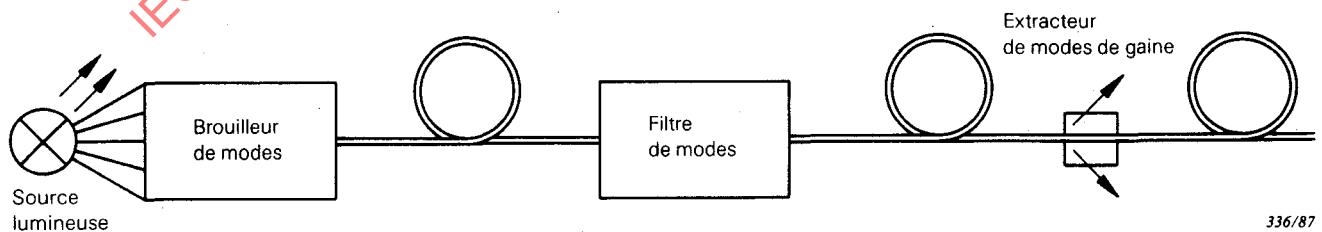
Le brouilleur de modes doit comporter un arrangement de fibre approprié (par exemple une séquence saut-gradient-saut ou une technique de courbure).

Le filtre de modes se présente sous forme d'un mandrin autour duquel la fibre à essayer est enroulée, sans être tendue, sur un segment de 20 mm de longueur du mandrin.

Le diamètre du mandrin peut différer selon la fibre et des valeurs de l'ordre de 18 mm à 22 mm , pour cinq spires de fibre, sont courantes.

Le diamètre exact du mandrin est déterminé par le fournisseur de fibre/câble, de manière que les répartitions de puissance en champ proche et en champ lointain, mesurées à 2 m du filtre de modes et de l'extracteur de modes de gaine, soient identiques à celles que l'on obtient sur une longueur de fibres raccordées à répartition de modes stable (souvent supérieure à 5 km).

L'extracteur de modes de gaine est souvent composé d'un matériau dont l'indice de réfraction est égal ou supérieur à celui de la gaine de la fibre.



336/87

FIG. 11. – Conditions types d'injection.

* Les conditions d'injection pour les autres longueurs d'onde sont à l'étude.

32.2 Example of launching conditions

For a $50 \mu\text{m}/125 \mu\text{m}$ low loss homogeneous graded index fibre with a numerical aperture of 0.2 and operating wavelength of $0.85 \mu\text{m}$ *, an approximation of the equilibrium mode distribution can be achieved if after the cut-back length of the fibre to be measured, the following characteristics are observed:

- the full width half maximum (FWHM) intensity value of the light spot, measured from the near field is $26 \mu\text{m}$;
- the full width half maximum value of the numerical aperture measured from the far field is 0.11.

Both near field and far field patterns are assumed to be approximately Gaussian.

To obtain this equilibrium of the modal distribution the following arrangement can be used:

The launch beam is incident on the launch end of the fibre in the form of a spot, centrally located on the fibre core with the near field FWHM intensity not less than $70 \mu\text{m}$ and the far field FWHM numerical aperture not less than 0.3 across the central $70 \mu\text{m}$ of the spot (for a fibre with a theoretical maximum numerical aperture of 0.25).

The axis of the launch beam is coincident with the axis of the fibre.

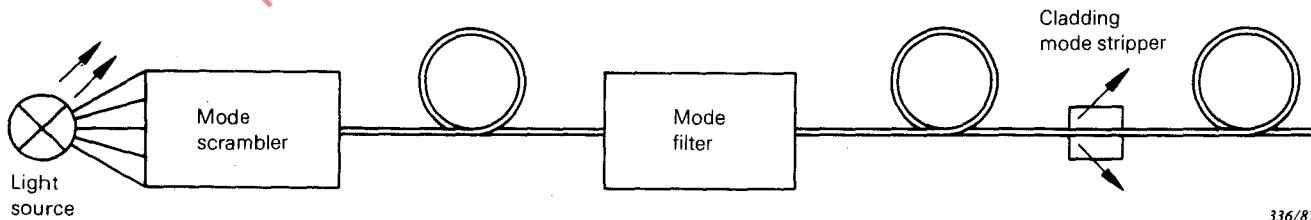
The mode scrambler shall comprise a suitable fibre arrangement (for example a step-graded-step sequence or a bending technique).

The mode filter takes the form of a mandrel around which the fibre under test is wound, with low tension and within a 20 mm length of the mandrel.

The diameter of the mandrel may differ from fibre to fibre and values in the range 18 mm to 22 mm, with five turns of fibre, are common.

The exact diameter of the mandrel is determined by the fibre/cable supplier such that the near field and far field patterns from 2 m of fibre following the mode filter and cladding mode stripper, are the same as those obtained from a stable mode distribution length of fibre of jointed fibres (often greater than 5 km).

The cladding mode stripper often consists of a material having a refractive index equal to or greater than that of the fibre cladding.



336/87

FIG. 11. – Generic launching arrangement.

* Launching conditions for other wavelengths are under discussion.

32.3 Appareillage

a) Les mesures peuvent être effectuées à une ou plusieurs longueurs d'onde. En variante, une réponse spectrale peut être exigée pour toute une gamme de longueurs d'onde. Les figures 12 et 13, page 72, donnent des schémas de montages d'essai appropriés.

b) Source optique

Une source de rayonnement adaptée doit être utilisée, telle que lampe, laser ou diode électroluminescente. Le choix de la source dépend du type de mesure. La source doit être stable en position, en intensité et en longueur d'onde pendant une période suffisamment longue pour terminer le processus de mesure. La largeur de raie spectrale (entre les points à 10% d'intensité optique de la source employée) doit être spécifiée de telle manière qu'elle soit étroite par rapport à toute caractéristique d'affaiblissement spectral de la fibre. Celle-ci doit être alignée sur le cône d'injection ou raccordée coaxialement à une fibre d'injection.

c) Détecteur optique

Une grande surface détectrice doit être utilisée, de telle façon que tout le rayonnement du ou des cônes de sortie soit intercepté. La réponse spectrale doit être compatible avec les caractéristiques spectrales de la source. La détection doit être homogène et avoir des caractéristiques linéaires.

d) Traitement du signal

Il est d'usage de moduler la source lumineuse afin d'améliorer le rapport signal sur bruit à la réception. Si un tel procédé est adopté, le détecteur doit être relié à un système de traitement du signal synchronisé avec la fréquence de modulation de la source. Le système de détection devra en principe être pratiquement linéaire ou avoir des caractéristiques connues.

e) Extracteur de modes de gaine

Des techniques convenables doivent être employées pour supprimer la puissance optique se propageant dans la gaine, si cela exerce une influence notable sur le signal reçu.

32.4 Procédure

- a) La fibre en essai est montée sur le dispositif de mesure. La puissance de sortie P_2 est enregistrée.
- b) Les conditions d'injection étant maintenues fixes, la fibre est coupée à la longueur voulue (par exemple à 2 m du point d'injection). La puissance de sortie P_1 est enregistrée pour la longueur de la fibre coupée.
- c) L'affaiblissement de la fibre entre les points où P_1 et P_2 ont été mesurées peut être calculé d'après la définition de P_1 et P_2 .

32.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Type de mesure et caractéristiques.
- Technique d'injection.
- Disposition du montage d'essai.
- Humidité relative et température ambiante (lorsque nécessaire).
- Identification de la fibre.
- Longueur d'onde et largeur spectrale de la source.
- Longueur de l'échantillon et longueur coupée.
- Affaiblissement mesuré (pour l'échantillon) à la longueur d'onde choisie, exprimé en décibels. Il peut être exigé, dans la spécification particulière, que la valeur obtenue en décibels soit convertie en affaiblissement linéique (dB/km).

32.3 Apparatus

a) Measurements may be made at one or more wavelengths. Alternatively a spectral response may be required over a range of wavelengths. Diagrams of suitable test arrangements are shown as examples in Figures 12 and 13, page 73.

b) Optical source

A suitable radiation source shall be used, such as a lamp, laser or light emitting diode. The choice of source depends upon the type of measurement. The source must be stable in position, intensity and wavelength over a time period sufficiently long to complete the measurement procedure. The spectral line width (between the 10% optical intensity power points of the sources used) shall be specified such that the line width is narrow compared with any features of the fibre spectral attenuation. The fibre shall be aligned to the launch cone, or connected coaxially to a launch fibre.

c) Optical detector

A large area detector shall be used so that all of the radiation in the output cone(s) is intercepted. The spectral response shall be compatible with the spectral characteristics of the source. The detection must be uniform and the detection must have linear characteristics.

d) Signal processing

It is customary to modulate the light source in order to improve the signal-to-noise ratio at the receiver. If such a procedure is adopted, the detector shall be linked to a signal processing system synchronous with the source modulation frequency. The detecting system should be substantially linear or have known characteristics.

e) Cladding mode stripper

Suitable techniques shall be used to remove optical power propagating in the cladding where this would significantly influence the received signal.

32.4 Procedure

- a) The fibre under test is set in the measurement apparatus. The output power P_2 is recorded.
- b) Keeping the launching conditions fixed, the fibre is cut to the cut-back length (for example, 2 m from the launching point). The output power P_1 from the cut-back length of the fibre is recorded.
- c) The attenuation of the fibre, between the points where P_1 and P_2 have been measured, can be calculated from the definition of P_1 and P_2 .

32.5 Results

The following data shall be presented:

- Measurement type and characteristics.
- Launching technique.
- Test arrangement.
- Relative humidity and ambient temperature (when necessary).
- Fibre identification.
- Wavelength and spectral width of the source.
- Length of sample and the cut-back length.
- Attenuation measured (for the sample) at the selected wavelength, quoted in decibels. The detail specification may require that this shall be converted into the attenuation coefficient (dB/km).

- Pour les mesures de l'affaiblissement spectral, il convient que les résultats soient présentés graphiquement en valeurs d'affaiblissement en fonction de la longueur d'onde.

33. Méthode CEI 793-1-C1B – Méthode des pertes d'insertion

33.1 *Objet*

Cet article décrit le procédé de mesure de l'affaiblissement en utilisant la méthode des pertes d'insertion à titre de variante de méthode d'essai.

33.2 *Conditions d'injection*

Les conditions d'injection requises sont similaires à celles décrites au paragraphe 32.1.

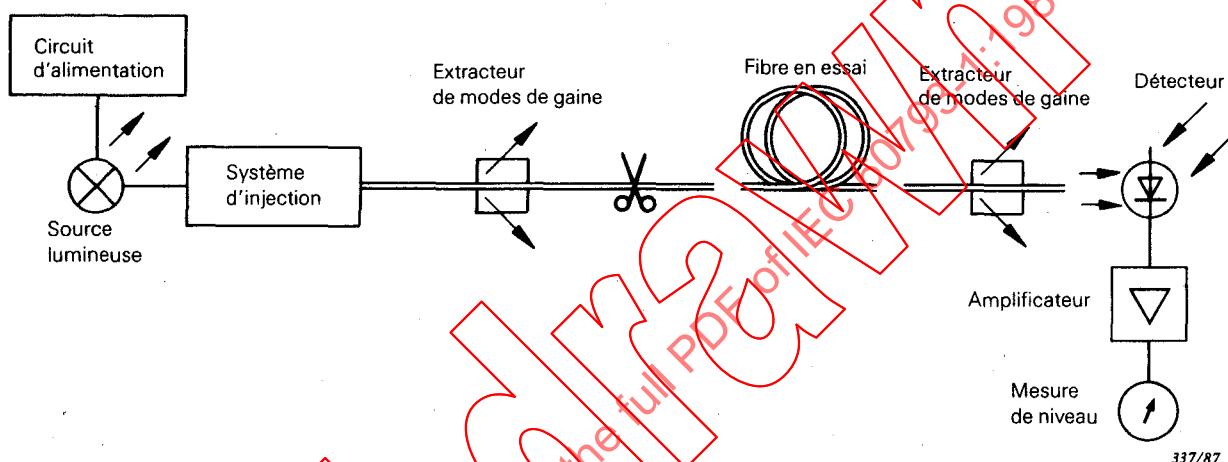


FIG. 12. – Appareillage de mesure de l'affaiblissement à une longueur d'onde spécifiée.

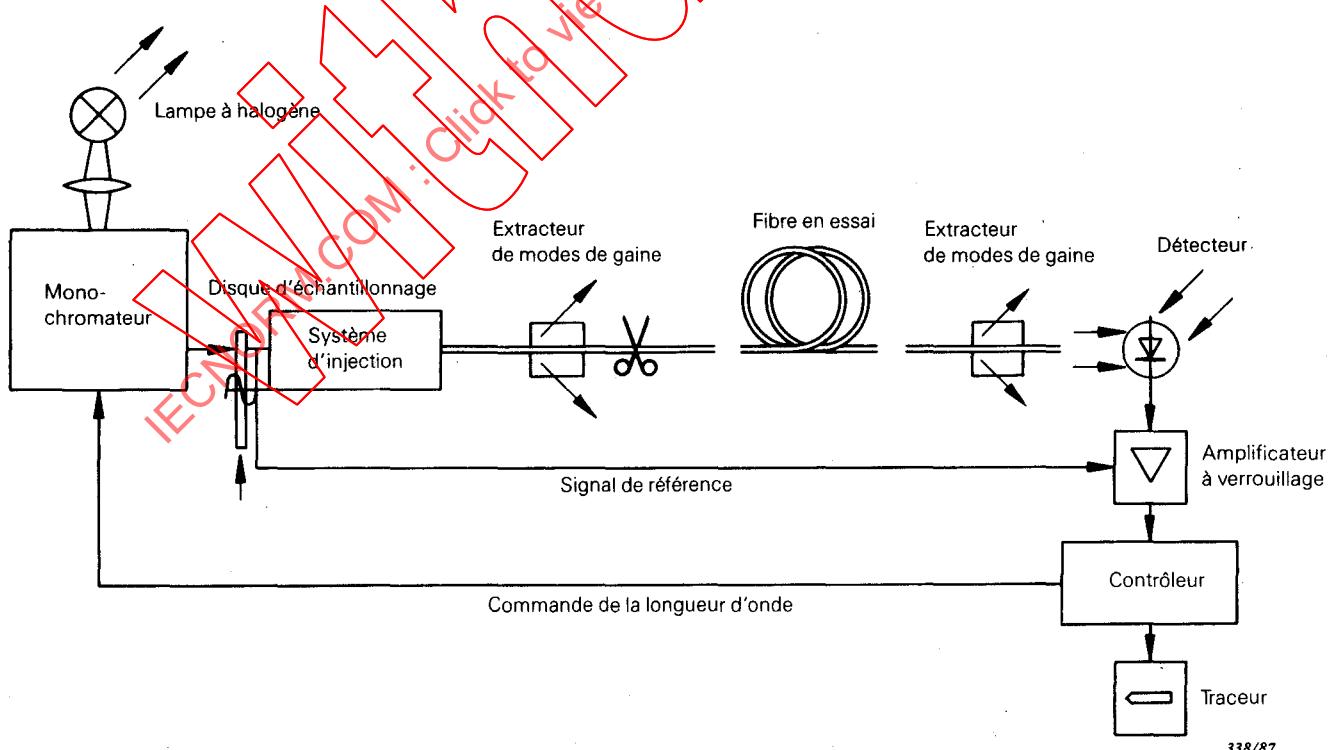


FIG. 13. – Appareillage de mesure de l'affaiblissement spectral.

- For spectral loss measurements the results should be presented as a plot of attenuation against wavelength.

33. Method IEC 793-1-C1B – Insertion loss technique

33.1 Object

This clause describes the procedure for attenuation measurement using the insertion loss method as an alternative test method.

33.2 Launching conditions

The required launching conditions are similar to those described in Sub-clause 32.1.

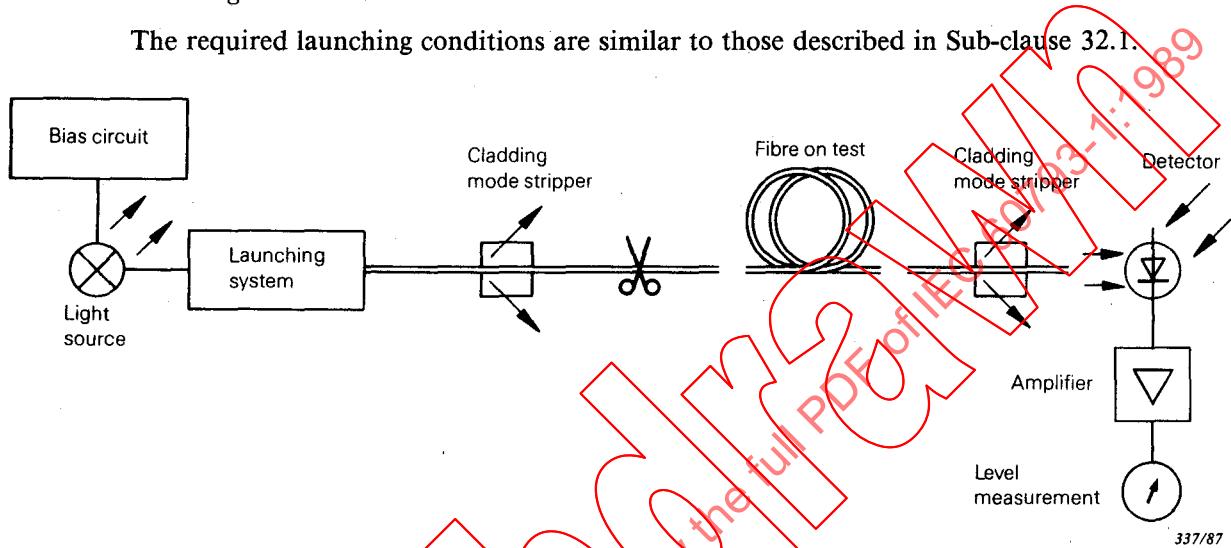


FIG. 12. – Arrangement of test equipment to make loss measurement at one specified wavelength.

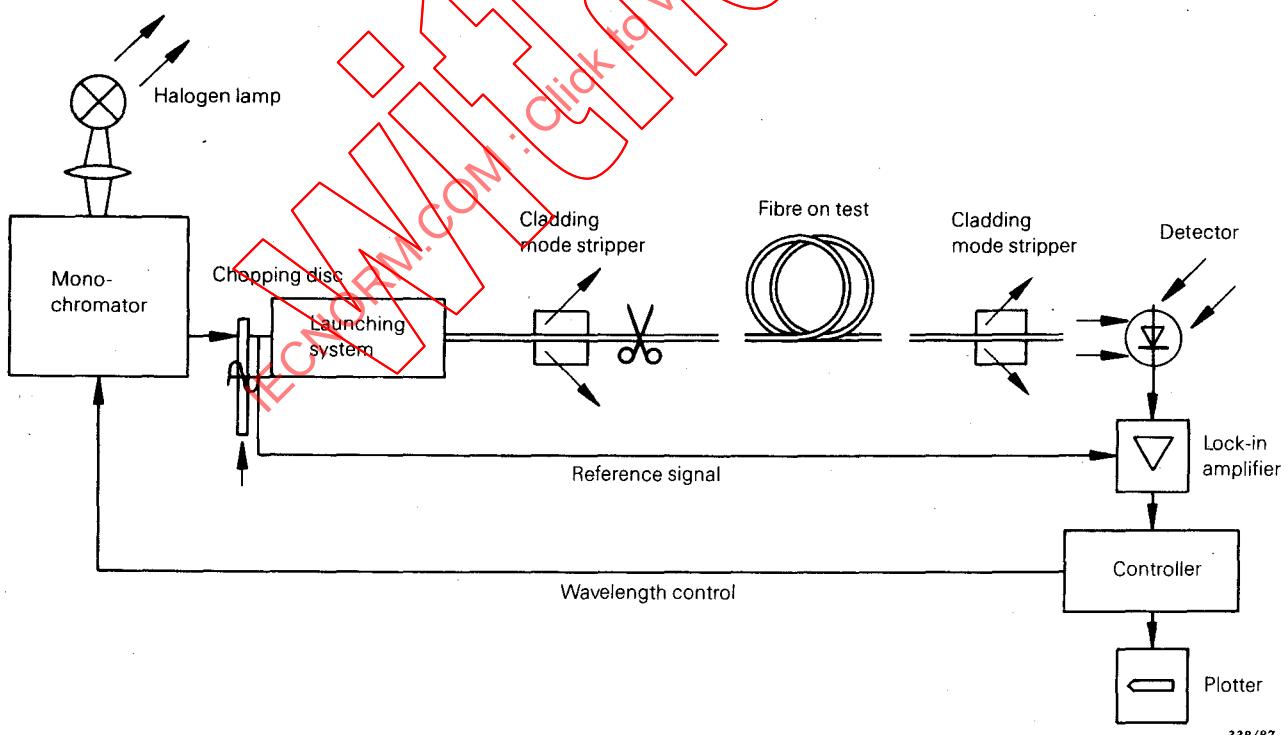


FIG. 13. – Arrangement of test equipment used to obtain the loss spectrum.

33.3 Appareillage

- a) Les mesures peuvent être effectuées à une ou plusieurs longueurs d'onde; en variante, une réponse spectrale peut être prescrite sur toute une gamme de longueurs d'onde. Des schémas de montages d'essai appropriés sont présentés aux figures 14 (étalonnage) et 15 (mesure), page 76.
- b) Source optique
Voir le point b) du paragraphe 32.3.
- c) Détecteur optique
Voir le point c) du paragraphe 32.3.
- d) Traitement du signal
Voir le point d) du paragraphe 32.3.
- e) Extracteur de modes de gaine
Voir le point e) du paragraphe 32.3.
- f) Dispositif de couplage

La méthode des pertes d'insertion exige l'emploi d'un dispositif très précis de couplage fibre à fibre afin de minimiser les pertes dues au couplage et d'assurer des résultats fiables. Ce dispositif de couplage peut être un réglage mécanique contrôlé visuellement ou un connecteur à positionnement cœur à cœur.

