

# NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI  
IEC  
793-1

Deuxième édition  
Second edition  
1987



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

## Fibres optiques

Première partie: Spécification générique

## Optical fibres

Part 1: Generic specification

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60793-1:1987  
Withdrawn

Publication  
793-1: 1987

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1:1987

# Withdrawn

# NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI  
IEC  
793-1

Deuxième édition  
Second edition  
1987



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

## Fibres optiques

Première partie: Spécification générique

## Optical fibres

Part 1: Generic specification

© CEI 1987 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

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

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE . . . . .	6
PRÉFACE . . . . .	6
 SECTION UN — GÉNÉRALITÉS  	
Articles	
1. Domaine d'application . . . . .	8
2. Objet . . . . .	8
3. Définitions . . . . .	8
4. Catégories des fibres optiques . . . . .	8
5. Propriétés des fibres optiques . . . . .	10
6. Préparation des échantillons . . . . .	10
7. Catégories d'essais et de méthodes de mesure . . . . .	10
 SECTION DEUX — MÉTHODES DE MESURE DES DIMENSIONS  	
8. Objet . . . . .	10
9. Surface de référence . . . . .	12
10. Erreur de concentricité . . . . .	12
11. Tolérances . . . . .	14
12. Définitions opérationnelles . . . . .	14
13. Méthode CEI 793-1-A1 — Champ proche réfracté . . . . .	14
14. Méthode CEI 793-1-A2 — Répartition de la lumière en champ proche . . . . .	20
15. Méthode CEI 793-1-A3 — Quatre cercles concentriques . . . . .	26
16. Méthode CEI XXX-A4 — Mesure mécanique du diamètre . . . . .	28
17. Méthode CEI XXX-A5 — Mesure mécanique de la longueur . . . . .	28
18. Méthode CEI 793-1-A6 — Mesure de la longueur par mesure du retard de l'impulsion transmise et/ou de l'impulsion réfléchie . . . . .	28
 SECTION TROIS — MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES  	
19. Objet . . . . .	38
20. Définitions opérationnelles . . . . .	38
21. Défauts physiques . . . . .	40
22. Méthode CEI 793-1-B1 — Essai de sélection d'une fibre optique . . . . .	40
23. Méthode CEI 793-1-B2A — Résistance à la traction de courtes longueurs de fibres optiques . . . . .	48
24. Méthode CEI XXX-B2B — Résistance à la traction pour de grandes longueurs de fibres optiques . . . . .	50
25. Méthode CEI XXX-B3 — Courbure . . . . .	50
26. Méthode CEI XXX-B4 — Abrasion . . . . .	52
27. Méthode CEI XXX-B5 — Examen visuel . . . . .	52

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	7
PREFACE .....	7

## SECTION ONE — GENERAL

## Clause

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

## SECTION TWO — MEASURING METHODS FOR DIMENSIONS

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

## SECTION THREE — MEASURING METHODS FOR MECHANICAL CHARACTERISTICS

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

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

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

SECTION CINQ — MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES D'ENVIRONNEMENT

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

SECTION SIX — CONDITIONNEMENT

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

SECTION SEPT — ESSAIS APPLICABLES AUX CONDITIONS DE RECETTE,  
DE CONTRÔLE ET D'HOMOLOGATION

(Pour examen ultérieur)

SECTION FOUR — MEASURING METHODS FOR TRANSMISSION  
AND OPTICAL CHARACTERISTICS

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

SECTION FIVE — MEASURING METHODS FOR ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS

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

SECTION SIX — PACKAGING

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

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**FIBRES OPTIQUES**

**Première partie: Spécification générique**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

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

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

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

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

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

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

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

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

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## OPTICAL FIBRES

## Part 1: Generic specification

## FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 I E C expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the I E C recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the I E C recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.
- 4) The I E C has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

## PREFACE

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

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

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

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

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

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

This new edition of I E C Publication 793 will comprise two parts:

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

The following I E C publications are quoted in this standard:

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

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

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

## FIBRES OPTIQUES

### Première partie: Spécification générique

#### SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

##### 1. Domaine d'application

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

##### 2. Objet

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

##### 3. Définitions

A l'étude.

##### 4. Catégories des fibres optiques

###### 4.1 Classe A – Fibres multimodales

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

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

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

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

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

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

$a$  = rayon de cœur

## OPTICAL FIBRES

### Part 1: Generic specification

#### SECTION ONE – GENERAL

##### 1. Scope

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

##### 2. Object

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

##### 3. Definitions

Under consideration.

##### 4. Categories of optical fibres

###### 4.1 Class A – Multimode fibres

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

The normalized index profile is expressed as:

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

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

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

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

$a$  = core radius

TABLEAU I

*Catégories de fibres multimodales*

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

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

4.2 *Fibres unimodales de classe B*

A l'étude.

4.3 *Autres classes de fibres*

Pour examen ultérieur.

5. **Propriétés des fibres optiques**

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

6. **Préparation des échantillons**

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

7. **Catégories d'essais et de méthodes de mesure**

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

SECTION DEUX — MÉTHODES DE MESURE DES DIMENSIONS

8. **Objet**

Les méthodes de mesure s'appliquent à la mesure pratique de la longueur et des dimensions en section droite d'une fibre optique. Elles sont à utiliser pour le contrôle des fibres lors des relations commerciales.

TABLE I

*Categories of multimode fibres*

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

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

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

#### 4.2 Class B singlemode fibres

Under consideration.