33.4 Procédure

- a) Le dispositif de mesure est initialement étalonné afin d'obtenir le niveau de référence d'entrée P_1 .
- b) La fibre en essai est reliée au dispositif de mesure et le couplage est réglé pour obtenir le niveau maximal sur le détecteur optique. La puissance de sortie P_2 est enregistrée.
- c) Un affaiblissement (A_t) est calculé conformément à l'article 30. C'est la somme de l'affaiblissement provenant de la longueur de fibre insérée (A) et de celui qui est dû au raccordement entre le dispositif de couplage et la fibre en essai (A_i). L'affaiblissement de la fibre est donc:

$$A = A_t + A_i$$

33.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Type de mesure et caractéristiques.
- Technique d'injection.
- Disposition du montage d'essai.
- Humidité relative et température de l'échantillon (lorsque nécessaire).
- Identification de la fibre.
- Longueur de l'échantillon.
- Affaiblissement mesuré (pour l'échantillon) à la longueur d'onde choisie.
- Pertes dans le connecteur et leurs tolérances.
- Affaiblissement en décibels: la spécification particulière peut prescrire que cette valeur soit convertie en affaiblissement linéaire (dB/km).
- Pour les mesures de l'affaiblissement spectral, il convient que les résultats soient présentés graphiquement en valeurs d'affaiblissement en fonction de la longueur d'onde.

33.3 Apparatus

- a) Measurements may be made at one or more wavelengths; alternatively, a spectral response may be required over a range of wavelengths. Diagrams of suitable test arrangements are shown as an example in Figures 14 (calibration) and 15 (measurement), page 77.
- b) Optical source
See b) of Sub-clause 32.3.
- c) Optical detector
See c) of Sub-clause 32.3.
- d) Signal processing
See d) of Sub-clause 32.3.
- e) Cladding mode stripper
See e) of Sub-clause 32.3.
- f) Coupling device

The insertion loss technique requires the use of a very precise fibre-to-fibre coupling device to minimize the coupling losses and to ensure reliable results. This coupling device can be a mechanical adjustment visually inspected or a connector with core-to-core positioning.

33.4 Procedure

- a) The measurement arrangement is initially calibrated in order to obtain an input reference level P_1 .
- b) The fibre under test is connected to the measurement apparatus and the coupling adjusted to give a maximum level on the optical detector. The output power P_2 is recorded.
- c) An attenuation (A_t) is calculated according to Clause 30. This attenuation is the sum of the attenuation of the inserted length of fibre (A) and the attenuation caused by the connection between the coupling device and the fibre under test A_i . The attenuation of the fibre therefore is:

$$A = A_t - A_i$$

33.5 Results

The following data shall be presented:

- Measurement type and characteristics.
- Launching technique.
- Test arrangement.
- Relative humidity and temperature of the sample (when necessary).
- Fibre identification.
- Length of the sample.
- Attenuation measured (for the sample) at the selected wavelength.
- Connector loss with its tolerance.
- Attenuation quoted in decibels; the detail specification may require that this shall be converted into the attenuation coefficient (dB/km).
- For spectral loss measurements the results should be presented as a plot of attenuation versus wavelength.

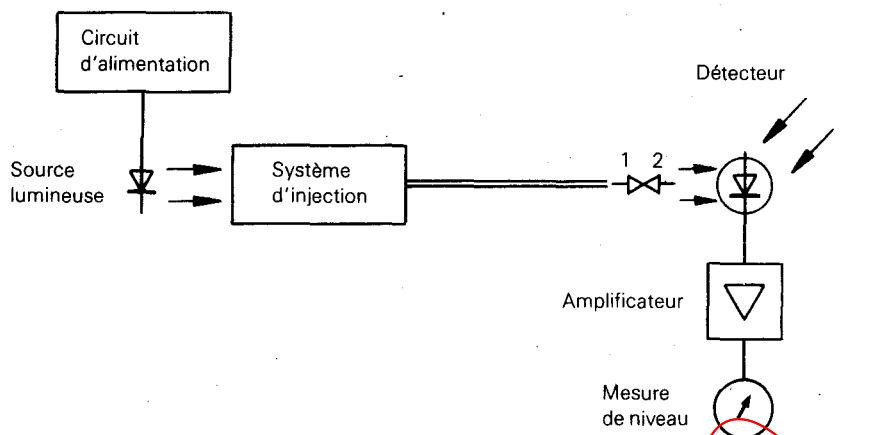


FIG. 14. – Dispositif d'étalonnage de la mesure des pertes d'insertion.

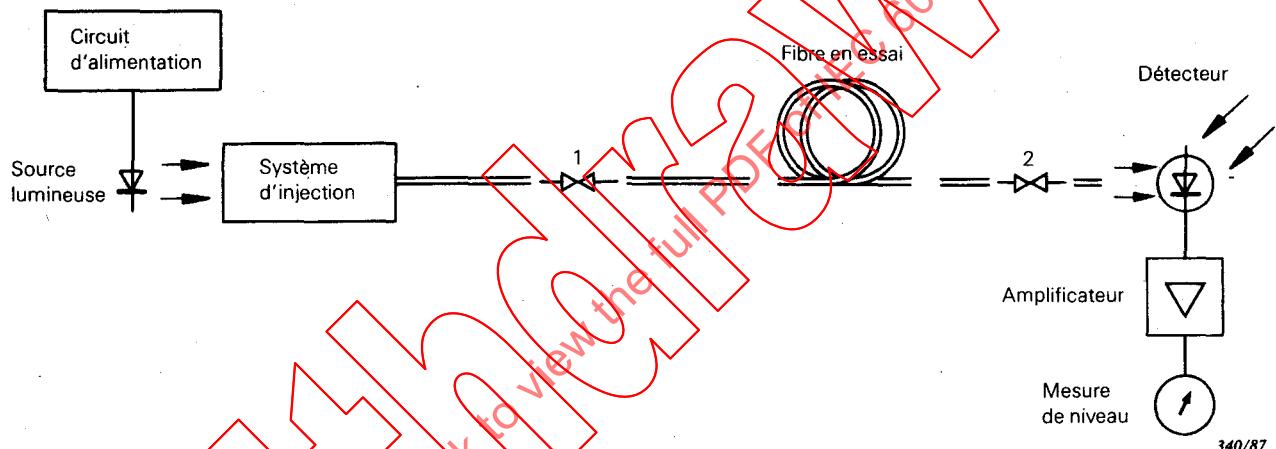


FIG. 15. – Mesure des pertes d'insertion.

34. Méthode CEI 793-1-CIC – Technique de rétrodiffusion

34.1 *Objet*

Cet article décrit la procédure de mesurage de l'affaiblissement d'un échantillon homogène de fibre optique, à l'aide de la technique de rétrodiffusion, à titre de variante de méthode d'essai. Cette technique peut être appliquée pour contrôler la continuité optique, les défauts physiques, les épissures et l'énergie lumineuse rétrodiffusée des fibres optiques et la longueur de la fibre.

34.2 *Conditions d'injection*

Pour la mesure de l'affaiblissement, la technique décrite au paragraphe 32.1 peut être appliquée. Pour les autres contrôles, les conditions d'injection peuvent dépendre des caractéristiques à vérifier. Dans tous les cas, afin de réduire les réflexions de Fresnel à l'entrée de la fibre, divers dispositifs peuvent être employés, tels que polariseurs ou matériaux adaptateurs d'indice. Il convient de minimiser les pertes d'insertion.

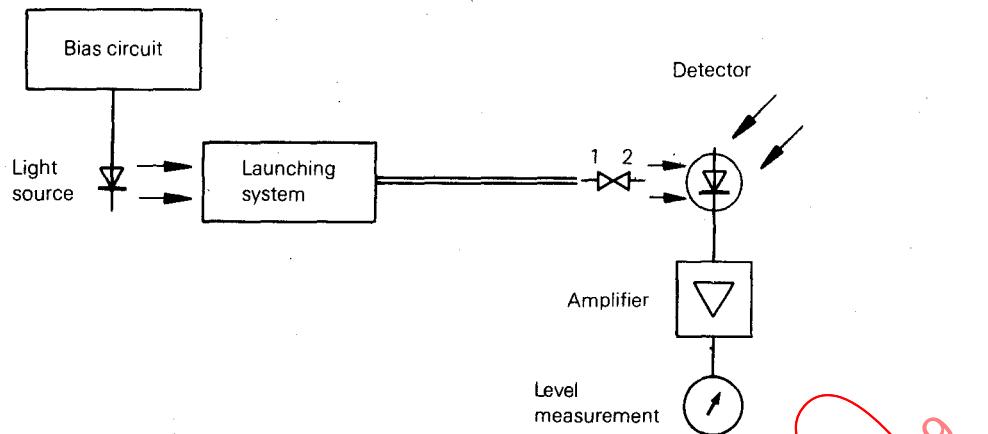


FIG. 14. – Calibration of insertion loss measuring set.

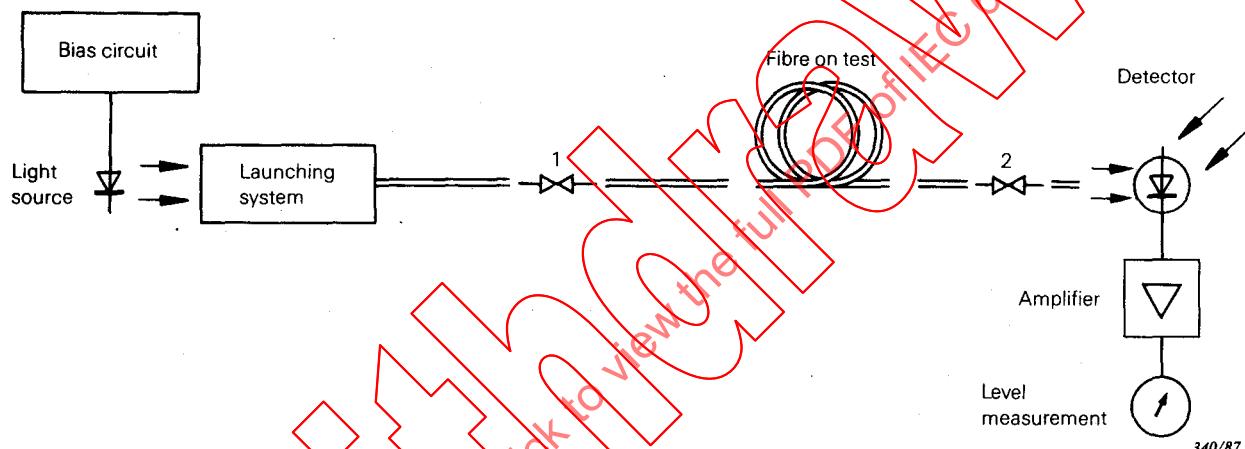


FIG. 15. – Measurement of insertion loss.

34. Method IEC 793-1-C1C – Backscattering technique

34.1 Object

This clause describes the procedure to measure the attenuation of a homogeneous sample of optical fibre, using the backscattering technique as an alternative test method. This technique can be applied to check the optical continuity, physical defects, splices and backscattered light of optical fibres and the length of the fibre.

34.2 Launching conditions

For the attenuation measurement, the technique described in Sub-clause 32.1 can be applied. For the other measurements, the launching conditions may be dependent on the characteristics to be verified. In all cases, in order to reduce the Fresnel reflections on the input of the fibre, various devices could be used such as polarizers or index matching materials. Insertion losses should be minimized.

34.3 Appareillage

a) Généralités

Le niveau du signal optique rétrodiffusé est normalement petit et voisin du niveau de bruit. Afin d'améliorer le rapport signal sur bruit et la dynamique de mesure, il est donc habituel d'utiliser une source lumineuse à haute puissance en liaison avec un traitement du signal détecté. En outre, une résolution spatiale précise peut exiger le réglage de la largeur d'impulsion afin d'obtenir un compromis entre résolution et énergie d'impulsion. Des précautions spéciales doivent être prises pour réduire au minimum l'influence des réflexions de Fresnel. Les effets optiques non linéaires dans la partie de la fibre en essai doivent également être éliminés.

Un exemple d'appareillage est représenté à la figure 16, page 80.

b) Source optique

Il convient d'utiliser une source optique stable de haute puissance et de longueur d'onde appropriée, telle qu'un laser semi-conducteur. La longueur d'onde de la source doit être notée. La largeur des impulsions et la cadence de celles-ci doivent être compatibles avec la résolution spatiale souhaitée et la longueur de la fibre.

c) Détecteur optique

Un détecteur doit être utilisé de façon que le maximum possible de la puissance réfléchie soit intercepté. La réponse du détecteur doit être compatible avec les niveaux et les longueurs d'onde du signal détecté. Pour les mesures d'affaiblissement, la réponse du détecteur doit être pratiquement linéaire.

d) Traitement du signal

Un traitement du signal est requis pour améliorer le rapport signal sur bruit. Il est souhaitable que le système de détection ait une réponse logarithmique.

Un amplificateur approprié doit suivre le détecteur optique de manière que le niveau du signal soit adéquat pour le traitement. La bande passante de l'amplificateur doit être choisie comme compromis entre la résolution temporelle et la réduction du bruit.

e) Extracteur de modes de gaine

Voir le point e) du paragraphe 32.3.

34.4 Procédure

a) La fibre en essai est alignée avec le dispositif de couplage.

b) La puissance rétrodiffusée est analysée par un système de traitement du signal et enregistrée sur échelle logarithmique. La figure 17, page 82, représente une courbe typique. Pour une interprétation détaillée, voir paragraphe 34.6.

c) Si la courbe enregistrée a une pente approximativement constante (zone b), l'affaiblissement entre deux points A et B de la courbe, correspondant à deux sections droites de la fibre, est:

$$A(\lambda)_{A-B} = \frac{1}{2} (P_A - P_B) \text{ (dB)}$$

où P_A et P_B sont les niveaux de puissance correspondants sur l'échelle logarithmique. L'équation précédente suppose que les coefficients de rétrodiffusion soient égaux aux points A et B.

34.3 Apparatus

a) General

The signal level of the backscattered optical signal is normally small and close to the noise level. In order to improve the signal-to-noise ratio and the dynamic measuring range it is therefore customary to use a high-power light source in connection with a signal processor for the detected signal. Further, accurate spatial resolution may require adjustment of pulse width in order to obtain a compromise between resolution and pulse energy. Special care shall be taken to minimize the Fresnel reflections, optical non-linear effects shall be eliminated in the part of the fibre under test.

An example of apparatus is shown in Figure 16, page 81.

b) Optical source

A stable high-power optical source of an appropriate wavelength shall be used, such as a semiconductor laser. The wavelength of the source shall be noted. The pulse width and repetition rate shall be consistent with the desired spatial resolution and the length of the fibre.

c) Optical detection

A detector shall be used so that the maximum possible backscattered power should be intercepted. The detector response shall be compatible with the levels and wavelengths of the detected signal. For attenuation measurements the detector response shall be substantially linear.

d) Signal processing

Signal processing is required to improve the signal-to-noise ratio, and it is desirable to have a logarithmic response in the detection system.

A suitable amplifier shall follow the optical detector, so that the signal level becomes adequate for the signal processing. The bandwidth of the amplifier shall be chosen as a compromise between time resolution and noise reduction.

e) Cladding mode stripper

See e) of Sub-clause 32.3.

34.4 Procedure

- The fibre under test is aligned to the coupling device.
- Backscattered power is analysed by a signal processor and recorded on a logarithmic scale. Figure 17, page 83, shows such a typical curve. For detailed interpretation see Sub-clause 34.6.
- If the recorded curve has an approximately constant slope (zone b) the attenuation between two points A and B of the curve corresponding to two cross-sections of the fibre is:

$$A(\lambda)_{A-B} = \frac{1}{2} (P_A - P_B) \text{ (dB)}$$

where P_A and P_B are the corresponding power levels given on the logarithmic scale. The above equation assumes the same backscatter coefficients at points A and B.

- d) Si cela est prescrit, des mesures bidirectionnelles peuvent être effectuées, assorties d'un calcul numérique, pour améliorer la qualité du résultat et éventuellement permettre de séparer la décroissance et l'incidence des imperfections.

34.5 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Types de mesure et caractéristiques.
- Technique d'injection.
- Disposition du montage d'essai.
- Humidité relative et température de l'échantillon (si nécessaire).
- Identification de la fibre.
- Longueur de l'échantillon.
- Temps de montée, largeur et fréquence de récurrence de l'impulsion.
- Type de traitement du signal employé.
- Courbe enregistrée sur une échelle logarithmique, indiquant l'affaiblissement de l'échantillon en décibels et, dans certaines conditions, l'affaiblissement linéaire (dB/km).

Note. – L'analyse complète de la courbe enregistrée (figure 17, page 82) montre qu'à l'indépendamment de la mesure de l'affaiblissement de nombreux phénomènes peuvent être vérifiés à l'aide de la technique de rétrodiffusion, tels que:

- réflexions dues au dispositif de couplage à l'extrémité d'entrée de la fibre a);
- discontinuités dues à des défauts locaux, des épissures ou des raccordements c);
- réflexions dues à des défauts diélectriques d);
- réflexion à l'extrémité de la fibre e).

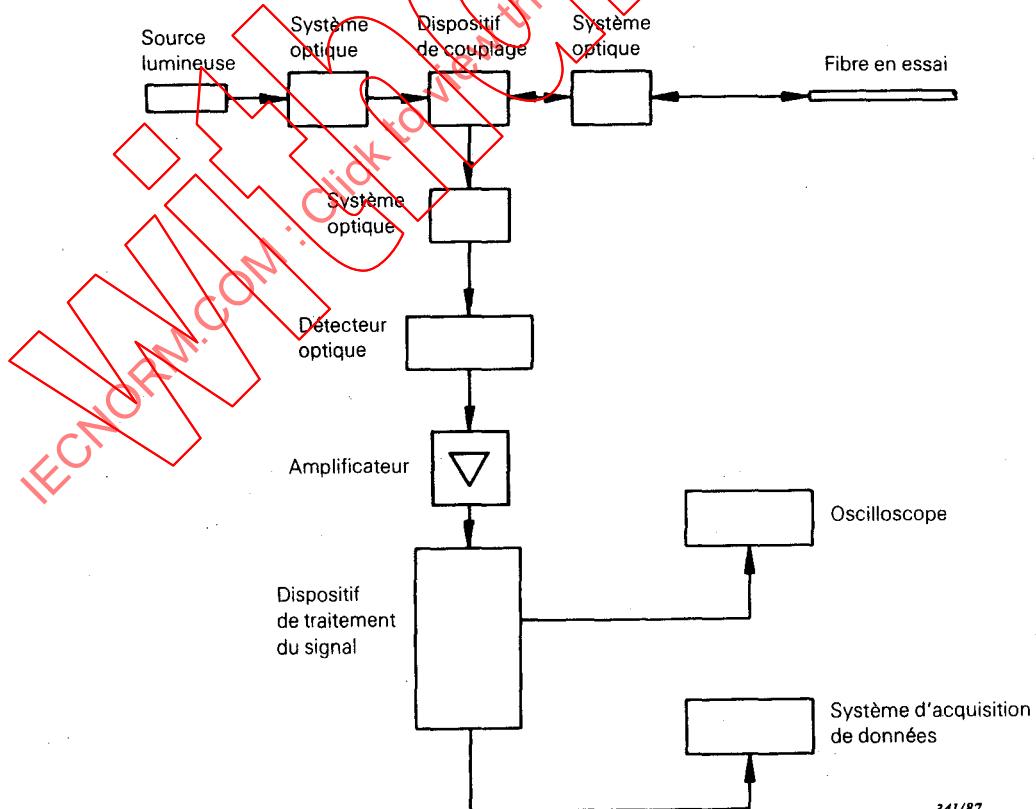


FIG. 16. – Appareillage de rétrodiffusion.

- d) If required, bi-directional measurements can be made, together with numerical computation to improve the quality of the result and possibly to allow the separation of decay from imperfection contribution.

34.5 Results

The following data shall be presented:

- Measurement types and characteristics.
- Launching technique.
- Test arrangement.
- Relative humidity and temperature of the sample (when necessary).
- Fibre identification.
- Length of the sample.
- Rise time, width and repetition rate of the pulse.
- Type of signal processing used.
- The recorded curve on a logarithmic scale, indicating the attenuation of the sample in decibels, and under certain conditions the attenuation coefficient (dB/km).

Note. – The complete analysis of the recorded curve (Figure 17, page 83) shows that, independently of the attenuation measurement, many phenomena can be monitored using the backscattering technique such as:

- reflection originated by the coupling device at the input end of the fibre a);
- discontinuities due to local defects, splices or couplings c);
- reflections due to dielectric defects d);
- reflection at the end of the fibre e).

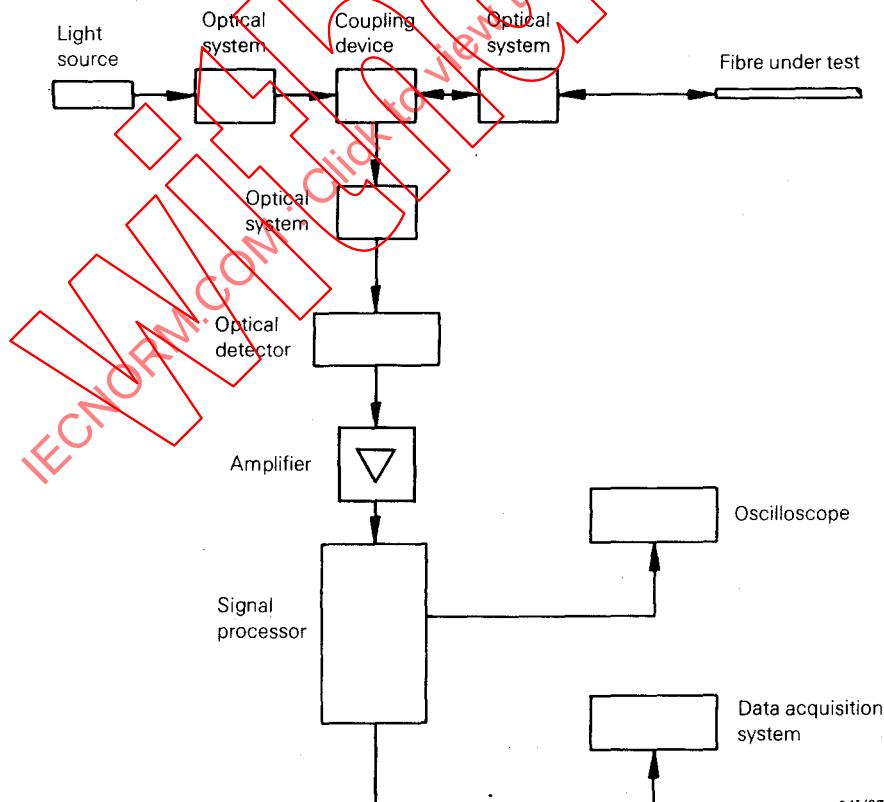


FIG. 16. – Backscattering apparatus.

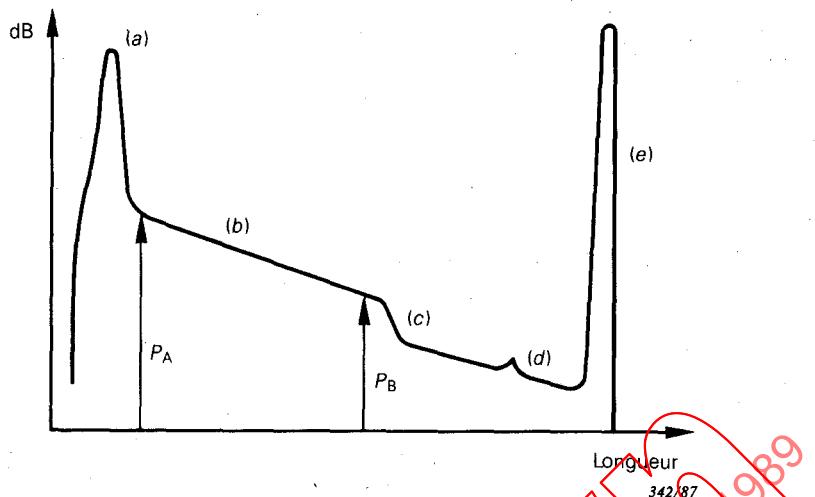


FIG. 17. – Exemple de courbe de puissance rétrodiffusée.

34.6 Guide pour l'interprétation des courbes de rétrodiffusion

34.6.1 Généralités

La technique de la rétrodiffusion est une des plus importantes techniques de mesures à la fois pour les fibres multimodales et pour les fibres unimodales. Cette technique, comparée à d'autres mesures d'affaiblissement, telles que la mesure en perte d'insertion, permet d'obtenir une valeur pour le total des pertes et aussi une analyse de la fibre ou d'une liaison à fibre, sur toute sa longueur.

La technique de la rétrodiffusion ne donne pas seulement les pertes aller mais aussi les pertes retour rencontrées par la lumière réfléchie; de ce fait, la valeur mesurée comprend la valeur de la perte de la fibre et le comportement en diffusion.

En général, cette rétrodiffusion est dépendante de la longueur d'onde: différentes courbes sont relevées lorsque les mesures sont effectuées à différentes longueurs d'ondes.

Ce paragraphe donne le guide d'interprétation de la courbe de rétrodiffusion; comment mesurer l'affaiblissement, comment interpréter les irrégularités, et tenir compte de l'influence d'une variation du facteur de dispersion.

34.6.2 Interprétation des courbes de rétrodiffusion

Partie (a)

La figure 18, page 86, montre une courbe de rétrodiffusion contenant la plupart des phénomènes qui se présentent habituellement. Dans les exemples suivants, l'axe vertical Y est supposé être logarithmique. Ainsi, une courbe de rétrodiffusion ayant une pente constante représente une fibre ayant un coefficient d'affaiblissement constant.

Dans la partie allant de A à B, la courbe de rétrodiffusion présente une pente constante. Ceci met en évidence l'homogénéité de la fibre, et donc, alors que la mesure devrait être faite des deux côtés, il peut être suffisant de l'effectuer d'un seul côté.

L'affaiblissement est calculé entre les deux points A et B, situés à l'extérieur d'éventuelles zones mortes. Lorsque la mesure est faite des deux côtés, la moyenne est l'affaiblissement. Dans ce cas, l'affaiblissement linéique peut aussi être déterminé (voir 34.4 c) et d)).

Note. – Même si la pente sur toute la longueur de la fibre n'est pas strictement constante [(a)-(d)], le comportement de la fibre peut être approché par un calcul des moindres carrés associé avec son coefficient de corrélation.

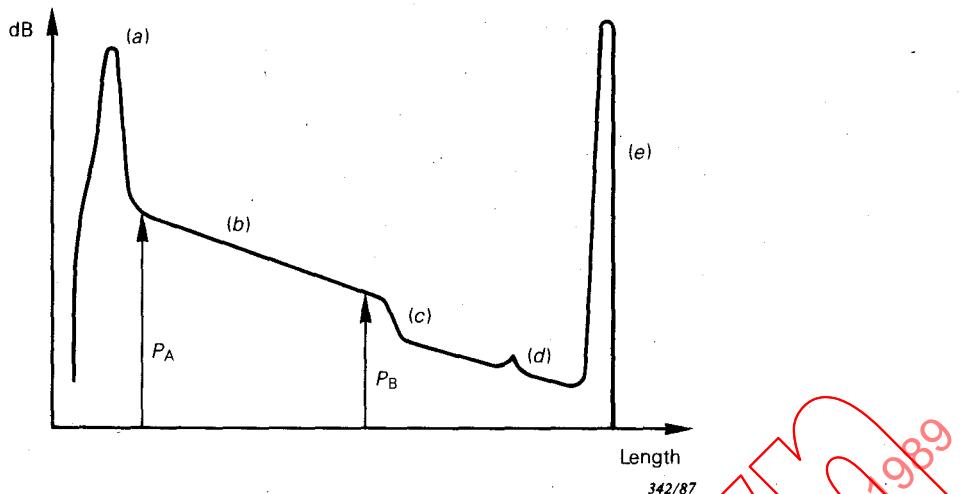


FIG. 17. – Example of curve of backscattered power.

34.6 Guidance on the interpretation of backscatter traces

34.6.1 General

The backscatter technique is one of the most important measurement techniques for both multimode and single-mode fibres. When compared to other attenuation measurements such as insertion loss, it is possible to obtain a single value for the overall loss and also an analysis of the fibre or fibre link over its whole length.

Because the backscatter technique derives not only the forward loss but also the backward loss seen by the backward scattered light, the measured value contains the value of the fibre loss and the scattering behaviour.

In general, this backscattering behaviour is wavelength dependent, resulting in different traces when measured at different wavelengths.

This sub-clause gives guidance for the interpretation of a backscattering trace, how to measure the attenuation, how to interpret irregularities, and how to take into account the influence of changing scattering factor.

34.6.2 Interpretation of backscattering traces

Range (a)

Figure 18, page 87, shows a backscattering trace containing most of the commonly occurring phenomena. In the following examples, the vertical (Y) axis is assumed to be logarithmic. Therefore a backscattering trace having a constant slope represents a fibre having a constant attenuation coefficient.

In the range from A to B, the backscattering trace shows a constant slope. This evidences fibre homogeneity, and therefore, although the measurement should be made from both directions, measurement from one end only may be sufficient.

The attenuation is calculated between the two points A and B, both being outside possible dead zones. When measured from both sides the mean value is the attenuation. In this case the attenuation coefficient can also be determined (see 34.4c) and d)).

Note. – Even if the slope over the full length of the fibre is not strictly constant [(a)–(d)], the behaviour of the fibre can be approximated by an overall mean square calculation together with its correlation coefficient.

Partie (b)

Le saut au point B indique une variation de perte localisée créée par des influences externes, par exemple une épissure, ou des causes internes. Si ce saut est dû à une épissure, le saut peut être positif (b_2) ou négatif (b_1). C'est la sommation de la perte à l'épissure et de la réflexion différente des deux fibres. La mesure doit donc être faite par les deux côtés. La moyenne des deux valeurs indique la perte locale. De plus, pour déterminer exactement le résultat, il est important d'extrapoler les courbes de part et d'autre du point B.

Note. – La longueur du saut est influencée par la largeur de l'impulsion. Si le saut est plus long que celui calculé à partir de la largeur de l'impulsion, le défaut peut être constitué soit par une longueur ayant un affaiblissement plus élevé, soit par plusieurs sauts séparés par une distance plus petite que la résolution permise par la mesure.

Partie (c)

Les irrégularités telles que celles montrées en (c) sur la figure 18, page 86, sont créées par un accroissement aigu de la réflexion. Leur contribution dans l'affaiblissement peut être estimée de la même manière que pour la partie (b) ci-dessus.

Partie (d)

Dans certains cas, la pente de la courbe n'est pas constante le long de la fibre; il en résulte une courbure qui peut être convexe (d_2) ou concave (d_1). Une courbure sur l'extrémité d'entrée de la fibre peut être créée par une propagation des modes de gaine due à une extraction incorrecte des modes de gaine. Les courbures peuvent être créées par des influences internes ou externes. Si la courbure est créée par un effet interne, et s'il n'y a pas de variation de l'affaiblissement créée par une variation des pertes par absorption, alors la cause peut être une variation continue de l'ouverture numérique dans le cas de la fibre multimodale ou une variation continue du diamètre du champ de mode dans le cas de la fibre unimodale.

Si la courbure est créée par un effet externe, alors la cause peut être due à l'accroissement de contrainte sur la fibre par le revêtement de la fibre ou par le câble, ou être le résultat de la pose du câble.

Il est normalement possible de distinguer les effets internes des effets externes en appliquant une force additionnelle sur la fibre ou sur le câble ou en faisant varier la température. Des caractéristiques qui ne changent pas sont intrinsèques à la fibre; des caractéristiques qui changent sont créées par des influences externes (voir 34.6.3).

Partie (e)

L'extrémité de la fibre ou toute discontinuité dans la fibre peut être localisée par la présence d'une grande réflexion positive (e_1) due aux effets de Fresnel ou d'une perte importante de la puissance rétrodiffusée (e_2) lorsqu'il n'apparaît aucune réflexion de Fresnel.

Une réflexion peut aussi indiquer une variation de l'indice de réfraction telle qu'il peut s'en présenter dans une épissure mécanique.

Ondulations

Dans certains cas, la pente n'est pas constante, et des ondulations correspondant à la durée d'une impulsion se présentent sur la courbe. Ces ondulations ne sont pas normalement créées par des fluctuations périodiques du profil d'indice, par exemple ouverture numérique pour les fibres multimodales et diamètre de champ de mode pour les fibres unimodales. Elles sont en relation avec les caractéristiques de l'équipement de mesure et peuvent être plus accentuées lorsque la longueur de la fibre en essai approche la dynamique du réflectomètre. Cependant, ces irrégularités peuvent être masquées par une approximation des moindres carrés. Dans ces cas, la mesure doit être effectuée par les deux extrémités de la fibre.

Range (b)

The step at point B indicates localized loss variation created by external influences, e.g. a splice, or internal causes. If this step is caused by a splice the step may be positive (b_2) or negative (b_1). It is the summation of the splice loss and the different backscattering behaviour of the two fibres. Therefore the measurement has to be made from both sides. The mean value of the two measurements indicates the local loss. In order to accurately determine the result it is essential to extrapolate the curves at both sides to the point B.

Note. – The length of the step is affected by the pulse width. If the step is longer than that calculated from the pulse width, the defect may be a section with higher attenuation or be more than one step separated by a smaller distance than it is possible to resolve from the measurements.

Range (c)

Irregularities such as those shown at (c) in Figure 18, page 87, are created by a sharp increase in backscattering. Their contribution to the attenuation can be estimated in the same manner as for range (b) above.

Range (d)

In some cases the slope of the trace is not constant along the length of the fibre, thereby resulting in a bow which may be convex (d_2) or concave (d_1) in shape. Such a bow at the near end of the fibre could result from cladding modes being propagated due to inadequate cladding mode stripping. Bow may be caused by internal or external influences. If it is an internal effect and it is not a change in attenuation due to varying absorption loss, then the cause could be a continuous change of numerical aperture in the multimode fibre case or a continuous change in mode field diameter in the single-mode fibre case.

If it is an external effect then the cause could be related to increasing force on the fibre from the fibre coating, or from the cable or as a result of the cable installation.

It is normally possible to distinguish between internal and external effects by applying additional force to the fibre or cable or by changing the temperature. Features which do not change are intrinsic to the fibre, features that do change are caused by external influences (see Sub-clause 34.6.3).

Range (e)

The natural end of a fibre or any discontinuity in a fibre may be located by the presence of a large positive reflection (e_1) due to Fresnel effects or a large loss of backscatter power (e_2) where there is no Fresnel effect.

A reflection may also indicate a change in value of refractive index such as can occur at a mechanical splice.

Ripples

In some cases the slope is not constant, and ripples, of the order of one pulse-width in duration, occur in the trace. These ripples are normally not created by periodic fluctuations in index profile, for instance numerical aperture in multimode fibres and mode field diameter in single-mode fibres. They are related to measurement-equipment features and can be expected to become more pronounced as the fibre's test length approaches the dynamic range of the back-scattering equipment. These irregularities can, however, be covered by a least-mean-square approximation. In these cases the measurement should be made from both ends of the fibre.

34.6.3 Variations de la courbe de rétrodiffusion dues à des influences externes

Les influences externes peuvent être des forces de traction ou des charges latérales appliquées sur le câble et transmises à la fibre ou aux fibres en câble, ou des variations de température.

Pour mesurer la variation d'affaiblissement, les mesures (normalement prises à partir d'une seule extrémité) sont effectuées avant, pendant et après l'application de la force externe sur la fibre ou le câble. Les caractéristiques de la courbe de rétrodiffusion qui sont dues à des effets internes dans la fibre ne varient pas. Ce sont des irrégularités telles que (b) et (c), ondulations et courbures (d) d'origine interne. Le saut (b) dû à une épissure peut être modifié. La courbure créée par des forces externes antérieures peut aussi être modifiée par des forces externes additionnelles. L'évolution de la courbure peut permettre d'évaluer si la courbure est due à des forces externes ou internes. Lorsque la courbure résulte de raisons internes, celle-ci reste constante dans la zone (figures 19a et 19b, page 88); cependant, la pente moyenne (ligne en pointillés) peut s'accroître linéairement le long de la longueur par suite d'influences uniformes externes. La courbure varie dans le cas de raisons externes (figures 19a et 19c, page 88).

Dans le cas d'une pente constante de la courbe avant l'application de forces externes (partie (a), figure 18), différents cas peuvent se présenter:

- 1) la pente est invariable: pas de variation de l'affaiblissement;
- 2) la pente varie, mais reste uniforme: l'affaiblissement augmente linéairement (figure 20a, page 88);
- 3) la pente évolue sur la longueur de la fibre vers une courbure: l'accroissement continu de l'affaiblissement peut être dû à l'enroulement trop serré du câble. Il n'y a pas d'évaluation quantitative possible (figure 20b, page 88);
- 4) la pente augmente sur une partie de la longueur: l'affaiblissement augmente d'une façon continue sur une longueur limitée de la fibre (figure 20c, page 88);
- 5) en plus des points 1) à 4) ci-dessus, un saut apparaît sur la courbe de rétrodiffusion: la fibre est solidaire de son environnement, et une contrainte sur la fibre apparaît localement (figure 20d, page 88). Une recherche est à effectuer pour définir s'il s'agit d'une origine interne ou externe.

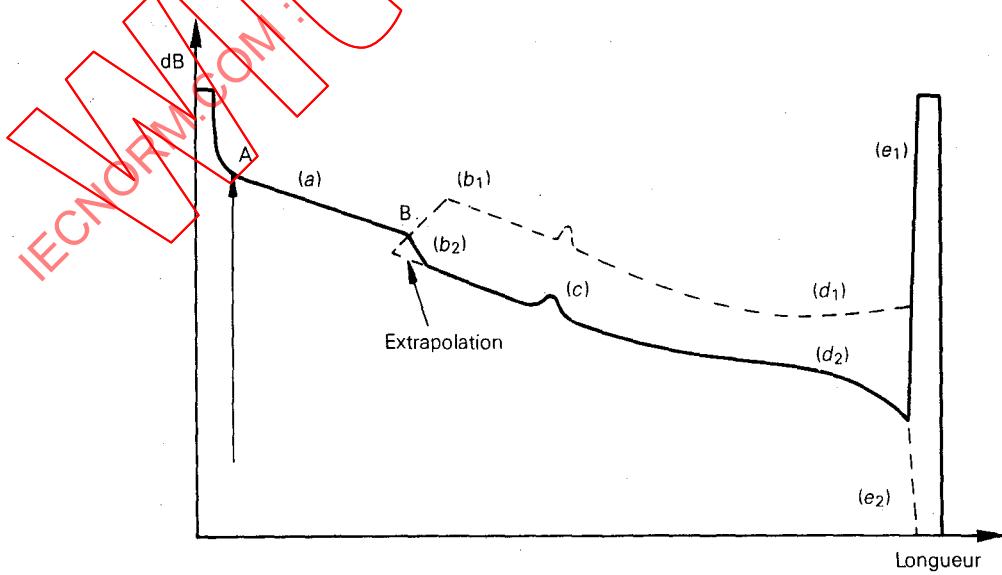


FIG. 18. – Exemple de courbe de puissance rétrodiffusée.

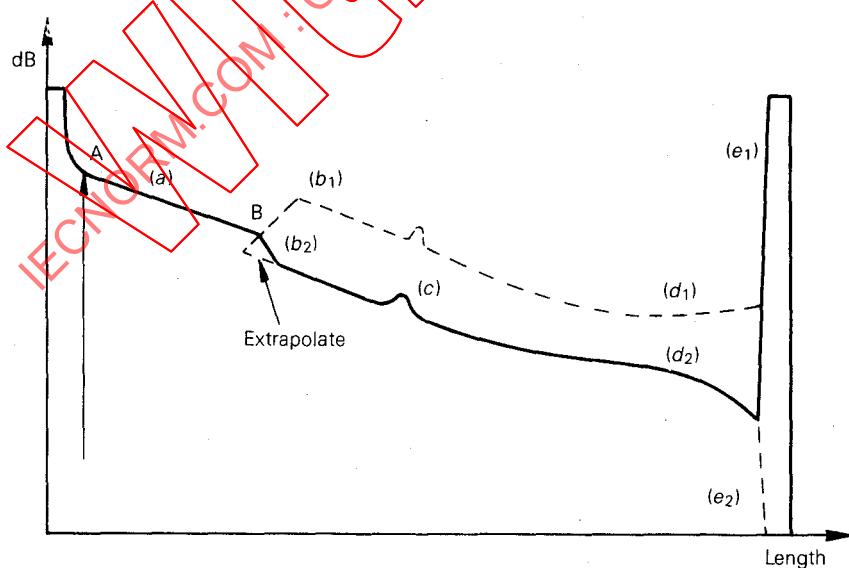
34.6.3 Changes of the backscattering trace due to external influences

The external influences may be tensile forces or lateral loads applied to the cable and transmitted to the fibre or fibres in the cable, or temperature changes.

In measuring the attenuation change, the measurements (normally from only one fibre end) are made before, during, and after exposure of the fibre or cable to external forces. Those characteristics of the backscattering trace which are caused by internal effects in the fibre remain unchanged. These are irregularities such as (b) and (c), ripples, and bows (d) of internal origin. The step (b) caused by a splice may be altered. The bow created by prior external forces may also be altered by additional external forces. The change in bow curvature may be evaluated to determine whether the bow is caused by internal or external forces. When the bow is the result of internal reasons, the curvature remains constant in the region (Figures 19a and 19b, page 89); yet the average end-to-end slope (dotted line) may increase linearly along the length due to uniform external influences. Bow curvature changes vary in the case of external reasons (Figures 19c and 19c, page 89).

In the case of a constant slope of the trace before the exposure to external forces (range (a) in Figure 18), different behaviour may occur:

- 1) the slope remains unchanged: no change in attenuation;
- 2) the slope changes, but remains smooth: linear increase of attenuation (Figure 20a, page 89);
- 3) the slope differs over the length of fibre to a bow: continuous increase of attenuation which can be caused by winding the cable too tightly. There is no quantitative evaluation possible (Figure 20b, page 89);
- 4) the slope increases along its length: continuous attenuation increase over a limited length of the fibre (Figure 20c, page 89);
- 5) in addition to items 1) to 4) above, a step arises in the backscattering trace: the fibre is fixed to the surroundings, and pressure on the fibre arises locally (Figure 20d, page 89). Whether this is caused by external or internal means should be investigated.



475/89

FIG. 18. – Example of curve of backscattered power.

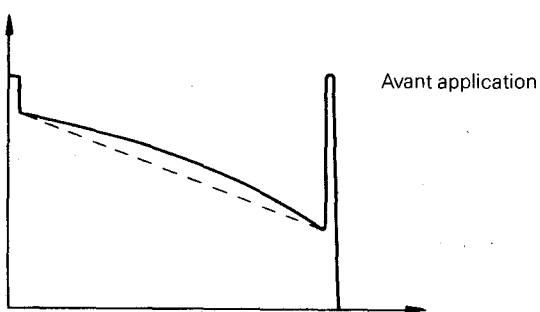


FIGURE 19a.