#### 4.3 Other classes of fibre

For future consideration.

### 5. Optical fibre properties

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

### 6. Preparation of samples

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

### 7. Categories of test and measuring methods

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

## SECTION TWO – MEASURING METHODS FOR DIMENSIONS

### 8. Object

The measuring methods apply to the practical measurement of the length and the cross-sectional dimensions of an optical fibre. The methods are to be used for inspection of fibres for the sake of trade and commerce.

Les dimensions des fibres optiques doivent être déterminées en soumettant les échantillons à des essais choisis dans le tableau II. Les essais appliqués, les critères d'acceptation et le nombre d'échantillons doivent être tels qu'indiqués dans la spécification particulière. Il est clair que ce tableau englobe toutes les catégories de fibres, mais que les essais ne sont pas tous applicables à n'importe quelle catégorie de fibre.

TABLEAU II

*Dimensions des fibres optiques*

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

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

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

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

**9. Surface de référence**

La surface de référence sera déterminée dans la spécification particulière et pourra être soit la surface du cœur, de gaine, du revêtement primaire, soit celle du revêtement protecteur.

**10. Erreur de concentricité**

L'erreur de concentricité peut être spécifiée entre deux quelconques des diamètres mentionnés ci-dessus, et peut être indiquée dans la spécification particulière.

The dimensions of optical fibres shall be determined by subjecting samples to tests selected from Table II. The tests applied, acceptance criteria and number of samples shall be as specified in the detail specification. It should be clear that this table encompasses all categories of fibres, but not all tests are applicable to any one fibre category.

TABLE II

*Dimensions of optical fibres*

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

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

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

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

## 9. Reference surface

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

## 10. Concentricity error

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

## 11. Tolérances

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

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

## 12. Définitions opérationnelles

A l'étude.

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

### 13.1 *Objet*

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

### 13.2 *Appareillage*

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

#### 13.2.1 *Source*

Un laser stable émettant quelques milliwatts de puissance optique sur le mode TEM<sub>00</sub> est nécessaire.

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

Une lame quart d'onde est introduite pour transposer le faisceau d'une polarisation rectiligne à une polarisation circulaire, car la réflexion de la lumière sur un interface air-verre dépend étroitement de l'angle et de la polarisation.

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

#### 13.2.2 *Optique d'injection*

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

#### 13.2.3 *Cellule à liquide d'indice*

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

## 11. Tolerances

Tolerances on diameters can be specified in the detail specification.

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

## 12. Operational definitions

Under consideration.

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

### 13.1 Object

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

### 13.2 Test apparatus

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

#### 13.2.1 Source

A stable laser giving a few milliwatts of power in the TEM<sub>00</sub> mode is required.

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

A quarter-wave plate is introduced to change the beam from linear to circular polarization because the reflectivity of light at an air-glass interface is strongly angle and polarization dependent.

A pinhole placed at the focus of lens 1 acts as a spatial filter.

#### 13.2.2 Launch optics

The launch optics, which are arranged to overfill the NA of the fibre, brings a beam of light to a focus on the flat end of the fibre. The optical axis of the beam of light should be within 1° of the axis of the fibre. The resolution of the equipment is determined by the size of the focused spot, which should be as small as possible in order to maximize the resolution, for example less than 1.5 µm. The equipment enables the focused spot to be scanned across the fibre diameter.

#### 13.2.3 Liquid cell

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

#### 13.2.4 *Détection*

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

#### 13.3 *Préparation de l'échantillon*

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

L'ensemble des protections mécaniques doit être éliminé de la section de fibre immergée dans la cellule à liquide d'indice.

Les faces de la fibre doivent être propres, planes et perpendiculaires à l'axe de la fibre.

#### 13.4 *Procédure*

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

##### 13.4.1 *Courbe de profil d'indice de la fibre*

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

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

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

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

##### 13.4.2 *Étalonnage de l'équipement*

L'étalonnage de l'équipement est réalisé lorsque la fibre n'est pas présente dans la cellule à liquide d'indice. Pendant la mesure, l'angle du cône de lumière varie en fonction de l'indice de réfraction vu au point d'impact sur la fibre (entraînant une variation de la puissance optique au-delà du disque). Connaissant l'indice du liquide et l'épaisseur de la cellule, cette variation peut être simulée, fibre ôtée, par translation du disque le long de l'axe optique. En amenant le disque sur un certain nombre de positions prédéterminées, on peut ainsi étalonner le profil en terme d'indices relatifs. Les indices absolus, par exemple  $n_1$  et  $n_2$ , peuvent être déterminés seulement si l'indice de gaine ou celui du liquide sont connus avec précision pour la longueur d'onde utilisée et à la température de mesure.

##### 13.4.3 *Résultats*

Les renseignements suivants doivent être fournis:

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

#### 13.2.4 Sensing

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

#### 13.3 Sample preparation

A length of fibre of about 1 m is required.

All fibre coatings shall be removed from the section of fibre immersed in the liquid cell.

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

#### 13.4 Procedure

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

##### 13.4.1 Fibre index profile plot

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

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

The disc is centred on the output cone. For multimode fibre, the disc is positioned on the optic axis to just block the leaky modes. For singlemode fibre, the disc is positioned to give optimum resolution.