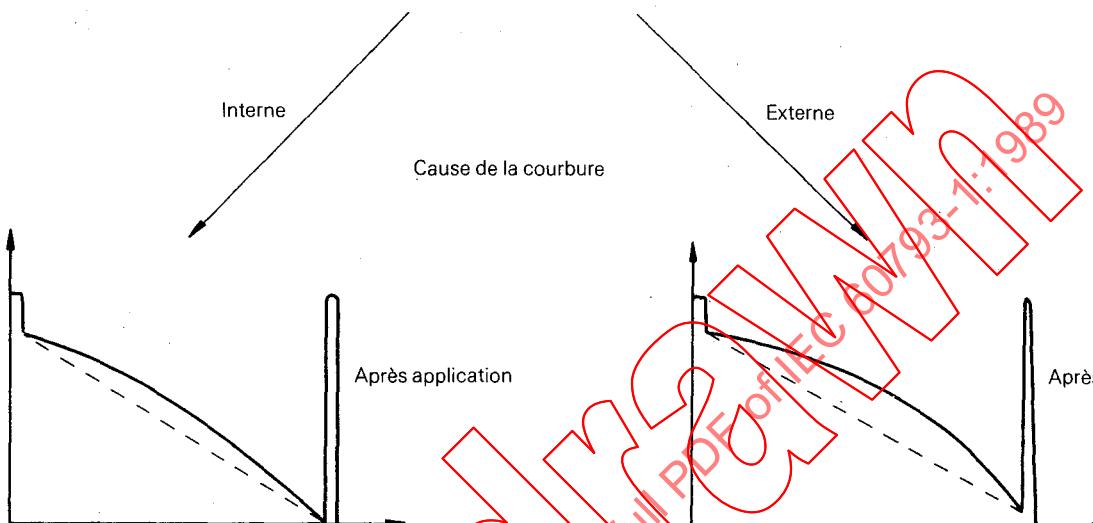
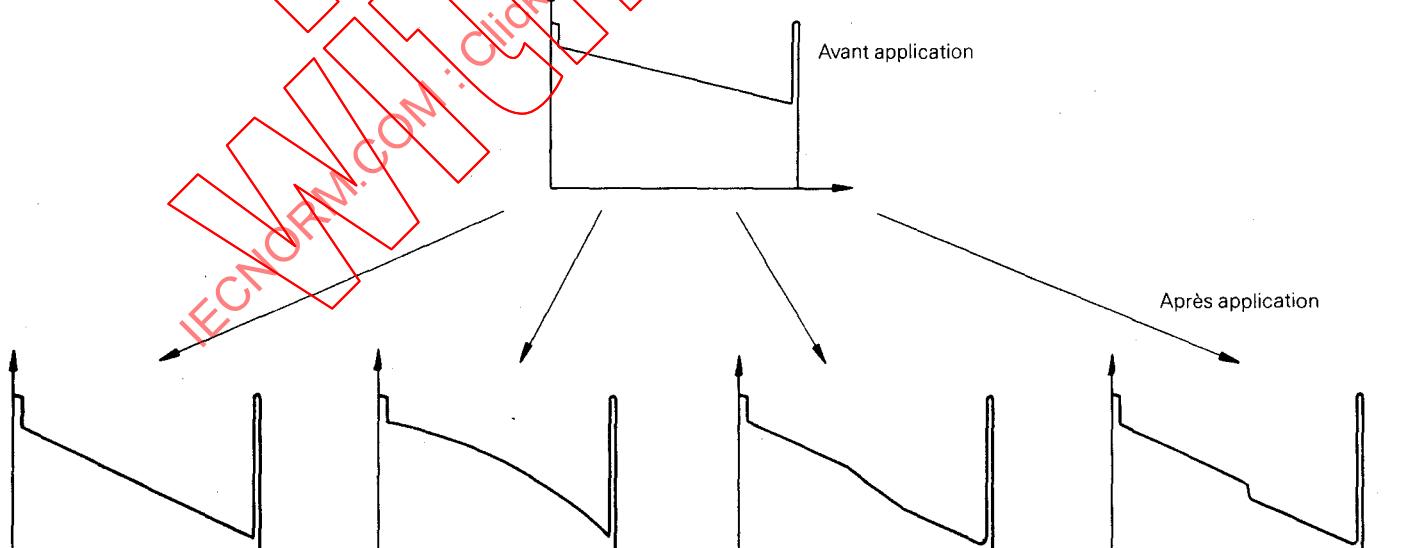


FIGURE 19b.

FIGURE 19c.

476/89

FIG. 19. — Examen de la courbure.



477/80

FIG. 20. — Variation en rétrodiffusion.

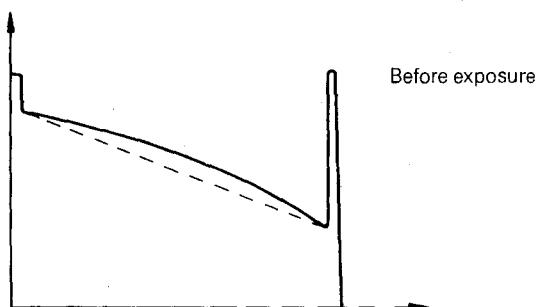


FIGURE 19a.

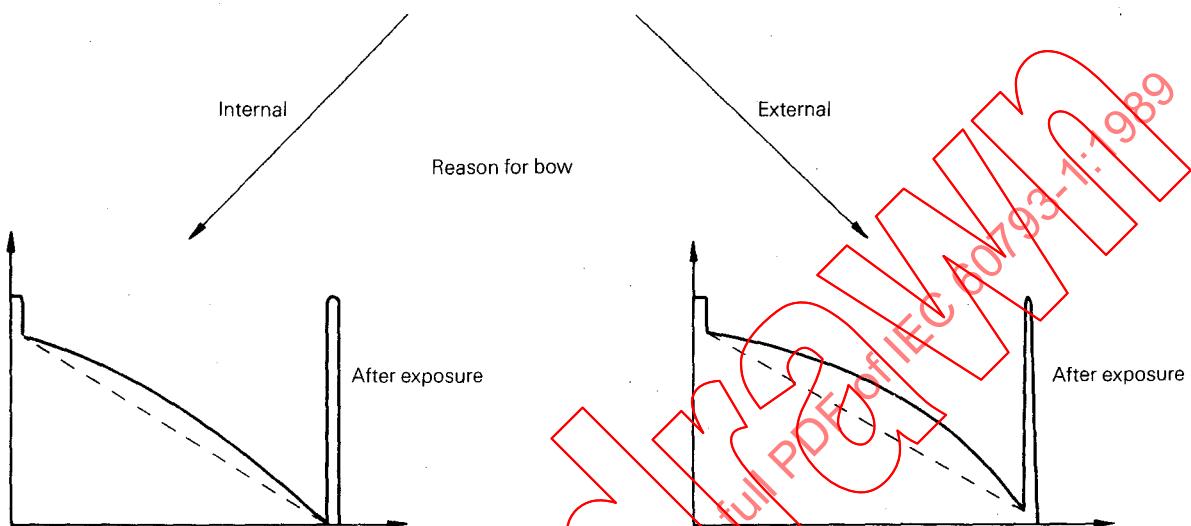


FIGURE 19b.

FIGURE 19c.

476/89

FIG. 19. Examination of bow.

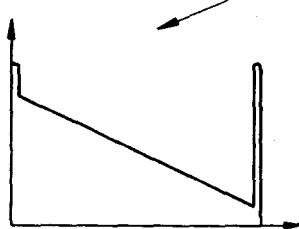


FIG. 20a. – Homogenous attenuation increase.

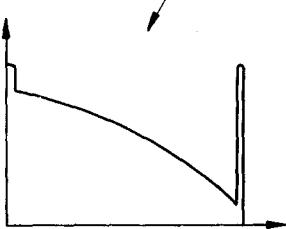


FIG. 20b. – Bow increase.

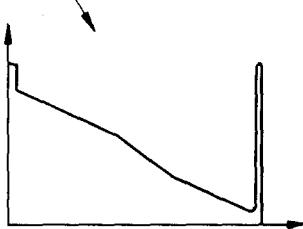


FIG. 20c. – Lengthwise increase.

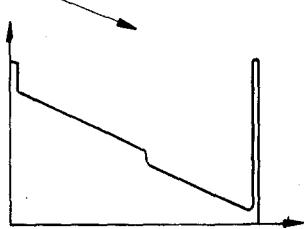


FIG. 20d. – Local increase.

477/89

FIG. 20. – Change in backscattering.

35. Réponse en bande de base

Les articles 36 et 37 décrivent des méthodes pour mesurer la réponse en bande de base. Celle-ci peut être exprimée soit dans le domaine temporel, soit dans le domaine fréquentiel.

36. Définitions opérationnelles

a) Domaine temporel (réponse impulsionnelle)

La réponse impulsionnelle $g(t)$ est définie comme étant la fonction qui, par convolution avec la puissance optique injectée dans la fibre, donne la puissance optique de sortie.

b) Domaine fréquentiel (réponse fréquentielle)

La réponse fréquentielle $G(\omega)$ est définie comme étant la fonction obtenue par la formule suivante:

$$G(\omega) = \frac{P_2(\omega)}{P_1(\omega)}$$

où:

$P_1(\omega)$ est le spectre de puissance du signal de modulation à la section 1, et
 $P_2(\omega)$ est le spectre de puissance du signal de modulation à la section 2

Les réponses en amplitude et en phase sont respectivement la valeur absolue et l'argument de $G(\omega)$.

Note. – Les réponses en bande de base dans le domaine temporel et dans le domaine fréquentiel pour un système linéaire sont reliées par:

$$G(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) \exp(-j\omega t) dt.$$

37. Description des méthodes de mesure de réponse en bande de base

Deux méthodes de mesure sont indiquées pour les mesures de réponse en bande de base:

a) Méthode de réponse impulsionnelle

La réponse impulsionnelle est mesurée en comparant les impulsions d'entrée et de sortie de la fibre en essai.

Note. – La réponse fréquentielle en bande de base et la réponse impulsionnelle peuvent être calculées au moyen d'une transformation de Fourier des impulsions d'entrée et de sortie.

b) Méthode de réponse fréquentielle

Dans la méthode de réponse fréquentielle, l'amplitude est mesurée en fonction de la fréquence:

- 1) au moyen d'une analyse spectrale du signal de sortie issu de la fibre lorsque celle-ci est excitée par une impulsion d'entrée;
- 2) au moyen d'une analyse en sortie de signaux d'entrée balayés en fréquence ou modulés par l'onde sinusoïdale discrète.

35. Baseband response

Clauses 36 and 37 describe methods of measuring baseband response. The baseband response can be expressed in the time domain or the frequency domain.

36. Operational definitions

a) Time domain (impulse response)

The impulse response $g(t)$ is defined as the function which when convoluted with the optical power input to the fibre, gives the optical power output.

b) Frequency domain (frequency response)

The frequency response $G(\omega)$ is defined to be the function given by:

$$G(\omega) = \frac{P_2(\omega)}{P_1(\omega)}$$

where:

$P_1(\omega)$ is the power spectrum of the modulation signal at the cross-section 1, and

$P_2(\omega)$ is the power spectrum of the modulation signal at the cross-section 2.

The amplitude and phase responses are the absolute value and the argument of $G(\omega)$ respectively.

Note. – The baseband response in the time domain and the frequency domain in a linear system are related to each other by:

$$G(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) \exp(-j\omega t) dt.$$

37. Description of baseband response measuring methods

Two measuring methods are indicated for baseband response measurements:

a) Impulse response method

The impulse response is measured by comparing input and output pulses of the fibre under test.

Note. – With the aid of Fourier transformation of the input and output pulse, the baseband frequency response as well as the impulse response can be calculated.

b) Frequency response method

In the frequency response method the amplitude is measured as a function of the frequency:

- 1) by means of spectral analysis of the output signal resulting from the fibre when excited with an input pulse;
- 2) by output analysis of the swept frequency or discrete sine wave input signals.

38. Méthode CEI 793-1-C2A – Réponse impulsionale

38.1 Conditions d'injection

Pour des raisons de reproductibilité, il convient que le système d'injection soit tel que sa distorsion propre soit négligeable par rapport à celle de la fibre à mesurer. Sinon, la forme d'impulsion en sortie du système d'injection doit être enregistrée puis utilisée pour la réponse en bande de base de la fibre. Deux ensembles de conditions d'injection peuvent être prescrits:

- a) L'«injection à saturation», dans laquelle l'ouverture numérique théorique maximale de la fibre est inférieure à celle du cône d'injection et dans laquelle le diamètre de la tache injectée est de l'ordre du diamètre du cœur de la fibre. Il faut être certain que la fibre en essai est exempte de microcourbures et que la répartition de l'énergie à la sortie du système d'injection est pratiquement constante et indépendante du couplage avec la source (ce qui signifie que tous les modes guidés sont normalement excités).

Les appareillages suivants peuvent chacun réaliser les conditions d'injection à saturation:

- 1) un système de lentilles;
- 2) un système d'injection par fibre (par exemple un exciteur de modes à séquence saut-gradient-saut).

Pour les fibres Al, les conditions d'injection à saturation sont plus faciles à réaliser et donnent donc une meilleure reproductibilité.

- b) L'«injection réduite», dans laquelle la dimension de la tache et l'angle du cône sont choisis de manière à simuler le comportement de fibres de grandes liaisons. Un exemple de ces conditions d'injection est l'ensemble des conditions d'injection à l'équilibre décrit au paragraphe 32.2. Le système d'injection doit être étudié de telle sorte que les variations de répartition des modes dans la fibre, dues aux procédés d'alignement sur l'axe, soient réduites au minimum.

38.2 Appareillage

a) Exemples:

Un schéma d'un dispositif d'essai convenable est représenté dans la figure 21, page 96.

b) Source optique

La source optique doit avoir une longueur d'onde et une largeur spectrale connues et spécifiées. Pour les diodes laser destinées à l'injection, l'émission laser doit sensiblement dépasser l'émission spontanée. Des mesures appropriées doivent être prises pour conserver l'émission constante en puissance, longueur d'onde et largeur spectrale pendant la durée de l'essai. La non-linéarité de la source et sa réponse en bande de base doivent être indiquées.

c) Extracteur de modes de gaine

Voir le point e) du paragraphe 32.3.

d) Détecteur optique

La largeur de bande du détecteur optique doit être prise en considération. Une photodiode, de préférence à grande rapidité, doit être utilisée. Normalement, la largeur de bande du détecteur doit être bien supérieure à celle de la fibre en essai. Cependant, on peut introduire des corrections et on doit mettre en évidence la réponse en bande de base et la non-linéarité du détecteur. Il est préférable que la sensibilité de la surface du détecteur soit uniforme.

38. Method IEC 793-1-C2A – Impulse response

38.1 Launching conditions

The launching system should for reasons of reproducibility, be such that the pulse distortion in the launching system is negligibly small when compared with the pulse distortion in the fibre to be measured. Otherwise, the output pulse shape of the launching system must be recorded and then used for the fibre baseband response. Two sets of launching conditions may be required:

- a) "Full launch" in which the maximum theoretical numerical aperture of the fibre is exceeded by the launching cone and in which the diameter of the launched spot is in the order of the core diameter of the fibre. It must be certain that the fibre under test is free of microbending and that the energy distribution at the output of the launching system is substantially constant and independent of the coupling to the source. (This indicates that all guided modes are normally excited.)

The following apparatus could each provide full launch conditions:

- 1) lens system;
- 2) launching fibre system (e.g. step-graded-step mode exciter).

For Al fibres full launch conditions are more easy to control and therefore give better reproducibility.

- b) "Restricted launch" in which the spot size and cone angle are chosen to simulate the behaviour of fibres in long links. An example of these launching conditions is the set of equilibrium launching conditions described in Sub-clause 32.2. The launching system shall be prepared such that the mode distribution variations in the fibre due to the axis alignment procedures are kept to a minimum.

38.2 Apparatus

a) Examples

A diagram of suitable test apparatus is given in Figure 21, page 97.

b) Optical source

The optical source shall have a known and specified wavelength and spectral width. For injection laser diodes laser emission must substantially exceed spontaneous emission. Suitable measures must be taken to keep the emission constant in power, wavelength and spectral width for the duration of the test. Baseband response and non-linearity of the source must be indicated.

c) Cladding mode stripper

See Item e) of Sub-clause 32.3.

d) Optical detector

The bandwidth of the optical detector shall be taken into account. Preferably a high speed photodiode shall be used. Normally the bandwidth of the detector should be well in excess of that of the fibre under test. However, corrections can be introduced and baseband response and non-linearity of the detector shall be shown. The sensitivity of the detector surface should preferably be uniform.

c) Equipement auxiliaire

Il convient d'utiliser un équipement adapté, par exemple:

- générateur de train d'impulsions optiques réglables (en largeur et en fréquence de répétition);
- oscilloscope à échantillonnage;
- enregistreurs XY.

Note. – Des mesures seront prises pour assurer un étalonnage, une linéarité et une stabilité du système corrects.

38.3 Procédure

a) Alignement de l'injection

La fibre doit être alignée avec l'axe du cône d'injection.

b) Alignement du détecteur

L'extrémité de sortie de la fibre doit être alignée avec la surface du détecteur de telle façon que les rayonnements émis soient reçus en totalité par le détecteur.

c) Les impulsions d'entrée et de sortie de la fibre sont enregistrées et la réponse en bande de base est calculée conformément au point a) de l'article 36.

38.4 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Type de mesure et caractéristiques.
- Technique d'injection.
- Disposition du montage d'essai.
- Humidité relative et température ambiante.
- Longueur d'onde et largeur spectrale de la source.
- Identification de la fibre.
- Longueur de l'échantillon.
- La forme complète des impulsions d'entrée et de sortie, la largeur de bande et les caractéristiques complètes amplitude-fréquence calculées au point -6 dB (électrique) de la caractéristique amplitude-fréquence et, si demandé, la caractéristique de phase.

Note. – Il est sous-entendu que la distorsion résulte à la fois de la dispersion modale et de la dispersion chromatique de la lumière dans la fibre. Pour des applications particulières, de plus amples renseignements peuvent être spécifiés concernant la forme des caractéristiques fréquentielles en bande de base.

e) Auxiliary equipment

Suitable equipment should be used, for example:

- tuneable optical pulse train generator (tunable in width and repetition rate);
- sampling oscilloscope;
- XY recorders.

Note. – Measures taken should ensure proper calibration, system linearity and system stability.

38.3 Procedure

a) Launch alignment

The fibre shall be aligned to the axis of the launch cone.

b) Detector alignment

The output end of the fibre shall be aligned to the detector surface, such that all of the emitted radiation is received by the detector.

c) At the fibre, input and output pulses are recorded and the baseband response is calculated in accordance with Item a) of Clause 36.

38.4 Results

The following data shall be presented:

- Measurement type and characteristics.
- Launching technique.
- Test arrangement.
- Relative humidity and ambient temperature.
- Wavelength and spectral width of the source.
- Fibre identification.
- Length of the sample.
- The full input and output pulse shape, the computed full amplitude-frequency characteristics and bandwidth (BW) at the – 6 dB (electrical) point of the amplitude-frequency characteristic and if requested the phase characteristic.

Note. – It should be understood that distortion results from both modal and chromatic dispersion of the light in the fibre. For particular applications, further information may be specified regarding the shape of the baseband frequency characteristics.

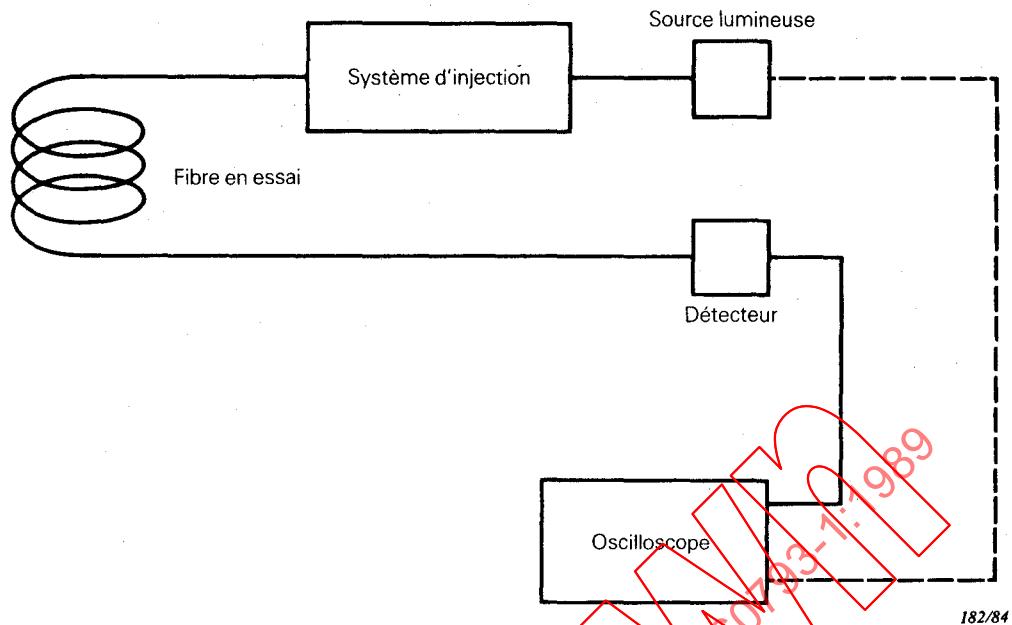


FIG. 21. – Mesure de la réponse en bande de base. Exemple de la mesure de la réponse impulsionnelle.

39. Méthode CEI 793-1-C2B – Réponse fréquentielle

39.1 *Conditions d'injection*

Voir le paragraphe 38.1.

39.2 *Appareillage*

a) *Exemple*

Un schéma d'un dispositif d'essai convenable est représenté à la figure 22, page 98.

b) *Source optique*

Voir le point b) du paragraphe 38.2.

c) *Extracteur de modes de gaine*

Voir le point e) du paragraphe 32.3.

d) *Détecteur optique*

Voir le point d) du paragraphe 38.2.

e) *Equipement auxiliaire*

– Analyseur de spectre ou de réseau.

– Source optique sinusoïdale.

Note. – Des mesures seront prises pour assurer un étalonnage, une linéarité et une stabilité du système corrects.