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

##### 13.4.2 Equipment calibration

The equipment is calibrated with the fibre removed from the liquid cell. During the measurement the angle of the cone of light varies according to the refractive index seen at the entry point to the fibre (hence the change of power passing the disc). With the fibre removed and the liquid index and cell thickness known, this change in angle can be simulated by translating the disc along the optic axis. By moving the disc to a number of predetermined positions the profile can be scaled in terms of relative index. Absolute indices, i.e.  $n_1$  and  $n_2$ , can only be found if the cladding index or the liquid index, at the measurement wavelength and temperature, is known accurately.

##### 13.4.3 Results

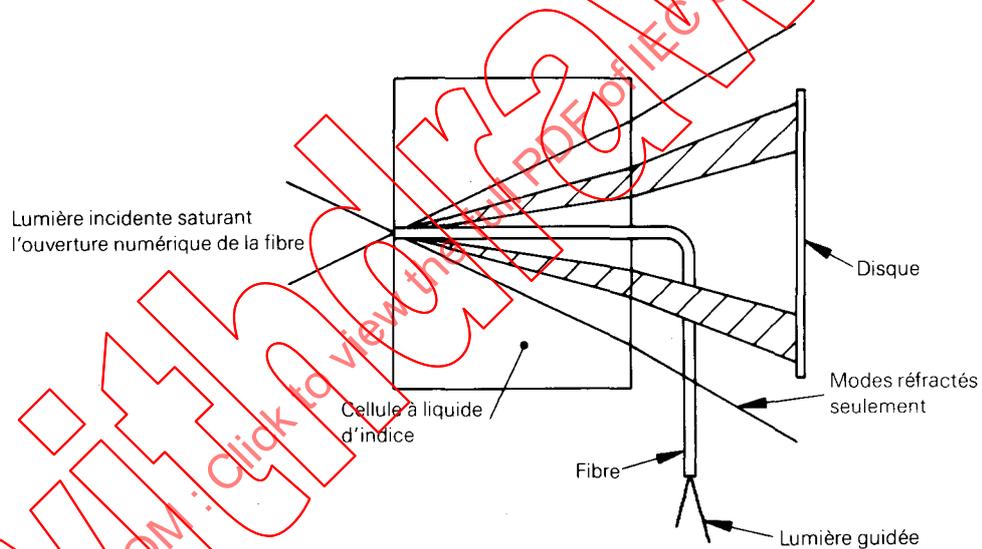
The following details shall be presented:

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

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

A partir du balayage d'une section du profil, les grandeurs suivantes peuvent être calculées:

- Diamètre du cœur.
  - Diamètre de gaine.
  - Erreur de concentricité entre le cœur et la gaine.
  - Non-circularité du cœur.
  - Non-circularité de la gaine.
  - Ouverture numérique théorique maximale.
  - Différence d'indice.
  - Différence d'indice relative.
- Indications sur la précision et la reproductibilité.



329/87

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

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

By the raster scan of the cross-section of the profile, the following quantities may be calculated:

- Diameter of core.
  - Diameter of cladding.
  - Concentricity error core/cladding.
  - Non-circularity of core.
  - Non-circularity of cladding.
  - Maximum theoretical numerical aperture.
  - Index difference.
  - Relative index difference.
- Indication of accuracy and reproducibility.

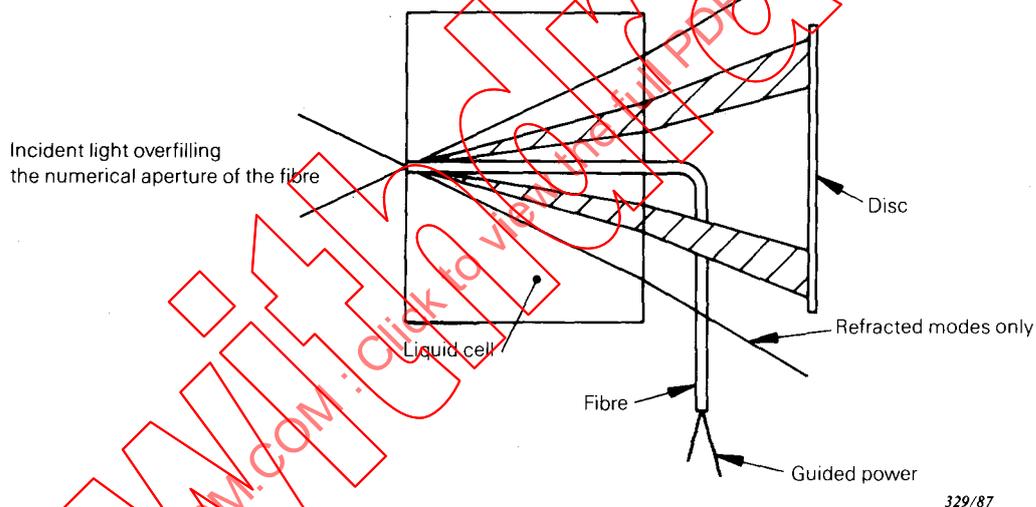


FIG 1. — Refracted near-field technique — Schematic diagram.

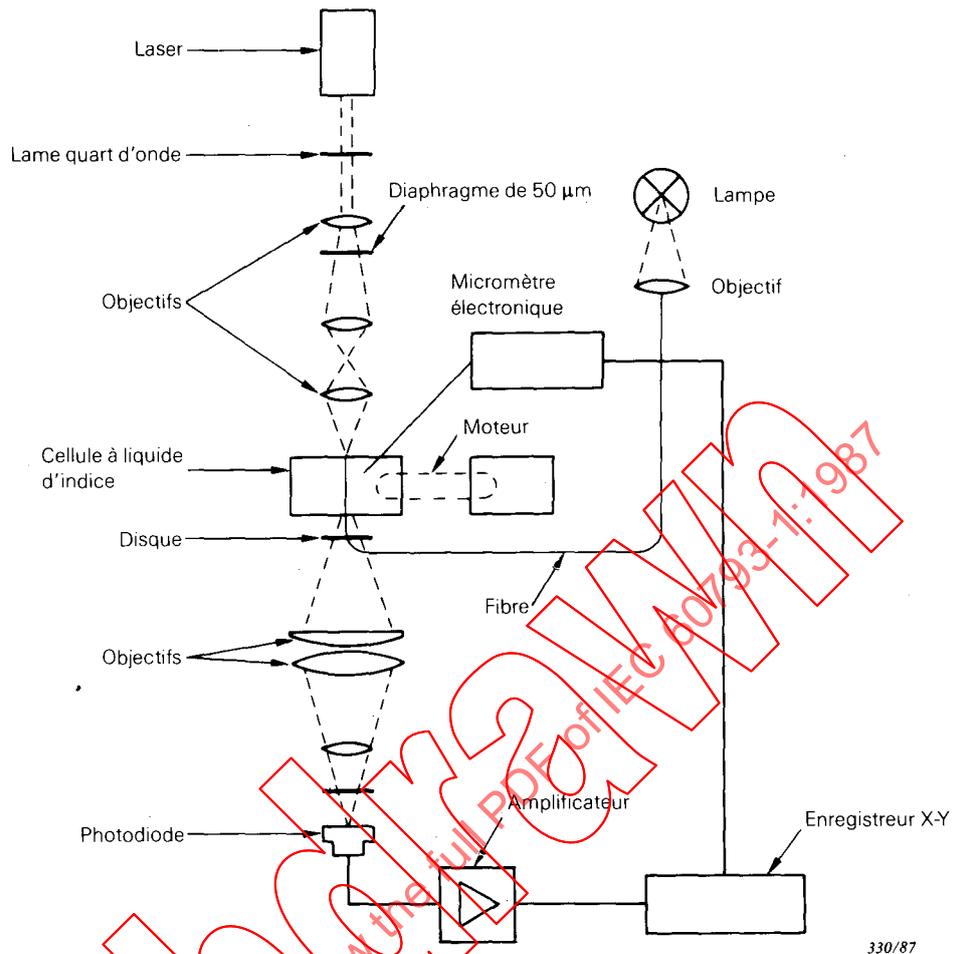


FIG. 2. — Exemple typique d'un appareillage de mesure du champ proche réfracté.

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

### 14.1 *Objet*

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

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

### 14.2 *Préparation de l'échantillon*

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

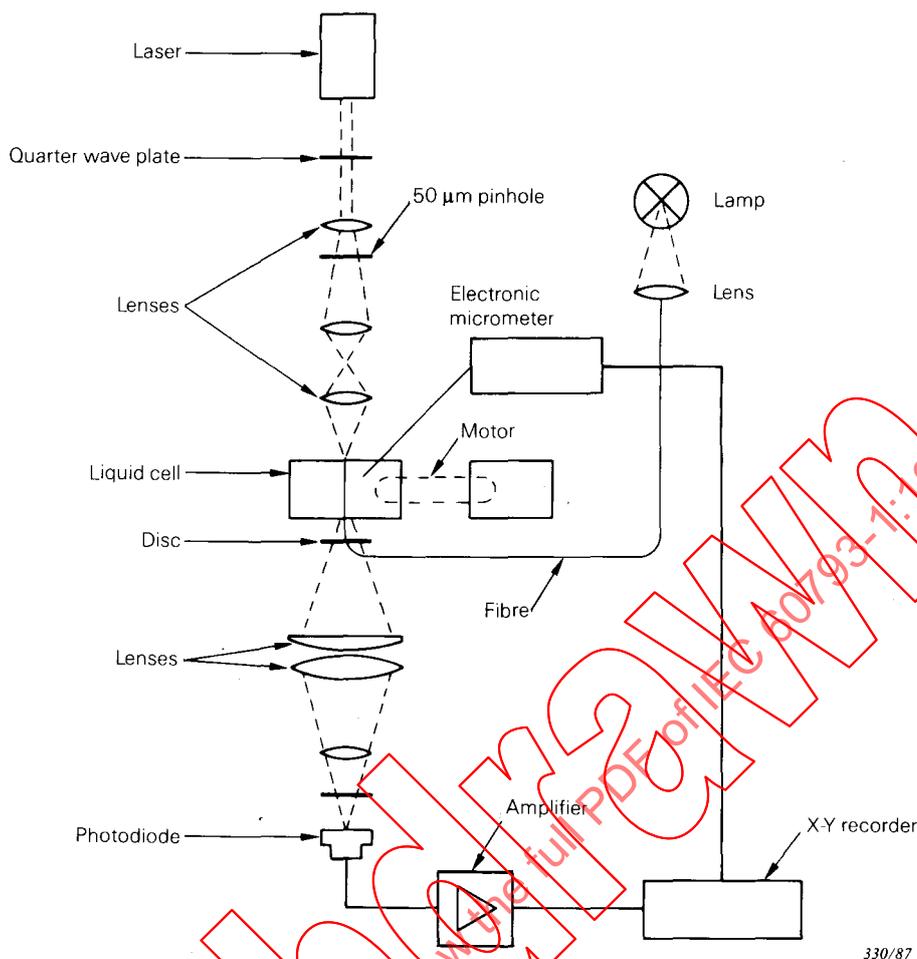


FIG. 2. — Typical arrangement of the refracted near-field test set.