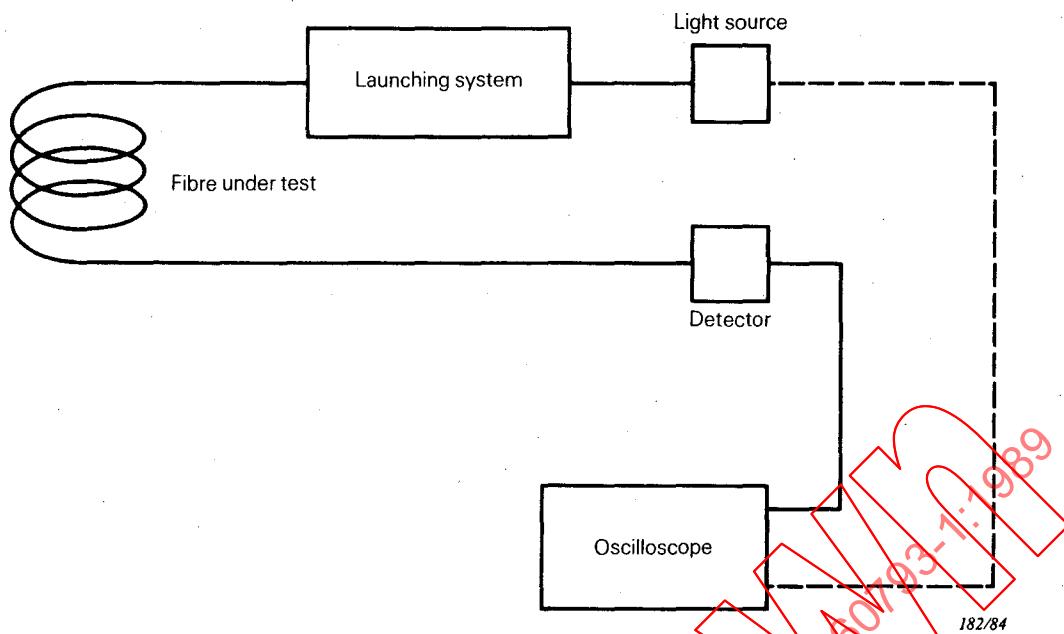


FIG 21. – Baseband response measurement. Example of impulse response measurement.

39. Method IEC 793-1-C2B – Frequency response

39.1 Launching conditions

See Sub-clause 38.1

39.2 Apparatus

a) Example

A diagram of suitable apparatus is given in Figure 22, page 99.

b) Optical source

See Item b) of Sub-clause 38.2

c) Cladding mode stripper

See Item e) of Sub-clause 32.3.

d) Optical detector

See Item d) of Sub-clause 38.2

e) Auxiliary equipment

- Spectrum or network analyser.
- Optical sine wave source.

Note. – Measures taken should ensure proper calibration, system linearity and stability.

39.3 Procédure

a) Alignement de l'injection

L'extrémité de la fibre doit être alignée avec l'axe du cône d'injection.

b) Alignement du détecteur

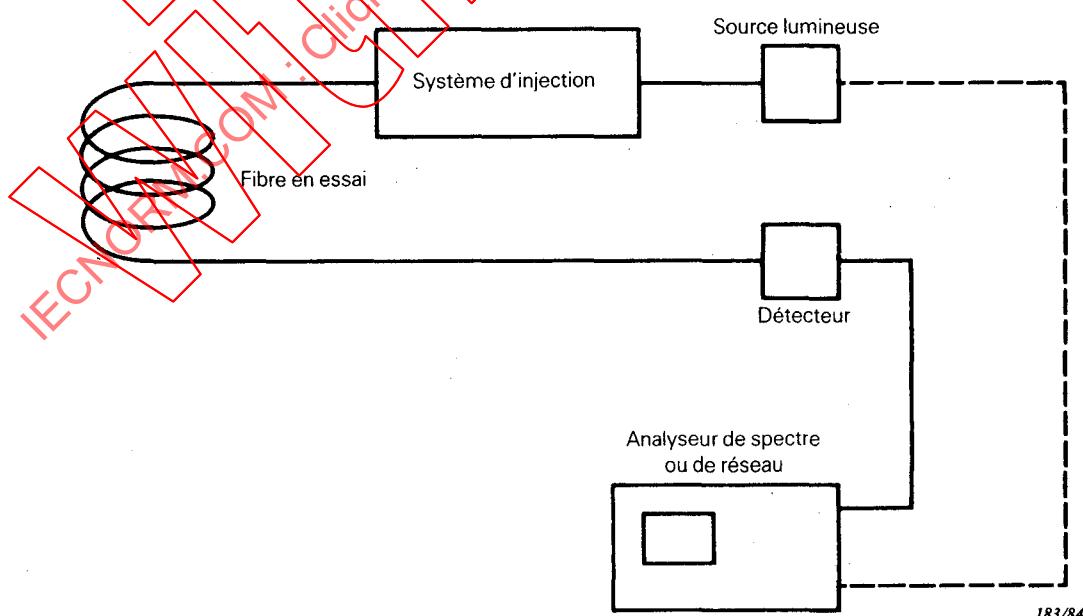
L'extrémité de sortie de la fibre doit être alignée avec la surface du détecteur de telle façon que les rayonnements émis soient reçus en totalité par le détecteur.

39.4 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Type de mesure et caractéristiques.
- Technique d'injection.
- Disposition du montage d'essai.
- Humidité relative et température ambiante.
- Longueur d'onde et largeur spectrale de la source.
- Identification de la fibre.
- Longueur de l'échantillon.
- La caractéristique complète amplitude-fréquence et la largeur de bande définies par les points -6 dB (électriques) sur cette caractéristique.

Note. – Il est sous-entendu que la distorsion résulte à la fois de la dispersion modale et de la dispersion chromatique de la lumière dans la fibre. Pour des applications particulières, de plus amples renseignements peuvent être spécifiés concernant la forme de la réponse fréquentielle en bande de base.



183/84

FIG. 22. – Mesure de la réponse en bande de base. Exemple de réponse fréquentielle.

39.3 Procedure

a) Launch alignment

The fibre end shall be aligned to the axis of the launch cone.

b) Detector alignment

The output end of the fibre shall be aligned to the detector surface, such that all of the emitted radiation is received by the detector.

39.4 Results

The following data shall be presented:

- Measurement type and characteristics.
- Launching technique.
- Test arrangement.
- Relative humidity and ambient temperature.
- Wavelength and spectral width of the source.
- Fibre identification.
- Length of the sample.
- The full amplitude-frequency characteristic and bandwidth (BW) defined by the -6 dB (electrical) points on this characteristic.

Note. – It should be understood that distortion results from both modal and chromatic dispersion of the light in the fibre. For particular applications further information may be specified regarding the shape of the baseband frequency response.

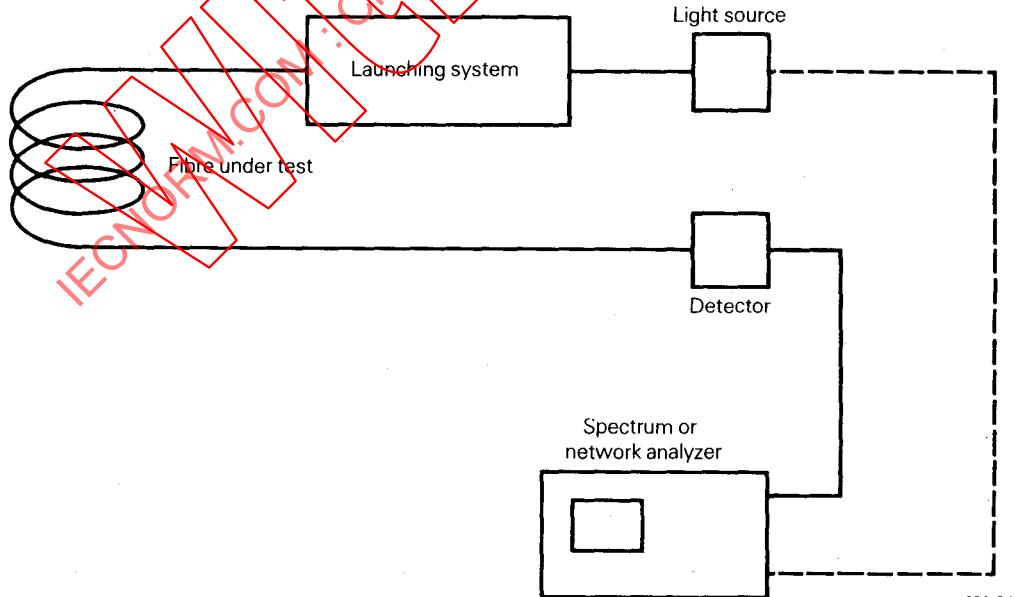


FIG. 22. – Baseband response measurement. Example of frequency response.

40. Méthode CEI XXX-C3 – Sensibilité aux microcourbures

A l'étude.

41. Méthode CEI 793-1-C4 – Energie lumineuse transmise ou rayonnée

41.1 Définitions

41.1.1 Continuité optique

La continuité optique d'une longueur de fibre a pour but de s'assurer de la bonne transmission de l'énergie lumineuse dans la fibre. Cette continuité peut être démontrée en injectant de la lumière à une extrémité de la fibre et en mesurant le flux énergétique en sortie de la fibre.

41.1.2 Discontinuité optique (coupure)

Il est admis qu'il y a discontinuité optique (souvent considérée comme une coupure) dans une fibre optique continue, lorsque la puissance effectivement mesurée à la sortie de la fibre est plus faible que la puissance injectée dans la fibre d'une valeur convenue, avec la disposition en injection et en détection particulière de l'équipement. Cette valeur doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

41.2 Objet

Ce paragraphe décrit le banc d'essai pour la mesure de la continuité optique. Cet essai a pour but de montrer si la fibre optique est continue ou si elle présente un accroissement de l'atténuation significatif.

L'exécution de cet essai ne doit pas être prise comme une méthode de mesure mais comme un moyen de détecter la différence entre continuité et coupure. Ceci est nécessaire lorsque les courtes longueurs de fibres sont soumises à des contraintes mécaniques, par exemple des essais de traction, flexion, pliures, torsion où l'usage d'un équipement de rétrodiffusion est inadapté à cause des limites dans la résolution de la longueur de fibre.

Quand la longueur de la fibre à mesurer est adéquate, une méthode basée sur la technique de rétrodiffusion est applicable. Cette méthode est décrite dans les CEI 793-1-C1C et CEI 793-1-C10B.

Il peut être nécessaire de détecter les coupures:

- i) d'un échantillon avant les contraintes mécaniques;
- ii) d'une fibre après avoir été soumise à des contraintes mécaniques.

41.3 Equipement

41.3.1 Généralités

L'équipement comporte un émetteur et un récepteur séparés. L'émetteur se compose d'une source de lumière commandée par une alimentation en courant continu, stable et réglable.

Le récepteur comporte un détecteur optoélectronique, un amplificateur stable et un photomètre qui indique le niveau du flux reçu. L'équipement peut comporter également un circuit électronique qui excite une lampe si le flux transmis descend en dessous d'un niveau prédéterminé.

Un dispositif de contrôle typique est décrit ci-après en figure 23:

40. Method IEC XXX-C3 – Microbending sensitivity

Under consideration.

41. Method IEC 793-1-C4 – Transmitted or radiated light power

41.1 Definitions

41.1.1 Optical continuity

Optical continuity of a fibre length is indicated by the ability to conduct optical power along that fibre. Continuity may be demonstrated by injecting light at one end of a fibre and measuring the resulting output power at the other end.

41.1.2 Optical discontinuity (break)

Optical discontinuity (often considered a break) in a continuous fibre is recognized when the actual power measured at the fibre output end is less than the power level launched into the fibre by the agreed value, with the particular launch and detection arrangements of the equipment. This value must be agreed between the purchaser and the manufacturer.

41.2 Object

This sub-clause describes the test arrangement for optical continuity. The test is intended to indicate that an optical fibre is continuous or has not incurred a significant attenuation increase.

This test procedure is not intended as a measurement method but only to detect the difference between continuity and a break. This is necessary when short fibre lengths are subjected to mechanical disturbance, for instance, during tensile, flexing, bending and torsion tests where the use of backscattering equipment may be unsuitable because of the limitations in fibre length resolution.

When the length of the fibre being measured is adequate, a method based on backscattering techniques is applicable. This backscattering method is described in IEC 793-1-C1C and IEC 793-1-C10B.

Breaks may be required to be detected:

- i) in a test sample before mechanical disturbance;
- ii) in a fibre after being subjected to mechanical disturbance.

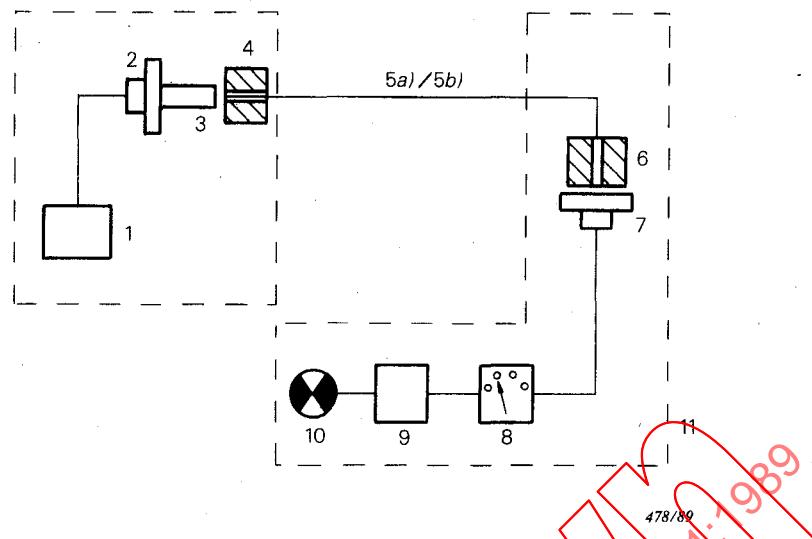
41.3 Apparatus

41.3.1 General

The apparatus consists of separate transmitter and receiver units. The transmitter consists of a light source which is driven by an adjustable stable direct current supply.

The receiver comprises an opto-electronic detector, stable amplifier and a meter which indicates the level of received power. An alternative may incorporate electronic circuitry which energizes an indicator lamp if the transmitted power falls below a predetermined level.

A typical test arrangement is shown in Figure 23:



1. Source continue stable.
 2. Lampe ou DEL.
 3. Fibre d'injection.
 4. Embout de fibre (si nécessaire).
 5. a) Fibre de contrôle,
 b) Fibre à mesurer.
 6. Embout de fibre (si nécessaire).
 7. Détecteur photodiode PIN.
 8. Diviseur de tension.
 9. Détecteur de seuil.
 10. Indicateur.
 11. Photomètre.

Note.— Les éléments 6 à 10 peuvent être remplacés par un photomètre adapté (11).

FIG. 23. – Dispositif typique de mesure de l'énergie lumineuse transmise ou rayonnée.

Afin de faciliter les essais, l'émetteur et le récepteur peuvent être indépendants.

41.3.2 *Source optique*

Un émetteur à fibre amorce de surface émissive importante, par exemple une lampe ou une DEL (2). Cet émetteur est alimenté par un courant continu. Pour des raisons de commodité, il peut également être accouplé à une fibre d'injection (3). Afin de réduire les écarts de pertes de couplage côté émetteur, la fibre d'injection, si elle est utilisée, doit être du type à saut d'indice et d'un diamètre de cœur nettement supérieur au diamètre du cœur de la fibre à contrôler.

41.3.3 *Détecteur optique*

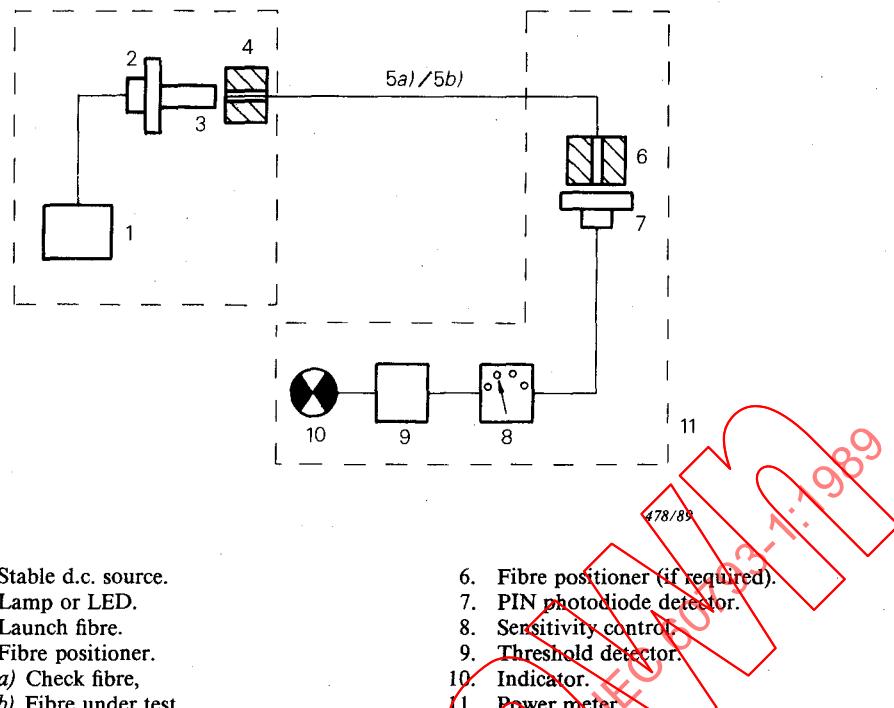
Un récepteur adapté à la source utilisée (7), une photodiode PIN par exemple associée à un détecteur de seuil (9) réglable par un diviseur de tension (8), et à un indicateur (10). Tout autre dispositif équivalent pourra être utilisé. Pour des raisons évoquées au paragraphe 41.3.2, la surface sensible du détecteur doit être de dimensions plus grandes.

41.3.4 *Embouts*

Les embouts (4) et (6) côtés émetteur et récepteur permettent un positionnement rapide de la fibre.

41.3.5 *Fibre de contrôle*

Une fibre de contrôle (5a)) s'adaptant à la source et au détecteur permet d'effectuer une calibration à zéro.



Note. – Items 6-10 may be replaced by a suitable power meter (11).

FIG. 23. – Typical arrangement for transmitted or radiated light power test.

In order to facilitate tests, the emitter and receiver may be independent from each other.

41.3.2 Optical source

A emitting fibre optic terminal device of a large emissive area consisting for instance of a lamp or a light emitting diode (2). This emitting fibre optic terminal device is supplied with a direct current. For convenience, it can also be coupled to a launching fibre (3). In order to cut down loss variations on the emitting fibre optic terminal device side, the launching fibre, when used, shall be of the step index type and with a core diameter substantially greater than that of the core diameter of the fibre under test.

41.3.3 Optical detector

A receiver matched with the source which is used (7), a PIN photodiode for instance, associated with a threshold detector (9) adjustable by means of a potential divider (8) and to an indicator (10). Any equivalent device may be used. For the reasons pointed out in Sub-clause 41.3.2, the sensitive surface of the detector shall have great dimensions.

41.3.4 Fibre positioner

Ends (4) and (6) on the transmit fibre optic terminal device side and on the receive fibre optic terminal device side which are used for fast positioning of the fibre.

41.3.5 Check fibre

A check fibre (5a)) is connected to the source and detector and is used for obtaining a zero calibration point.

41.4 Exécution

41.4.1 Réglage de l'appareil

- a) Par l'utilisation d'une fibre de contrôle (5a) d'intégrité connue, vérifier le fonctionnement de l'appareil.
- b) Lors de l'utilisation de l'appareil décrit en figure 23, régler le diviseur de tension (8) de sorte que le seuil du détecteur (9) soit à la limite du déclenchement et que l'indicateur (10) fonctionne. (Si un photomètre est utilisé, vérifier que la lecture est satisfaisante.)

41.4.2 Mesure initiale de l'échantillon d'essai

- a) Remplacer la fibre de contrôle (5a) par la fibre en essai (5b).
- b) Augmenter la sensibilité (8) de l'affaiblissement recherchée par la fibre en essai (5b).
- c) S'assurer que l'indicateur (10) fonctionne. Le fonctionnement signifie que la fibre est continue.
- d) Si l'indicateur (10) ne fonctionne pas, augmenter la tension jusqu'à ce que le fonctionnement ait lieu. Calculer l'augmentation (dB) de la sensibilité nécessaire par rapport à celle utilisée en c). (Si un photomètre est utilisé, calculer l'accroissement de l'affaiblissement entre la puissance indiquée et celle donnée dans le paragraphe 41.4.1b).
IEC 60794-1-10:2009
- e) Si l'augmentation de l'affaiblissement dépasse la valeur fixée, alors la fibre est considérée comme coupée.

41.4.3 Mesure après contrainte mécanique

Cet essai se fait uniquement dans le cas où la fibre est reconnue sans coupure (continue) avant la contrainte mécanique.

- a) Soumettre la fibre à la contrainte mécanique requise.
- b) Remplacer la fibre, si nécessaire, dans le dispositif de contrôle.
- c) Augmenter la tension (8) jusqu'à ce que l'indicateur (10) fonctionne. Calculer la sensibilité requise, correspondant à celle obtenue au paragraphe 41.4.2d) ci-dessus. (Si un photomètre est utilisé, faire le calcul à partir des lectures correspondantes.) Si cette augmentation d'affaiblissement dépasse la valeur requise à cause de la contrainte mécanique, la fibre est considérée comme coupée.
IEC 60794-1-10:2009

41.5 Résultats

- Longueur de l'échantillon et atténuation requise.
- Réglage de la sensibilité initiale [41.4.1b].
- Réglage de la sensibilité pour la fibre à mesurer et état de l'indicateur avant la contrainte mécanique [41.4.2b) et 41.4.2c)].
- Si l'indicateur ne fonctionne pas, réglage de la sensibilité requis pour sa mise en œuvre.
- Réglage de la sensibilité après contrainte mécanique [41.4.3c].

41.4 Procedure

41.4.1 Apparatus adjustment

- a) Using a short check fibre (5a) of known integrity, test the operation of the apparatus.
- b) When using the apparatus as shown in Figure 23 adjust the sensitivity control (8) so that the threshold of the detector (9) is just exceeded and the indicator (10) operates. (If a power meter is used, check that the reading is satisfactory.)

41.4.2 Initial measurement of test sample

- a) Replace the check fibre (5a) by the fibre under test (5b).
- b) Increase the sensitivity (8) by the amount of attenuation expected for the fibre under test (5b).
- c) Make sure that the indicator (10) operates. Operation indicates continuity.
- d) If the indicator (10) does not operate, increase the sensitivity until operation occurs. Calculate the increase (dB) in sensitivity required over that achieved in c) above. (If a power meter is used calculate the increase of attenuation between the power indicated, and the power indicated in 41.4.1b).)
- e) If the attenuation increase exceeds the agreed value then the fibre is deemed to be broken.

41.4.3 Measurement after mechanical disturbance

This will only take place on a fibre length that is known to be unbroken (continuous) before mechanical disturbance.

- a) Subject the fibre to the required mechanical disturbance.
- b) Replace the fibre in the test apparatus if necessary.
- c) Increase the sensitivity (8) until the indicator (10) operates. Calculate the sensitivity required relative to that achieved in 41.4.2d) above. (If a power meter is used make the calculation using the relative readings.) If this attenuation increase exceeds the agreed value due to the mechanical disturbance test then the fibre is deemed to be broken.

41.5 Results

- Length of sample and expected attenuation.
- Initial sensitivity setting [41.4.1b)].
- Sensitivity setting for fibre under test and indicator condition before mechanical disturbance [41.4.2b) and 41.4.2c)].
- If the indicator does not operate, the sensitivity setting required for operation.
- Sensitivity setting after mechanical disturbance [41.4.3c)].

42. Méthode CEI 793-1-C5 – Retard d'impulsion et déphasage en fonction de la longueur d'onde

42.1 *Objet*

La présente méthode permet de déterminer le coefficient de dispersion chromatique dans le cas de fibres unimodales et multimodales à partir des mesures du temps de propagation de groupe effectuées à plusieurs longueurs d'onde.

42.2 *Description*

Deux méthodes de mesure du coefficient de dispersion sont citées; elles diffèrent par la nature de la source optique et par les méthodes de mesure du temps de propagation:

Méthode CEI 793-1-C5A – Utilisation de diodes laser ou de DEL couvrant la gamme de longueurs d'onde concernée.

Méthode CEI 793-1-C5B – Utilisation de diodes laser ou d'un laser à fibre RAMAN couvrant la gamme de longueurs d'onde concernée.

42.3 *Echantillon*

Une longueur de fabrication de fibre est soumise à l'essai. Les méthodes de support et de conditionnement de cette fibre doivent être adéquates.

42.4 *Méthode CEI 793-1-C5A – Déphasage*

42.4.1 *Appareillage*

On se référera aux schémas représentant l'appareillage d'essai utilisé avec des sources à laser et à DEL (figures 24 et 25, page 112).

a) *Source optique*

Plusieurs sources à diodes laser et à DEL de longueurs d'onde différentes couvrant la gamme de longueurs d'onde concernée doivent être utilisées.

b) *Détecteur optique*

La sensibilité et la bande passante du détecteur optique doivent être adaptées à la longueur d'onde choisie dans la gamme nécessaire.

c) *Générateur de signaux*

Un générateur de signaux est utilisé pour moduler la source optique à la fréquence appropriée et pour fournir un signal de référence à un voltmètre vectoriel.

d) *Traitements du signal*

Les déphasages aux différentes longueurs d'onde peuvent être mesurés au moyen d'un voltmètre vectoriel.

e) *Sélecteur de longueur d'onde*

Si une source à large spectre est employée, il convient d'utiliser un sélecteur de longueur d'onde afin de choisir la longueur d'onde à laquelle le temps de propagation de groupe doit être mesuré. Le dispositif le plus approprié est un monochromateur ou un jeu de filtres interférentiels. En fonction de la mesure à effectuer, le sélecteur de longueur d'onde peut être placé à l'entrée ou à la sortie de la fibre en essai.

42. Method IEC 793-1-C5 – Pulse delay and phase shift versus wavelength

42.1 Object

This measuring method describes means of deriving the total dispersion coefficient of single-mode and multimode optical fibres from measurements of group delay at various wavelengths.

42.2 Description

Two methods are given for total dispersion measurements, categorized by their optical sources and delay time measuring methods:

Method IEC 793-1-C5A – Using LDs or LEDs such that they cover the required wavelength region.

Method IEC 793-1-C5B – Using LDs or a fibre RAMAN laser such that they cover the required wavelength region.

42.3 Specimen

A factory length of fibre is tested. Suitable support and packaging methods should be employed.

42.4 Method IEC 793-1-C5A – Phase shift

42.4.1 Apparatus

Refer to the schematic diagrams of test apparatus using LDs and LEDs (Figures 24 and 25, page 113).

a) Optical source

A number of LED/LD optical sources with different wavelengths of emission should be used covering the necessary wavelength range.

b) Optical detector

The sensitivity and bandwidth of the optical detector should be matched to the chosen wavelength within the required range.

c) Signal generator

A signal generator should be used for the optical source to be modulated at a suitable frequency and to supply a reference signal for a vector voltmeter.

d) Signal processing

Phase differences among different wavelengths can be measured by a vector voltmeter.

e) Wavelength selector

If a broad spectrum source is used, a wavelength selector is needed to select the wavelength at which the group delay is to be measured. A monochromator or a set of interference filters is a suitable arrangement. Depending on the type of measurement, the wavelength selector could be used either at the input or at the output end of the fibre under test.

42.4.2 Procédure

- a) La fibre en essai est convenablement raccordée aux diodes laser ou DEL.
 - b) Le déphasage entre le signal de référence et le signal transmis par la fibre à différentes longueurs d'onde est mesuré au moyen du voltmètre vectoriel.
- Le temps de propagation de groupe $\tau_g(\lambda)$, fonction de la longueur d'onde, est donné par la formule:

$$\tau_g(\lambda) = \frac{\varphi(\lambda)}{2\pi f_0}$$

où:

f_0 est la fréquence de fonctionnement en hertz

$\varphi(\lambda)$ est la variation de phase en radians

- c) A partir des valeurs mesurées du temps de propagation de groupe, un ajustement approprié de la courbe est effectué, et, par dérivation, le coefficient de dispersion chromatique en fonction de la longueur d'onde (ps/nm.km) est obtenu. Les figures 28 et 29, page 114 donnent un exemple de courbes de temps de propagation relatif en fonction de la longueur d'onde et du coefficient de dispersion chromatique en fonction de la longueur d'onde. L'ajustement des courbes a une grande importance, car il détermine la valeur de dispersion obtenue par cette méthode.

42.4.3 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Montage d'essai.
- Valeur de la fréquence de modulation.
- Nature de la source optique.
- Identification de la fibre à contrôler, longueur et conditionnement.
- Caractéristiques du sélecteur de longueur d'onde.
- Nature du détecteur optique.
- Caractéristiques du voltmètre vectoriel.
- Courbe de temps de propagation relatif, coefficient de dispersion chromatique calculé dans toute la bande spectrale concernée et longueur d'onde correspondant à une dispersion chromatique nulle et type d'ajustement de courbe utilisé.

42.5 Méthode CEI 793-1-C5B – Retard d'impulsion

42.5.1 Appareillage

On se référera aux schémas représentant l'appareillage d'essai utilisé avec des sources à diode ou à laser à fibre RAMAN (figures 26 et 27, page 112).

a) Source optique

1) Cas d'un laser à fibre RAMAN

Un laser à fibre RAMAN peut être constitué d'un laser YAG Nd, d'une fibre RAMAN produisant des rayonnements et d'un atténuateur optique. Il produit une impulsion optique dans la large bande de longueurs d'onde.

La fibre RAMAN est constituée d'une fibre optique appropriée. L'atténuateur optique peut être utilisé pour adapter la puissance incidente sortant de la fibre RAMAN.

42.4.2 Procedure

- The tested fibre is suitably coupled to the different LDs/LEDs.
- The phase difference between the reference signal and the signal from the fibre at different wavelengths is measured by the vector voltmeter.

The wavelength dependent group delay $\tau_g(\lambda)$ can be evaluated according to the formula:

$$\tau_g(\lambda) = \frac{\varphi(\lambda)}{2\pi f_0}$$

where:

f_0 is the working frequency in hertz

$\varphi(\lambda)$ is the measured phase change in radians

- From the measured values of group delay, a suitable fitting curve is computed and, by derivation, the total dispersion coefficient versus wavelength expressed in ps/nm.km is obtained. Figures 28 and 29, page 115, show an example of the relative time delay versus wavelength and the total dispersion coefficient versus wavelength. Choice of a fitting curve is critical, as it may affect the value of the dispersion obtained by this measuring method.

42.4.3 Results

The following data shall be presented:

- Test apparatus arrangement.
- Modulation frequency value.
- Type of optical source.
- Fibre identification, length and packaging.
- Characteristics of wavelength selector.
- Type of optical detector.
- Characteristics of the vector voltmeter.
- Plot of relative time delay and calculated total dispersion coefficient over the whole spectral range of interest, together with zero total dispersion wavelength and the type of curve fit used.

42.5 Method IEC 793-1-C5B – Pulse delay

42.5.1 Apparatus

Refer to the schematic diagrams of test apparatus using LDs or a fibre RAMAN laser (Figures 26 and 27, page 113).

a) Optical source

1) Case of fibre RAMAN laser

A fibre RAMAN laser can be made up of a Nd-YAG laser, a RAMAN radiation generating fibre and an optical attenuator, and shall generate an optical pulse over the wide band wavelength range.

The RAMAN fibre shall be a suitable optical fibre. The optical attenuator may be used to adjust the incident power from the RAMAN fibre.

2) Cas de diodes laser

La présente méthode utilise plusieurs sources optiques à diodes laser de longueurs d'onde différentes couvrant toute la gamme de longueurs d'onde nécessaire.

b) Circuit de synchronisation et déclenchement retardé

Les signaux nécessaires au fonctionnement de la source optique sont fournis par un synthétiseur de fréquence très stable. Le circuit de synchronisation génère également des impulsions de déclenchement retardé destinées à l'oscilloscope.

c) Détecteur optique

La sensibilité et la bande passante du détecteur optique doivent être adaptées à la longueur d'onde choisie dans la plage concernée.

d) Oscilloscope

Un oscilloscope à large bande en temps réel ou à échantillonnage est utilisé pour observer les impulsions optiques. Un traitement de signal peut être associé à l'oscilloscope en vue de corriger du bruit et de la gigue l'impulsion mesurée.

e) Monochromateur

Si un laser à fibre RAMAN est employé, il convient d'utiliser un monochromateur afin de déterminer la longueur d'onde des impulsions optiques injectées dans la fibre en essai.

42.5.2 Procédure

- a) La fibre à contrôler est raccordée de façon adéquate aux différentes diodes laser ou au laser à fibre RAMAN.
- b) Le temps de propagation dans la fibre en essai est mesuré aux différentes longueurs d'onde à l'aide de l'oscilloscope. Dans le cas du laser à fibre RAMAN, les longueurs d'onde de mesure sont déterminées au moyen d'un monochromateur.
- c) A partir des valeurs de temps de propagation de groupe mesurées, un ajustement approprié de la courbe est effectué et le coefficient de dispersion chromatique en fonction de la longueur d'onde est obtenu par dérivation. Les figures 28 et 29, page 114, donnent un exemple de courbes de temps de propagation relatif en fonction de la longueur d'onde et du coefficient de dispersion chromatique en fonction de la longueur d'onde.

42.5.3 Résultats

Les résultats suivants doivent être fournis:

- Montage d'essai.
- Nature de la source optique.
- Identification de la fibre à contrôler, longueur et conditionnement.
- Caractéristiques du monochromateur (éventuellement).
- Identification et longueur de la fibre RAMAN (éventuellement).
- Nature du détecteur optique.
- Type d'oscilloscope.
- Courbe du temps de propagation relatif, dispersion chromatique calculée dans toute la bande spectrale concernée et longueur d'onde correspondant à une dispersion chromatique nulle (éventuellement).

2) Case of LDs

A number of LD optical sources with different wavelengths of emission should be used covering the necessary wavelength range.

b) Synchronizing circuitry and delayed trigger

Signals generated by a high stability frequency synthesizer are supplied to operate the optical source. The synchronizing circuitry also supplies delayed triggering pulses for an oscilloscope.

c) Optical detector

The sensitivity and bandwidth of the optical detector should be matched to the chosen wavelength within the required range.

d) Oscilloscope

A wide band real time oscilloscope or a sampling oscilloscope is used for the observation of optical pulses. A signal processor can be added to the oscilloscope for eliminating the noise and jitter of the measured pulse waveform.

e) Monochromator

If the fibre RAMAN laser is used, a monochromator shall be used to select the wavelength of the optical pulses injected into a fibre under test.

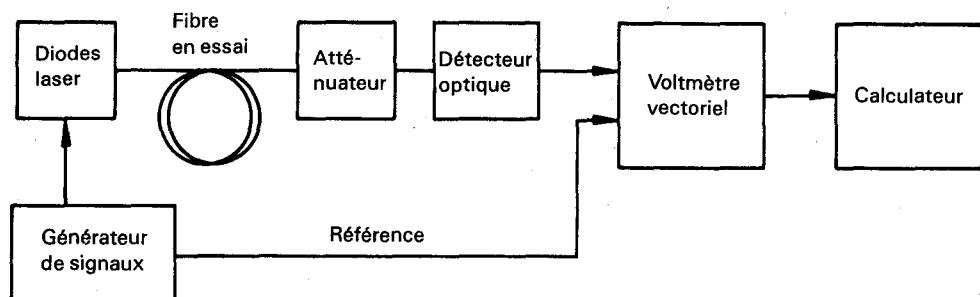
42.5.2 Procedure

- a) The fibre under test is suitably coupled to the different LDs or the fibre RAMAN laser.
- b) The delay time through the fibre under test at different wavelengths is measured by the oscilloscope. In the case of the fibre RAMAN laser, each required wavelength shall be selected by the monochromator.
- c) From the measured values of group delay, a fitting curve is computed and, by derivation, the total dispersion coefficient versus wavelength is obtained. Figures 28 and 29, page 115, show an example of the relative delay versus wavelength and the total dispersion coefficient versus wavelength respectively.

42.5.3 Results

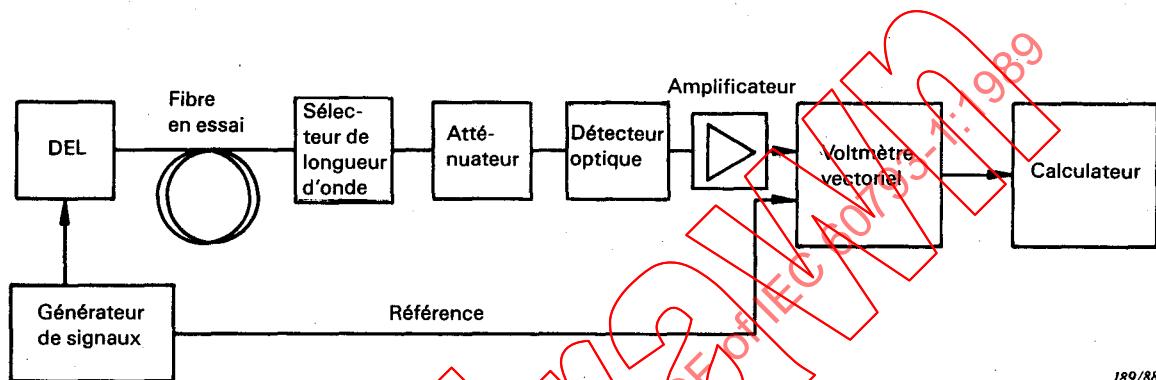
The following data shall be presented:

- Test apparatus arrangement.
- Type of optical source.
- Fibre identification, length and packaging.
- Characteristics of monochromator (when necessary).
- Identification and length of RAMAN generating fibre (when necessary).
- Type of optical detector.
- Type of oscilloscope.
- Plot of relative time delay and calculated total dispersion over the whole spectral range of interest, together with zero total dispersion wavelength (if applicable).



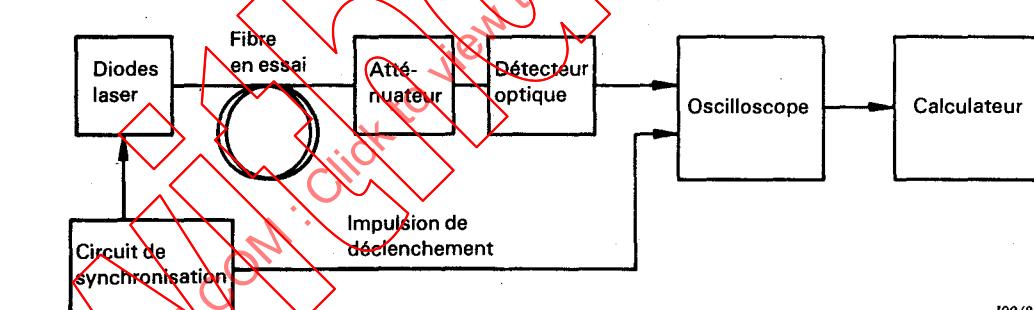
188/88

FIG. 24. – Montage d'essai avec diodes laser (déphasage).



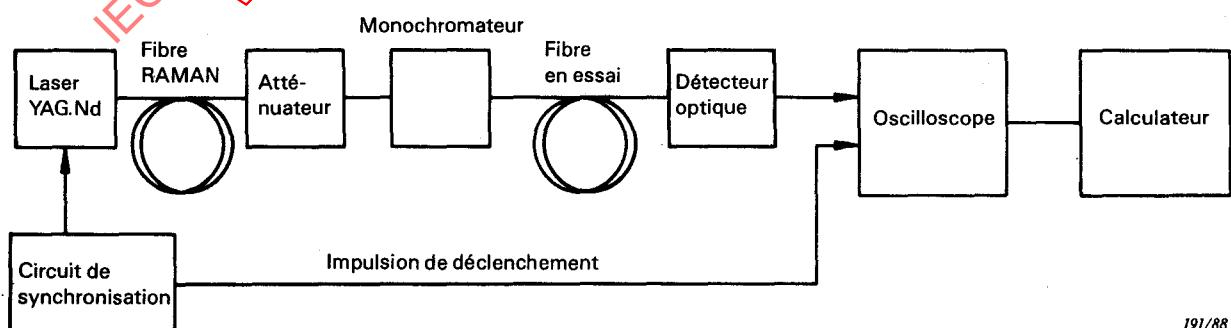
189/88

FIG. 25. – Montage d'essai avec DEL (déphasage).



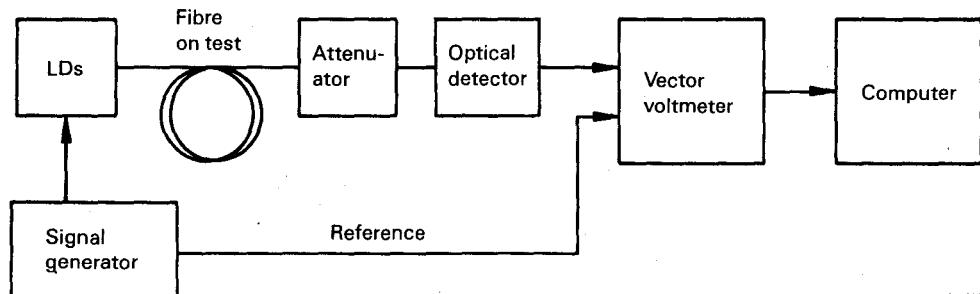
190/88

FIG. 26. – Montage d'essai avec diodes laser (retard d'impulsion).



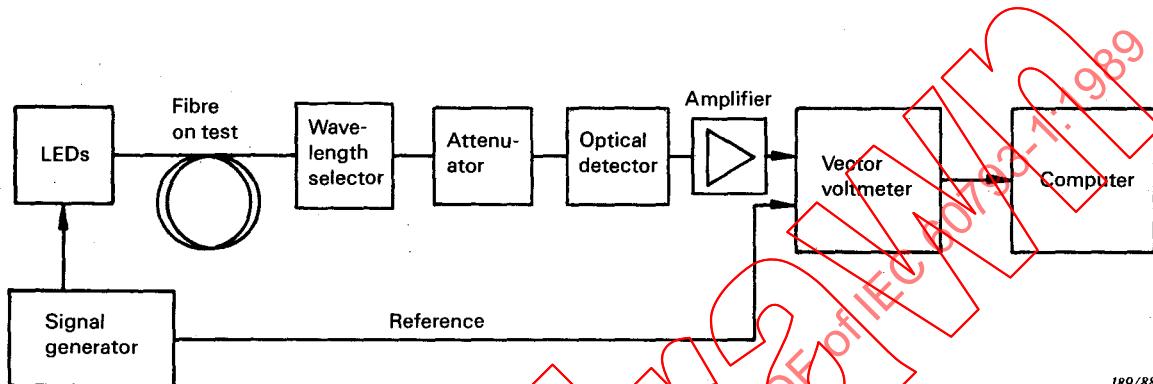
191/88

FIG. 27. – Montage d'essai avec laser à fibre RAMAN (retard d'impulsion).



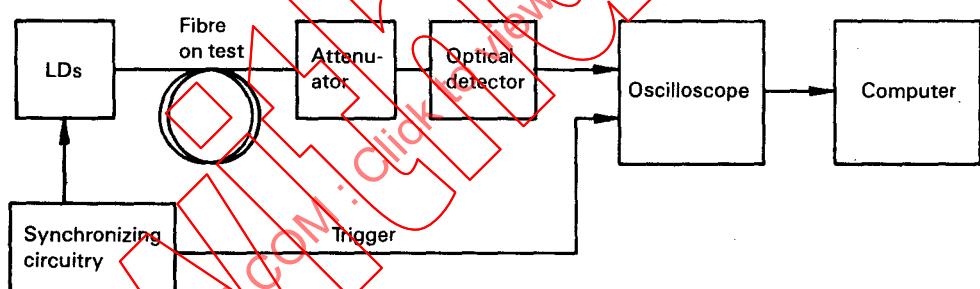
188/88

FIG. 24. – Arrangement of test apparatus with LDs (phase shift).