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

### 14.1 Object

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

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

### 14.2 Sample preparation

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

### 14.3 Appareillage

#### 14.3.1 Source lumineuse

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

#### 14.3.2 Systèmes de détection

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

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

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

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

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

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

#### 14.4 Procédure

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

##### 14.4.1 Examen visuel par méthode microscopique

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

### 14.3 Apparatus

#### 14.3.1 Light source

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

#### 14.3.2 Detection systems

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

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

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

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

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

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

#### 14.4 Procedure

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

##### 14.4.1 Microscope technique with visual inspection

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

#### 14.4.2 *Méthode microscopique avec enregistrement photographique*

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

#### 14.4.3 *Technique microscopique avec analyseur vidéo*

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

#### 14.4.4 *Technique microscopique avec détecteur à balayage diaphragmé*

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

#### 14.5 *Documentation*

Les renseignements suivants doivent être fournis:

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

#### 14.4.2 *Microscope technique with photography*

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

#### 14.4.3 *Microscope techniques with a video analyzer*

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

#### 14.4.4 *Microscope technique with a pinhole scanning detector*

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

#### 14.5 *Documentation*

The following data shall be presented:

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

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

### 15.1 *Objet*

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

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

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

$$\begin{array}{l} D_{CL} + \Delta D_{CL} \\ D_{CL} - \Delta D_{CL} \end{array} \quad \text{pour la gaine}$$

$$\begin{array}{l} D_{CO} + \Delta D_{CO} \\ D_{CO} - \Delta D_{CO} \end{array} \quad \text{pour le cœur}$$

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  $D_{CL}$ ,  $\Delta D_{CL}$ ,  $D_{CO}$  et  $\Delta D_{CO}$ .

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

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

### 15.1 Object

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

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

The four concentric circles form two rings with the diameters:

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

which define the tolerance field.

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

### 15.2 Sample preparation/selection

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

### 15.3 Apparatus

#### 15.3.1 Light source

See Sub-clause 14.3.1.

#### 15.3.2 Microscope

See Sub-clause 14.3.2.1.

#### 15.3.3 Microscope with a photographic camera

See Sub-clause 14.3.2.2.

#### 15.3.4 Video analyzer

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

#### 15.3.5 Scanning detector

See Sub-clause 14.3.2.4.

#### 15.3.6 Mask

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

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

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 XXX-A4 – Mesure mécanique du diamètre

A l'étude.

#### 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.

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 XXX-A4 — Mechanical diameter measurement

Under consideration.

#### 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 the 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  $\Delta t$ :

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

où:

$\Delta t$  est le temps de retard, et

$c$  est la vitesse de la lumière dans le vide.

Si  $N$  est connu, la mesure de  $\Delta t$  donne  $L$  et, d'autre part, la mesure de  $\Delta t$  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 ( $\Delta t$  mesuré);
- b) mesure du temps de propagation d'une impulsion réfléchie ( $2 \Delta t$  mesuré).

Les deux montages différents, correspondant aux deux techniques utilisant un oscilloscope à échantillonnage, sont illustrés dans la figure 3, page 34.

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 ( $\Delta t$ , avec le compteur) ou rétrodiffusée ( $2 \Delta t$ , avec l'équipement de rétrodiffusion). La longueur d'onde et la largeur spectrale de la source doivent être enregistrées.

### 18.4.3 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.

## 18.2 Principle

An optical pulse travelling through an optical fibre with length  $L$  and average group index  $N$ , experiences a travelling/delay time  $\Delta t$ :

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

where:

$\Delta t$  is the time delay, and

$c$  the velocity of light in vacuum.

If  $N$  is known, the measurement of  $\Delta t$  gives  $L$  and on the other hand, the measurement of  $\Delta t$  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 as follows:

- a) time measurement of the transmitted pulse ( $\Delta t$  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 3, page 35.

Instead of the sampling oscilloscope, backscattering equipment or a counter with separate start/stop gate 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 must 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 must 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 ( $\Delta t$ , 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 Optical detector

The receiver shall 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 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  $\Delta t$  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)

$\Delta t$  = 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 4, page 36).

\*\* Facultatif.

### 18.5 Procedure

#### a) Calibration

The delay time of 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  $\Delta t$  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)

$\Delta t$  = transmission or reflection time (ns)

$c$  = light velocity in vacuum (m/ns)