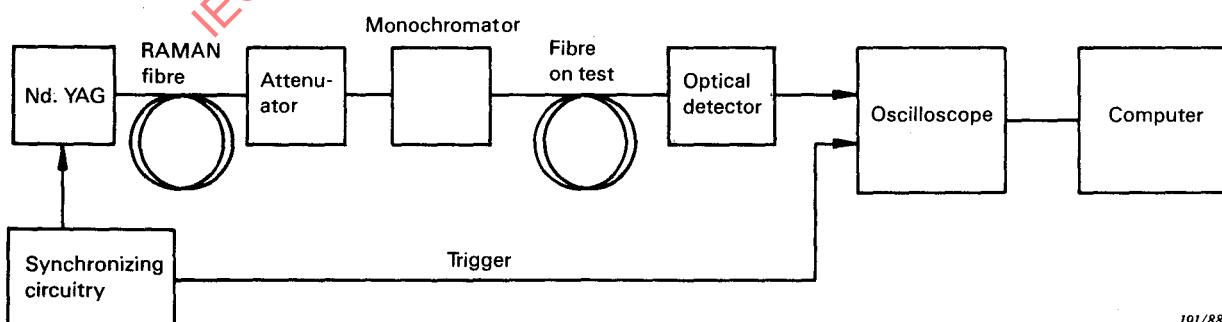
189/88

FIG. 25. – Arrangement of test apparatus with LEDs (phase shift).



190/88

FIG. 26. – Arrangement of test apparatus with LDs (delay method).



191/88

FIG. 27. – Arrangement of test apparatus with a fibre RAMAN laser (delay method).

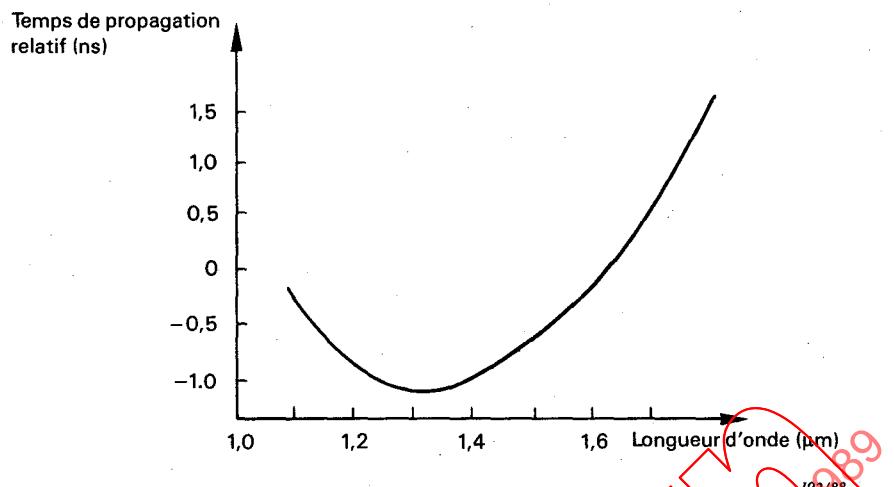


FIG. 28. – Exemple de courbe de temps de propagation relatif dans la fibre en essai, en fonction de la longueur d'onde.

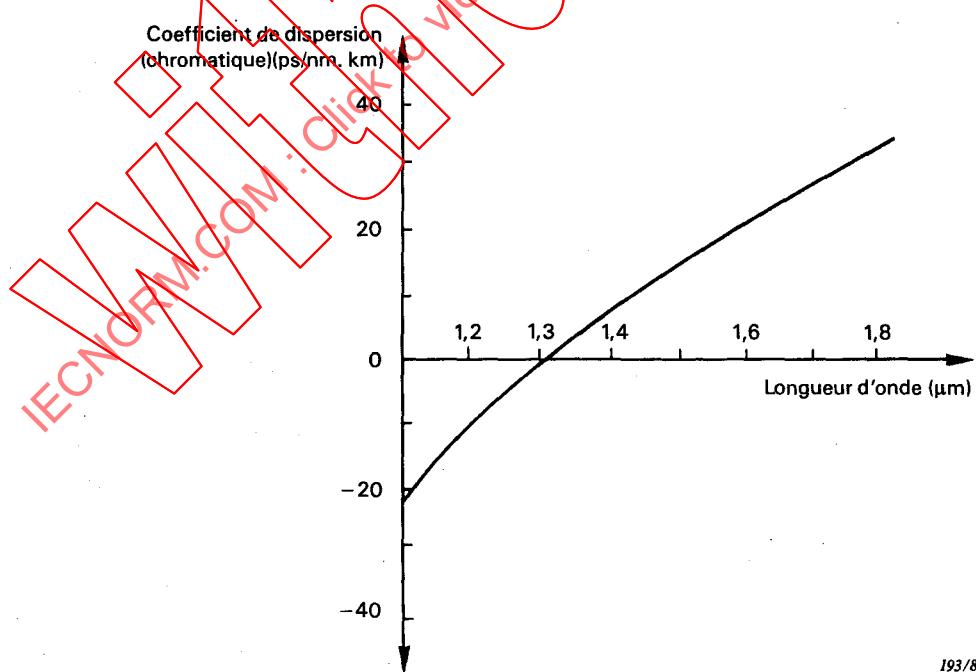


FIG. 29. – Exemple de courbe du coefficient de dispersion (chromatique) en fonction de la longueur d'onde.

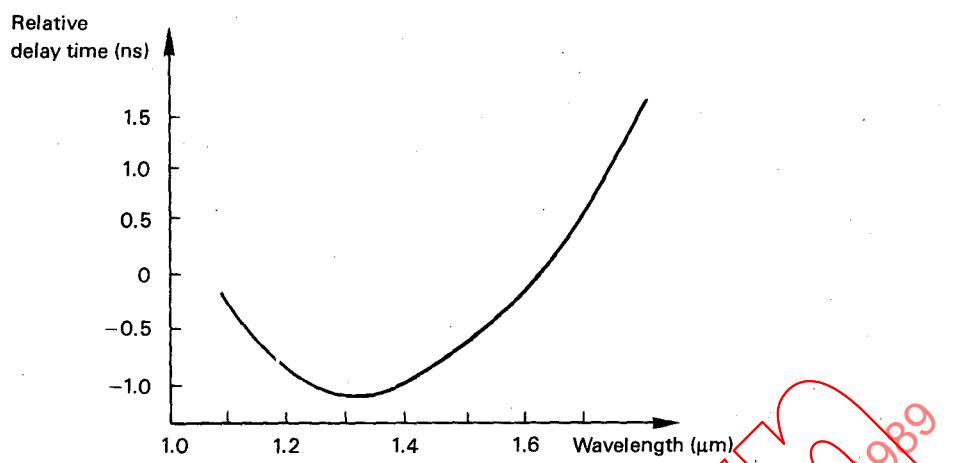


FIG. 28. – An example of relative delay time through a fibre on test versus wavelength.

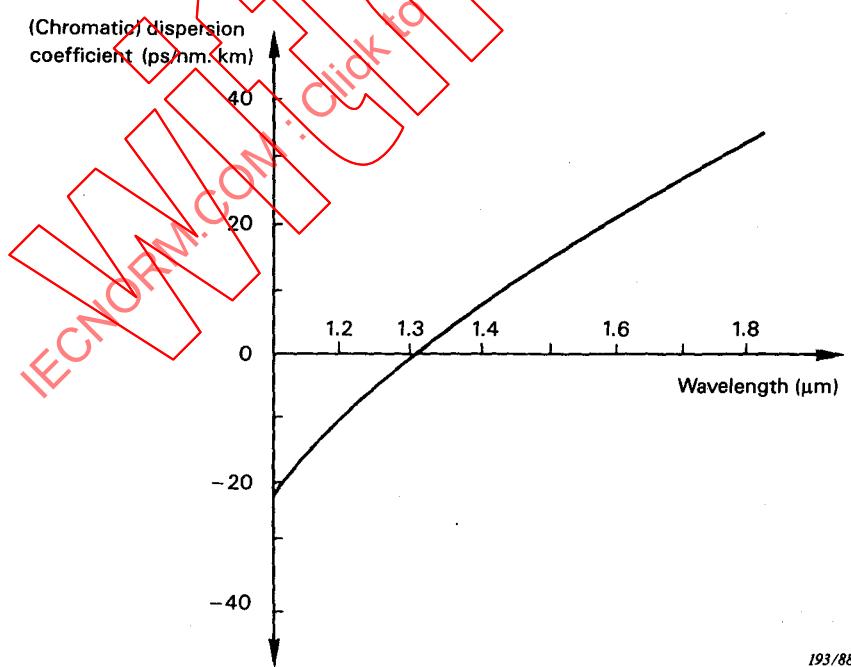


FIG. 29. – An example of chromatic dispersion coefficient versus wavelength.

43. Méthode CEI 793-1-C6 – Répartition de la lumière en champ lointain

43.1 *Objet*

Cette méthode est applicable à la détermination de la répartition de l'énergie lumineuse en champ lointain des fibres optiques. Dans certaines circonstances, l'ouverture numérique peut être calculée d'après le résultat de cette mesure. Il s'agit d'une méthode pratique pour la détermination de l'ouverture numérique de fibres à gradient d'indice, bien qu'elle ne suive pas strictement la définition de l'ouverture numérique théorique maximale.

43.2 *Préparation de l'échantillon*

Un échantillon d'environ 2 m de longueur est prélevé à une extrémité de la fibre à mesurer. Les extrémités des échantillons doivent être pratiquement propres, planes et perpendiculaires à l'axe de fibre.

43.3 *Appareillage*

a) *Source*

Une source de lumière non cohérente de puissance optique stable pendant la durée de la mesure et de longueur d'onde déterminée.

b) *Détecteur*

Le détecteur doit avoir une caractéristique linéaire dans la gamme de mesure requise (le courant de sortie du détecteur doit être proportionnel à l'énergie lumineuse reçue). Des appareils analogues à ceux qui sont décrits pour la méthode CEI 793-1-A2 peuvent être employés.

c) *Injection*

La tache lumineuse doit être au moins égale à la section droite de la fibre et l'ouverture numérique de la lumière injectée doit être au moins égale à l'ouverture numérique de l'échantillon.

d) *Extracteur de modes*

Un extracteur de modes doit être utilisé pour éliminer les modes de gaine.

e) *Affichage*

Un enregistreur XY ou un écran vidéo peuvent être utilisés.

43.4 *Procédure*

a) *Principe de mesure (figure 30)*

L'intensité du rayonnement (énergie lumineuse par angle solide élémentaire) est déterminée en fonction de l'angle polaire d'un plan de l'axe de fibre (diagramme de rayonnement). La distance entre l'extrémité de l'échantillon et le détecteur doit être importante par rapport au diamètre du cœur de la fibre optique. La procédure de détection est conforme à la méthode CEI 793-1-A2 – Répartition de la lumière en champ proche.

b) *Préparation*

L'échantillon est fixé dans son support et la lumière est injectée conformément à la figure 30.

c) *Mesure*

L'intensité du rayonnement est déterminée en fonction de l'angle polaire dans un des plans de l'axe de fibre.

43. Method IEC 793-1-C6 – Far field light distribution

43.1 Object

This method applies to the determination of far field light distribution of optical fibres. Under certain circumstances the numerical aperture can be calculated from the result of this measurement. This is a practical method for the determination of the numerical aperture of graded index fibres whilst not strictly following the definition of maximum theoretical numerical aperture.

43.2 Sample preparation

From the fibre to be measured at one end a sample of approximately 2 m length is taken. The ends of the samples shall be substantially clean, flat and perpendicular to the fibre axis.

43.3 Apparatus

a) Source

An incoherent light source with stable optical power during the measuring time and with a given wavelength.

b) Detector

The detector must have a linear characteristic in the required measuring range (the output current of the detector must be linear to the received light power). Devices similar to those described in method IEC 793-1-A2 can be used.

c) Launching

The light spot must be at least equal to the cross section of the fibre and the numerical aperture of the launched light must be at least equal to the numerical aperture of the sample.

d) Mode stripper

To eliminate cladding modes, a mode stripper shall be used.

e) Display

An XY recorder, or a video screen can be used.

43.4 Procedure

a) Principle of measurement (Figure 30)

The radiant intensity (light power per solid angle element) as a function of the polar angle of one plane of the fibre axis is determined (radiation pattern). The distance between the end of the sample and the detector must be large compared to the core diameter of the optical fibre. The detection procedure is as described in method IEC 793-1-A2 – Near field light distribution.

b) Preparation

The sample is fixed in the sample holder and the light is launched in accordance with Figure 30.

c) Measurement

The radiant intensity as a function of the polar angle in one plane of the fibre axis is determined.

43.5 Résultat

La courbe complète de l'intensité du rayonnement est donnée. Pour les fibres optiques multimodales, l'ouverture numérique ($= \sin \varphi$) est calculée à partir de l'angle φ obtenu d'après les valeurs à 5% de l'intensité maximale des courbes de rayonnement énergétique (voir figure 30).

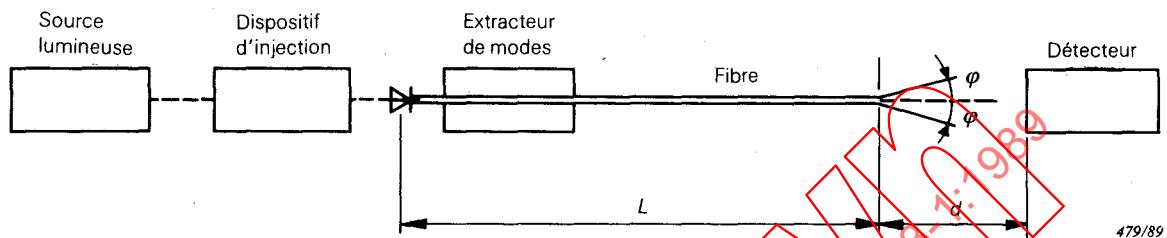


FIG. 30. – Principe de mesure.

479/89

44. Méthode CEI 793-1-C7 – Longueur d'onde de coupure

44.1 Objet

Le présent paragraphe décrit des méthodes de mesure de la longueur d'onde de coupure sur des fibres unimodales.

Il s'agit de la longueur d'onde au-delà de laquelle le mode de second ordre LP_{11} cesse de se propager.

Notes 1. – La valeur mesurée dépend généralement de la longueur de l'échantillon de fibre. Cette longueur est ici de 2 m.

2. – Une boucle ayant un rayon de 140 mm est réalisée sur la fibre en essai.

44.2 Description

Deux méthodes de mesure sont possibles:

a) Méthode CEI 793-1-C7A: Méthode de la puissance transmise

Cette méthode utilise la variation de la puissance transmise en fonction de la longueur d'onde sur une courte longueur de fibre en essai et dans des conditions déterminées, laquelle variation est rapportée à une référence de puissance transmise. Cette référence peut être obtenue de deux façons:

- 1) en utilisant la longueur de fibre à contrôler comportant une boucle de rayon inférieur à 140 mm,
- 2) en utilisant une courte longueur (1 m à 2 m) de fibre multimodale.

43.5 Result

The full radiant intensity curve is given. For multimode optical fibres, the numerical aperture ($= \sin \varphi$) is calculated from the angle φ obtained from the 5% values of the maximum radiant intensity curves (see Figure 30).

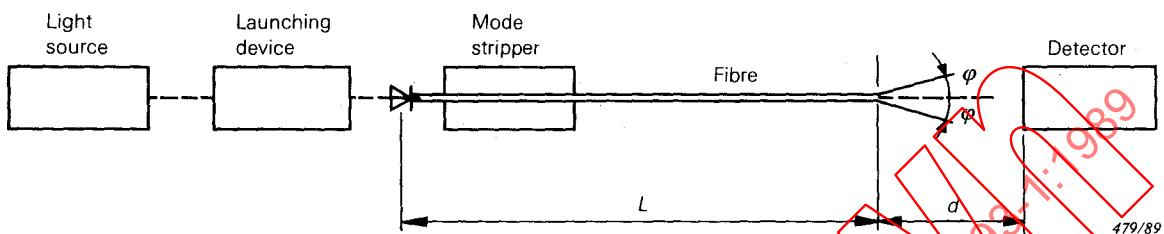


FIG. 30. – Principle of measurement.

44. Method IEC 793-1-C7 – Cut-off wavelength

44.1 Object

This sub-clause describes methods of measuring the cut-off wavelength of single-mode fibres.

This is the wavelength above which the second order LP_{11} mode ceases to propagate.

Notes 1. – The measured value, in general, depends upon the sample length. The cut-off wavelength is defined for a 2 m length of fibre.

2. – A single loop is formed on the fibre under test with a radius of 140 mm.

44.2 Description

Two measurements are indicated:

a) Method IEC 793-1-C7A: Transmitted power technique

This method uses the variation with wavelength of the transmitted power of a short length of the fibre under test, under defined conditions, compared to a reference transmitted power. There are two possible ways to obtain this reference power:

- 1) the test fibre with a loop of smaller radius (less than 140 mm), or
- 2) a short (1 m to 2 m) length of multimode fibre.

b) *Méthode CEI 793-1-C7B: Méthode du diamètre de champ de mode en fonction de la longueur d'onde*

Cette méthode utilise la variation de la valeur du diamètre de champ de mode en fonction de la longueur d'onde pour obtenir une valeur de longueur d'onde de coupure.

Le diamètre de champ de mode peut être mesuré à l'aide de méthodes homologuées reposant sur la variation de la longueur d'onde de la source lumineuse.

La longueur d'onde de coupure λ_c est déterminée à partir de la courbe des diamètres de champ de mode en fonction de la longueur d'onde.

Dans la région unimodale (c'est-à-dire aux plus grandes longueurs d'onde), le diamètre du champ de mode fondamental diminue avec la longueur d'onde de façon quasiment linéaire. A l'approche de la longueur d'onde de coupure, le mode de second ordre provoque une variation de la largeur de champ beaucoup plus grande que les variations habituelles dans le domaine unimodal.

44.3 Méthode CEI 793-1-C7A – Méthode de la puissance transmise

44.3.1 Appareillage d'essai

a) Source lumineuse

Cette méthode met en œuvre une source lumineuse dont les raies spectrales n'excèdent pas 10 nm en largeur à mi-crête, dont la position, l'intensité et la longueur d'onde sont stables pendant le temps nécessaire à la réalisation de l'essai et fonctionnant dans une plage de longueurs d'onde suffisamment étendue.

b) Modulation

Il est d'usage de moduler la source lumineuse afin d'obtenir un meilleur rapport signal/bruit au niveau du récepteur. Si une telle méthode est utilisée, il convient de raccorder le récepteur optique à un ensemble de traitement du signal synchrone avec la fréquence de modulation de la source.

L'ensemble de détection doit être essentiellement linéaire.

c) Conditions d'injection

Les conditions d'injection dans la fibre doivent permettre d'exciter les modes LP_{01} et LP_{11} . Elles se caractérisent de préférence par:

- 1) le raccordement à une fibre multimodale, ou
- 2) l'utilisation d'une optique appropriée.

d) Extracteur de modes de gaine

Ce dispositif permet la transformation des modes de gaine en modes de rayonnement et, en conséquence, la suppression des modes de gaine de la fibre. Il convient cependant d'éviter que la propagation du mode LP_{11} soit altérée.

e) Détecteur optique

Le détecteur utilisé doit permettre de capter toute l'énergie rayonnée par le cœur à la sortie de la fibre. La réponse spectrale doit être compatible avec les caractéristiques spectrales de la source. Le récepteur doit être uniforme et avoir des caractéristiques linéaires.

b) Method IEC 793-1-C7B: Mode field diameter versus wavelength technique

This method uses the variation of the value of mode field diameter with wavelength in order to derive a value for the cut-off wavelength.

Approved test methods for the measurement of mode field diameter may be used in which it is possible to vary the wavelength of the light source.

The cut-off wavelength λ_c is determined from the mode field diameter versus wavelength plot.

In the single-mode region (i.e. at longer wavelengths), the fundamental mode field diameter decreases almost linearly with decreasing wavelength. As cut-off is approached, the contribution from the second-order mode causes the field width to deviate significantly from the expected variation for a single mode.

*44.3 Method IEC 793-1-C7A – Transmitted power technique**44.3.1 Test apparatus**a) Light source*

A light source with line width not exceeding 10 nm full width half maximum (FWHM), stable in position, intensity and wavelength over a time period sufficient to complete the measurement procedure, and capable of operating over a sufficient wavelength range, shall be used.

b) Modulation

It is customary to modulate the light source in order to improve the signal/noise ratio at the receiver. If such a procedure is adopted, the detector should be linked to a signal processing system synchronous to the source modulation frequency.

The detecting system should be substantially linear.

c) Launching conditions

The launching conditions used shall be sufficient to excite both LP_{01} and LP_{11} modes. For example, suitable launching techniques could be:

- 1) jointing with a multimode fibre; or
- 2) launching with a suitable system of optics.

d) Cladding mode stripper

The cladding mode stripper is a device that encourages the conversion of cladding modes to radiation modes; as a result, cladding modes are stripped from the fibre. Care should be taken to avoid affecting the propagation of the LP_{11} mode.

e) Optical detector

A suitable detector shall be used so that all of the radiation in the output core is intercepted. The spectral response should be compatible with spectral characteristics of the source. The detector shall be uniform and have linear characteristics.

44.3.2 Procédure

a) Transmission dans la fibre en essai

L'essai consiste à introduire la longueur de fibre de 2 m en essai dans l'appareillage d'essai et à la courber de manière à obtenir une boucle simple, lâche, ayant un rayon nominal de 140 mm. Il convient d'éviter des rayons inférieurs à 140 mm, ainsi que toute contrainte sur la fibre qui pourrait réduire la longueur d'onde de coupure.

La puissance de sortie $P_1(\lambda)$ est relevée à chaque longueur d'onde dans une plage suffisamment étendue de part et d'autre de la longueur d'onde de coupure prévue.

b) Transmission dans l'échantillon de référence

Il est possible d'utiliser l'une ou l'autre des méthodes 1) et 2).

- 1) L'essai consiste, dans des conditions d'injection constantes, à mesurer la puissance de sortie $P_2(\lambda)$ dans la même plage de longueur d'onde, l'échantillon en essai comportant au moins une boucle de rayon suffisamment faible pour filtrer le mode LP_{11} (rayon typique de boucle: 30 mm).
- 2) La puissance $P_3(\lambda)$ est mesurée sur une courte longueur de fibre multimodale (1 m à 2 m) dans la même plage de longueurs d'onde.

c) Calculs

Les rapports $P_1(\lambda)/P_2(\lambda)$ ou $P_1(\lambda)/P_3(\lambda)$ sont calculés comme suit:

$$R(\lambda) = 10 \lg \frac{P_1(\lambda)}{P_i(\lambda)} \text{ (dB)}$$

où:

$i = 2$ ou 3 dans les méthodes 1) ou 2) respectivement

d) Détermination de la longueur d'onde de coupure

Dans le cas de la méthode 1), la longueur d'onde de coupure est la longueur d'onde la plus grande à laquelle $R(\lambda) = 0,1$ dB (voir figure 31, page 124).