$N$  = average group index

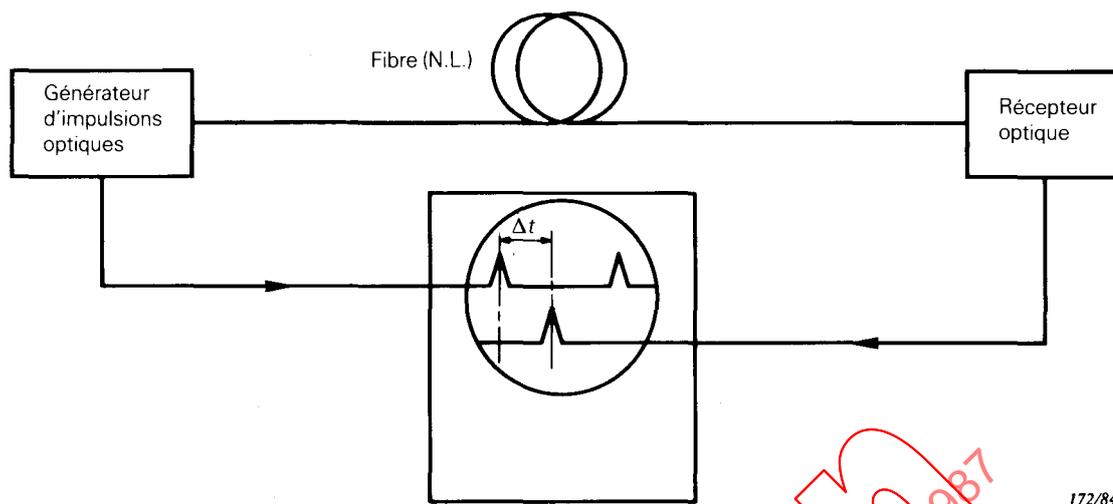
### 18.7 Documentation

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.

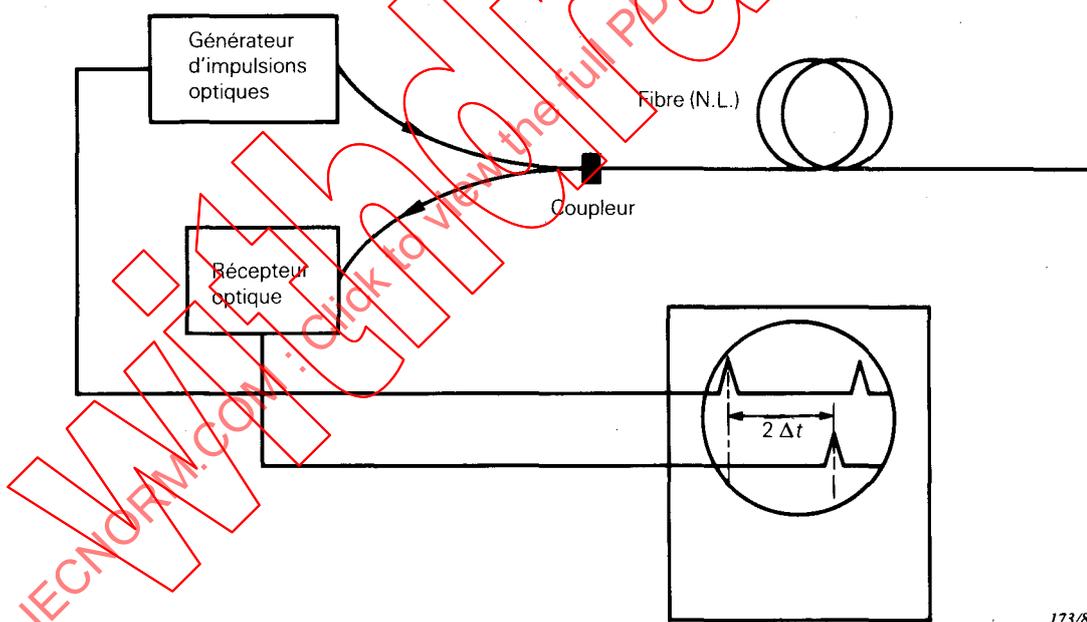
\* An important practical improvement can be achieved in making the accuracy of the measurement independent from the actual length of the fibre by means of a dual channel oscilloscope method (see Figure 4, page 37).

\*\* Optional.



172/84

FIG. 3a. — Mesure du temps de propagation d'une impulsion transmise.



173/84

FIG. 3b. — Mesure du temps de propagation d'une impulsion réfléchie.

FIG. 3. — Mesure de la longueur de fibre par la mesure du temps de propagation d'impulsions optiques.

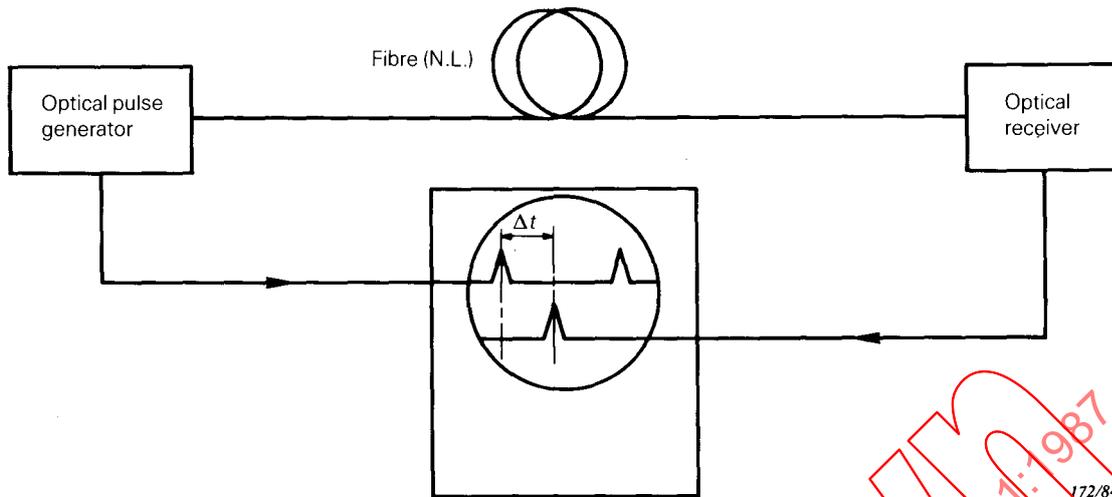


FIG. 3a. — Time measurement of the transmitted pulse.

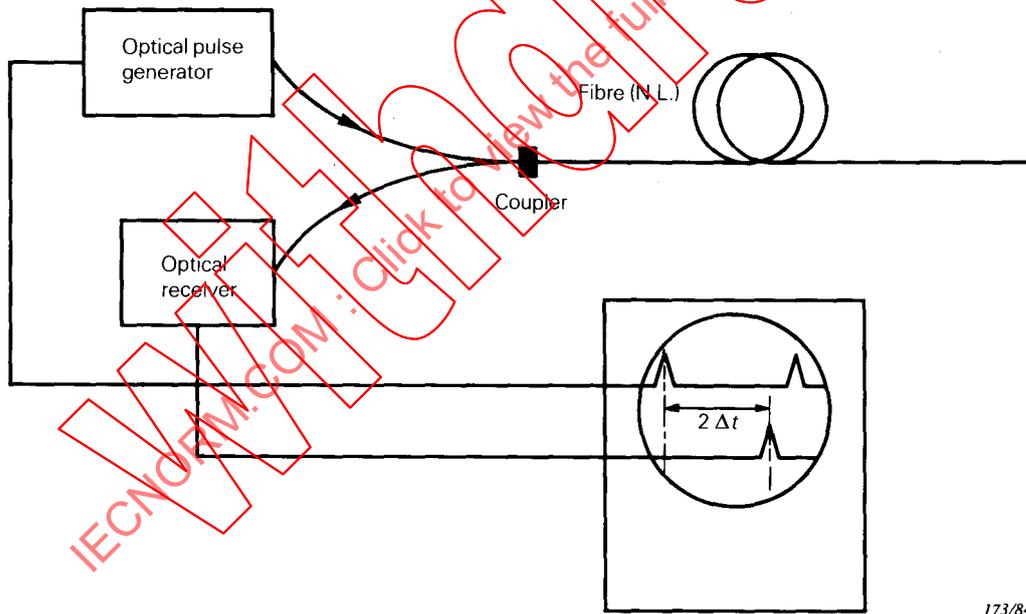


FIG. 3b. — Time measurement of the reflected pulse.

FIG. 3. — Measurement of fibre length by propagation time of optical pulses.

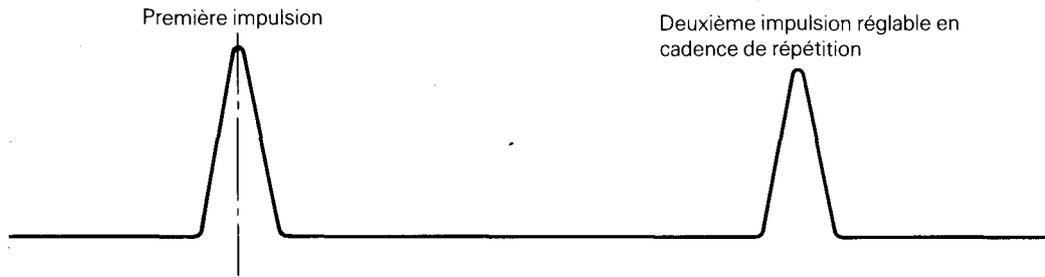


FIG. 4a. — Voie 1: impulsion émise.

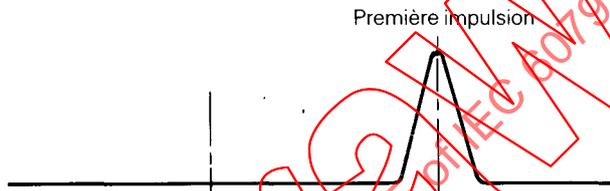
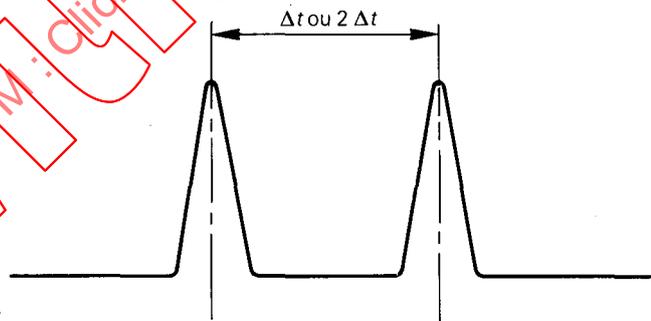


FIG. 4b. — Voie 2: impulsion transmise.



174/84

FIG. 4c. — Voie 1: impulsion émise après que la cadence de répétition eut été réglée pour amener la deuxième impulsion en coïncidence temporelle avec l'impulsion transmise de la voie 2.

FIG. 4. — Principe de la mesure de la longueur de fibre.

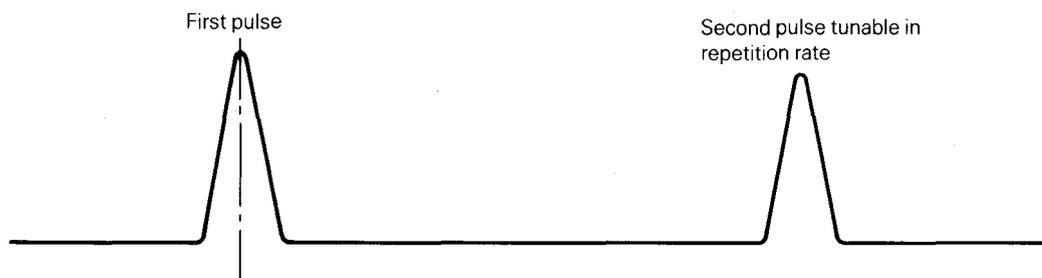


FIG. 4a. — Channel 1: emitted pulse.