Dans le cas de la méthode 2), la longueur d'onde de coupure est donnée par l'intersection de la courbe $R(\lambda)$ avec la ligne droite (1) parallèle à la ligne droite (2) et se trouvant à 0,1 dB au-dessus de cette dernière, dont la position par rapport à la courbe $R(\lambda)$ est donnée à la figure 32, page 126.

e) Détermination de l'affaiblissement linéique du mode LP_{11}

La longueur de fibre unimodale de 2 m est réduite à environ 0,5 m, et dans des conditions d'injection constantes. La puissance de sortie $P_4(\lambda)$ est mesurée dans la même gamme de longueurs d'onde. Il convient d'éviter des courbures de rayons inférieurs à 140 mm. L'affaiblissement linéique du mode LP_{11} est donné par:

$$a_{11}(\lambda) = \frac{10}{L} \lg \frac{P_1/P_2 - 1}{P_4/P_2 - 1} \text{ [dB/m]}$$

où:

L est la circonférence de la boucle de 140 mm de rayon nominal, en mètres

44.3.2 Procedure

a) Transmission through the test sample

The 2 m length of fibre under test is inserted into the test apparatus and bent to form a loosely constrained single loop with a constant radius of nominally 140 mm. Care shall be taken to avoid any bends of radius smaller than 140 mm, and also any clamping action on the fibre which may lower the cut-off wavelength.

Output power $P_1(\lambda)$ shall be recorded at each wavelength over a sufficient region around the expected cut-off wavelength.

b) Transmission through the reference sample

Either method 1) or 2) may be used.

- 1) Using the test sample, and keeping the launch conditions fixed, an output power $P_2(\lambda)$ is measured over the same wavelength range with at least one loop of sufficiently small radius in the test sample to filter the LP_{11} mode. A typical value of radius for this loop is 30 mm.
- 2) With a short (1 m to 2 m) length of multimode fibre, measure $P_3(\lambda)$ over the same wavelength range.

c) Calculations

The ratio between transmitted powers $P_1(\lambda)$ and $P_2(\lambda)$, or $P_1(\lambda)$ and $P_3(\lambda)$ is calculated as follows:

$$R(\lambda) = 10 \lg \frac{P_1(\lambda)}{P_i(\lambda)} \text{ (dB)}$$

where:

$i = 2$ or 3 for method 1) or 2), respectively

d) Determination of cut-off wavelength

If method 1) is used, the cut-off wavelength is determined as the longest wavelength at which $R(\lambda) = 0.1$ dB (see Figure 31, page 125).

If method 2) is used, the cut-off wavelength is determined by the intersection of the $R(\lambda)$ curve with the straight line (1) drawn parallel to and 0.1 dB above the straight line (2) fitted to the $R(\lambda)$ curve as shown in Figure 32, page 127).

e) Determination of the attenuation coefficient of the LP_{11} mode

The 2 m length of single-mode fibre is cut back to approximately 0.5 m, keeping the launching conditions fixed. The output power $P_4(\lambda)$ is measured over the same wavelength range. Care shall be taken to avoid any bends with radius smaller than 140 mm. The attenuation coefficient of the LP_{11} linear mode follows from:

$$a_{11}(\lambda) = \frac{10}{L} \lg \frac{P_1/P_2 - 1}{P_4/P_2 - 1} \text{ [dB/m]}$$

where:

L is the circumference of the loop with 140 mm nominal radius, in metres

44.3.3 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Montage d'essai.
- Conditions d'injection.
- Type d'échantillon de référence.
- Température de l'échantillon et conditions d'environnement (éventuellement).
- Identification de la fibre.
- Plage de longueurs d'onde de mesure.
- Longueur d'onde de coupure et courbe de $R(\lambda)$ (éventuellement).
- Valeur de $a_{11}(\lambda)$ (éventuellement) aux longueurs d'onde spécifiées ou sous forme de courbe.

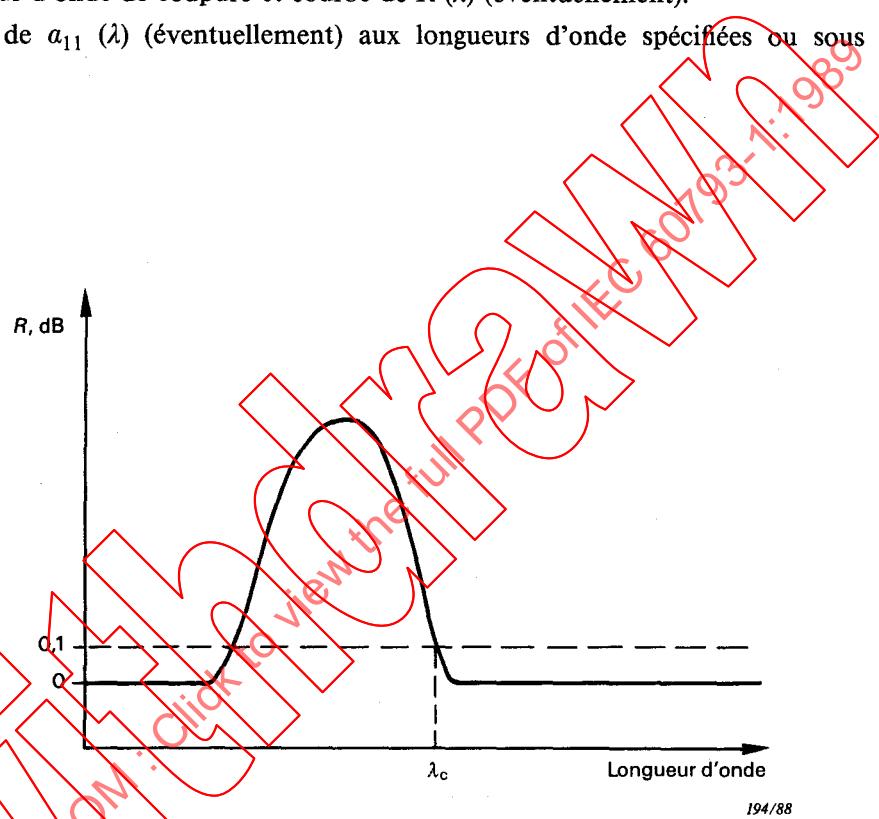


FIG. 31. – Courbe typique de longueur d'onde de coupure utilisant une référence unimodale.

44.4 Méthode CEI 793-1-C7B – Méthode du diamètre de champ de mode en fonction de la longueur d'onde

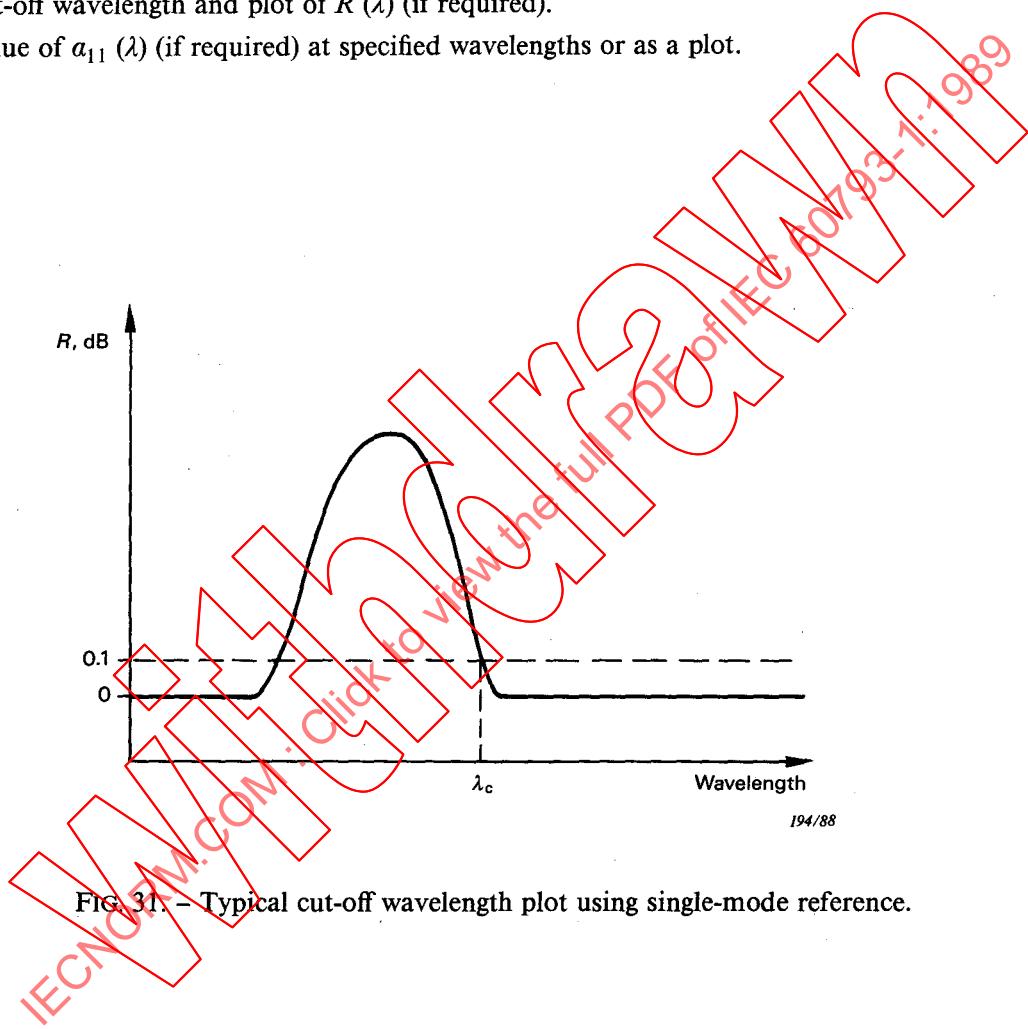
44.4.1 Appareillage d'essai

L'appareillage utilisé pour la mesure du diamètre de champ de mode (Méthode CEI 793-1-C9A ou C9B) est conservé pour cet essai, mais adapté de telle sorte qu'il soit possible de faire varier la longueur d'onde de la source dans la plage de longueurs d'onde nécessaire.

44.3.3 Results

The following details shall be presented:

- Test apparatus arrangement.
- Launching conditions.
- Type of reference sample.
- Temperature of the sample and environmental conditions (if necessary).
- Fibre identification.
- Wavelength range of measurement.
- Cut-off wavelength and plot of $R(\lambda)$ (if required).
- Value of $a_{11}(\lambda)$ (if required) at specified wavelengths or as a plot.



44.4 Method IEC 793-1-C7B – Mode field diameter versus wavelength technique

44.4.1 Test apparatus

The test apparatus shall be as used for the measurement of mode field diameter, method IEC 793-1-C9A or C9B, but adapted so that the source wavelength can be varied over the required wavelength range.

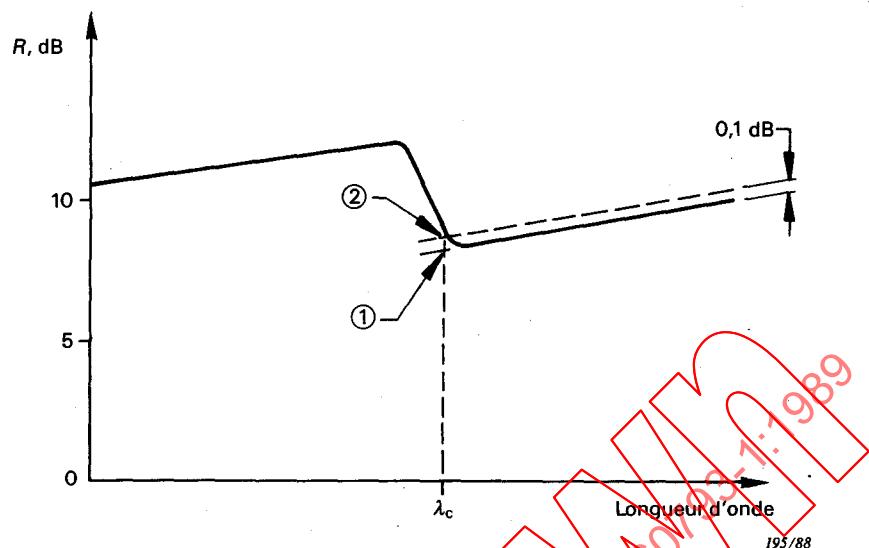


FIG. 32. – Courbe typique de longueur d'onde de coupure utilisant une référence multimodale.

Si la méthode des champs transmis est utilisée, il convient de réaliser une boucle simple au rayon nominal de 140 mm sur une longueur de fibre de 2 m. Si la méthode du décalage transversal est employée, il convient de disposer d'une longueur de fibre de 2 m de part et d'autre du raccordement.

Une boucle simple de 140 mm de rayon est alors réalisée sur chacune de ces longueurs.

Quelle que soit la méthode utilisée, les modes de gaine ne doivent pas se propager; en revanche, il importe que la propagation des modes d'ordre supérieur ne soit pas altérée.

44.4.2 Procédure

Le diamètre de champ de mode est mesuré à différentes longueurs d'onde dans la plage nécessaire.

La courbe du diamètre de champ de mode en fonction de la longueur d'onde est établie et une extrapolation linéaire est effectuée conformément à la figure 33.

La valeur de la longueur d'onde de coupure est alors déterminée par l'intersection des extrapolations linéaires.

44.4.3 Résultats

Les renseignements suivants doivent être fournis:

- Montage d'essai et méthode de mesure du diamètre de champ de mode.
- Identification de la fibre.
- Courbe du diamètre du champ de mode en fonction de la longueur d'onde.
- Longueur d'onde de coupure.
- Précision de mesure et reproductibilité.
- Température de l'échantillon et conditions d'environnement (éventuellement).

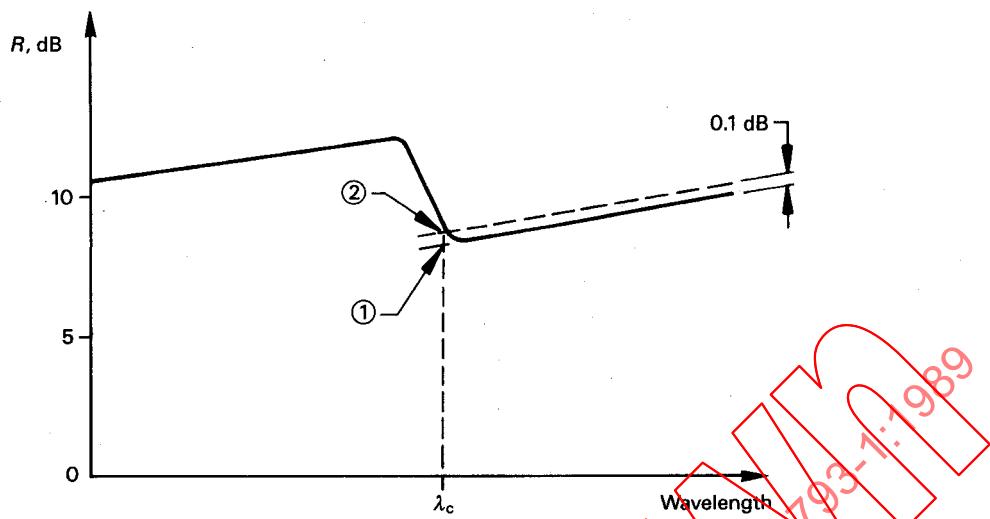


FIG. 32. – Typical cut-off wavelength plot using multimode reference.

If the transmitted fields technique is used, a single loop of nominal radius 140 mm is formed in a 2 m length of fibre. If the transverse offset technique is used, a 2 m length of fibre is used on each side of the joint.

A single loop of radius 140 mm is then formed in each of these 2 m lengths.

Regardless of which technique is used, cladding modes should not propagate, but care should be taken to avoid affecting the propagation of the higher order modes.

44.4.2 Procedure

The mode field diameter shall be measured for various wavelength values over the required range.

A plot of mode field diameter versus wavelength shall be obtained and a linear extrapolation made as shown in the example of Figure 33.

The value of cut-off wavelength can then be determined, as the intersection of the linear extrapolations.

44.4.3 Results

The following data shall be presented:

- Test apparatus arrangement and method of mode field diameter measurement.
- Fibre identification.
- Plot of mode field diameter versus wavelength.
- Cut-off wavelength.
- Indication of accuracy and repeatability.
- Temperature of the sample and environmental conditions (if necessary).

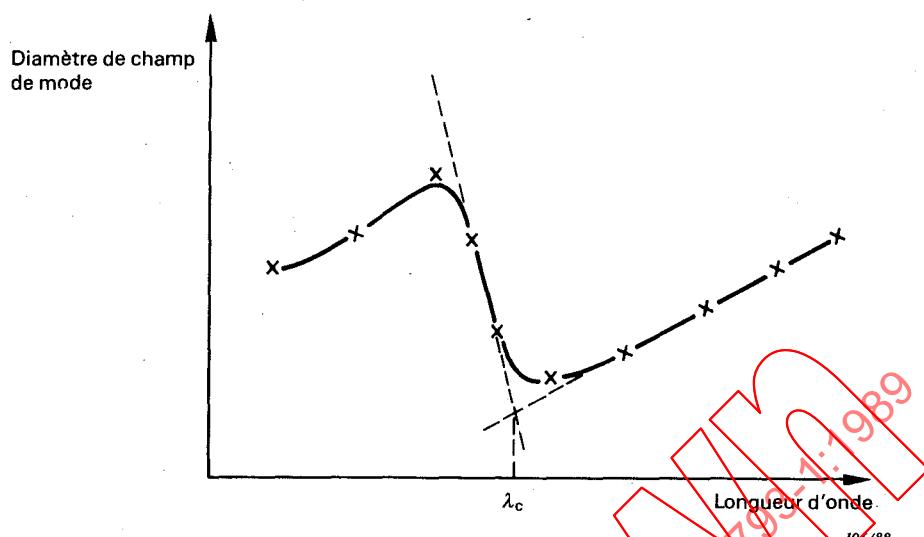


FIG. 33. – Exemple typique de diamètre de champ de mode mesuré par la méthode du décalage transversal, en fonction de la longueur d'onde.

45. Méthode CEI XXX-C8 – Dispersion modale

Pour examen futur.

46. Méthode CEI 793-1-C9 – Diamètre de champ de mode

Le présent article décrit deux méthodes de mesure du diamètre de champ de mode sur des fibres unimodales.

a) Méthode CEI 793-1-C9A – Technique du décalage transversal

Cette méthode est utilisée pour mesurer la puissance optique couplée entre deux sections de fibre, en fonction du décalage transversal introduit entre ces sections au moyen d'un support de raccordement à décalage transversal. Cette mesure permet de déterminer le diamètre de champ de mode.

b) Méthode CEI 793-1-C9B – Technique des champs transmis

Cette méthode est utilisée pour mesurer les champs proches et les champs lointains de fibres unimodales en vue de la détermination du diamètre de champ de mode, de la non-circularité, de l'erreur de concentricité et du diamètre de gaine.

46.1 Méthode CEI 793-1-C9A – Technique du décalage transversal

46.1.1 Appareillage d'essai

On se référera au schéma représentant l'appareillage d'essai (figure 34, page 132).

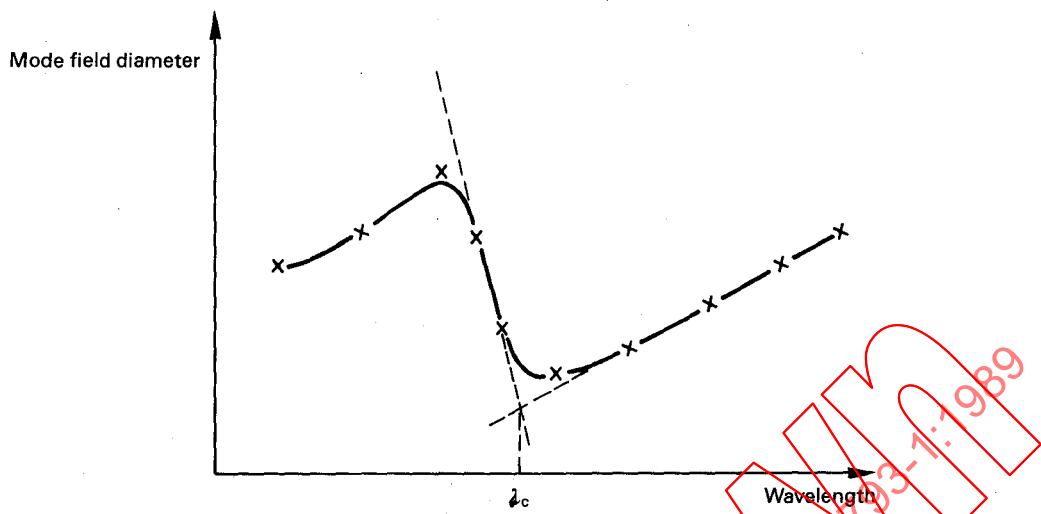


FIG. 33. – Typical example of mode field diameter measured by transverse offset technique, against wavelength.

45. Method IEC XXX-C8 – Modal dispersion

For future consideration.

46. Method IEC 793-1-C9 – Mode field diameter

This clause describes two methods of measuring the mode field diameter of single-mode fibres.

a) Method IEC 793-1-C9A – Transverse offset technique

This method is used to measure the optical power coupled from one section of the test fibre in a variable offset joint to another section as a function of the relative transverse offset to determine the mode field diameter.

b) Method IEC 793-1-C9B – Transmitted fields technique

This method is used to measure the near fields and far fields of single-mode fibres enabling the mode field diameter, non-circularity, concentricity error, and cladding diameter to be determined.

46.1 Method IEC 793-1-C9A – Transverse offset technique

46.1.1 Test apparatus

Refer to the schematic diagram of the test apparatus (Figure 34, page 133).