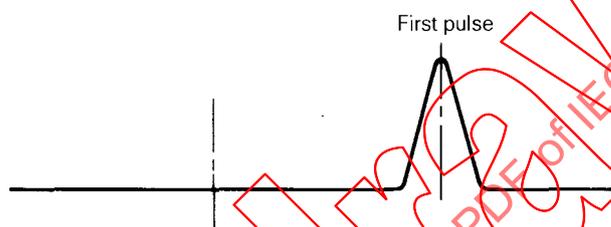


FIG. 4b. — Channel 2: transmitted pulse.

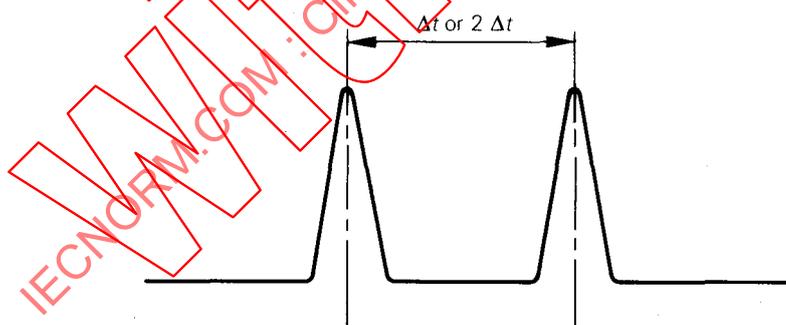


FIG. 4c. — Channel 1: emitted pulse after adjustment of the repetition rate in such a way that the second pulse in channel 1 coincides with the transmitted pulse of channel 2.

174/84

FIG. 4. — Principle of fibre-length measurement.

SECTION TROIS – MÉTHODES DE MESURE DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

19. **Objet**

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

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

TABLEAU III  
*Caractéristiques mécaniques des fibres optiques*

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

\*A l'étude.

20. **Définitions opérationnelles**

20.1 *Résistance mécanique d'une longueur de fibre de verre*

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

Si l'on soumet une longueur de fibre à une contrainte  $a$  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 IEC 793-1-B2A IEC XXX-B2B*	Optical fibre proof test Tensile strength for short length of fibre Tensile strength for long length of fibre	Mechanical strength
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  $\sigma$  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  $K_1 = Ya\sigma^{1/2}$

where:

$K_1$  = stress intensity factor

$Y$  = shape factor (constant)

$\sigma$  = 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  $\Delta t$ , la valeur de  $K_I$  atteint la valeur limite  $K_{Ic}$  (facteur d'intensité critique de la contrainte) pour laquelle la fibre casse (voir figure 5).

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  $a_{11}$  à  $a_{12}$ .

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  $a_1$ .

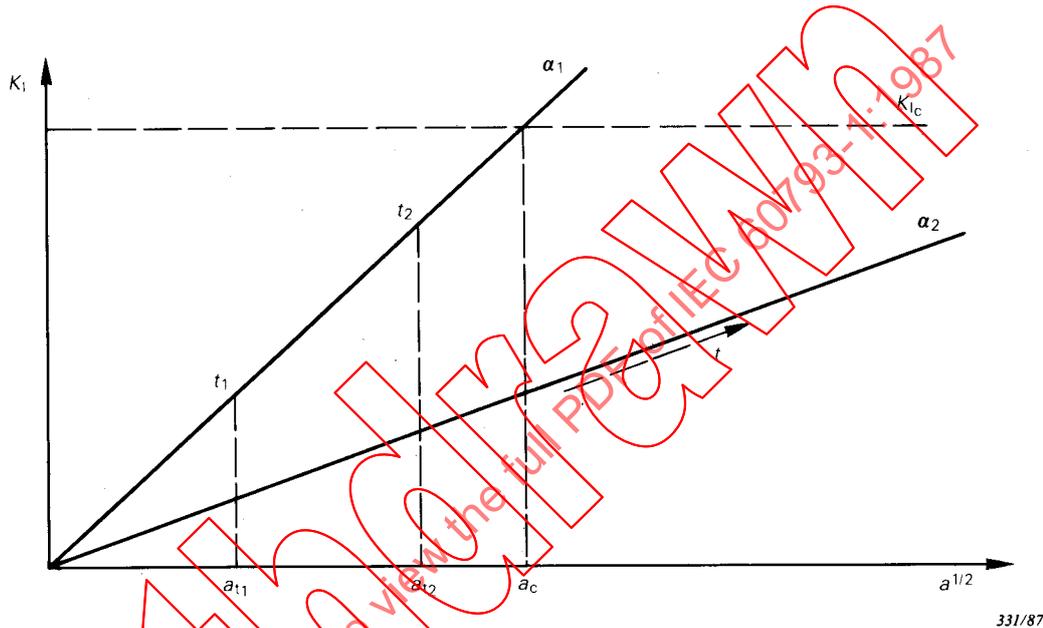


FIG. 5. — Graphique montrant la croissance de la fissure d'une fibre optique en verre soumise à une contrainte.

## 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 C E I.

In cases where the flaws have grown during a time  $\Delta t$  to a value where  $K_I$  becomes  $K_{Ic}$  (critical stress intensity factor) the fibre will break (see Figure 5).

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  $a_1$  that 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.

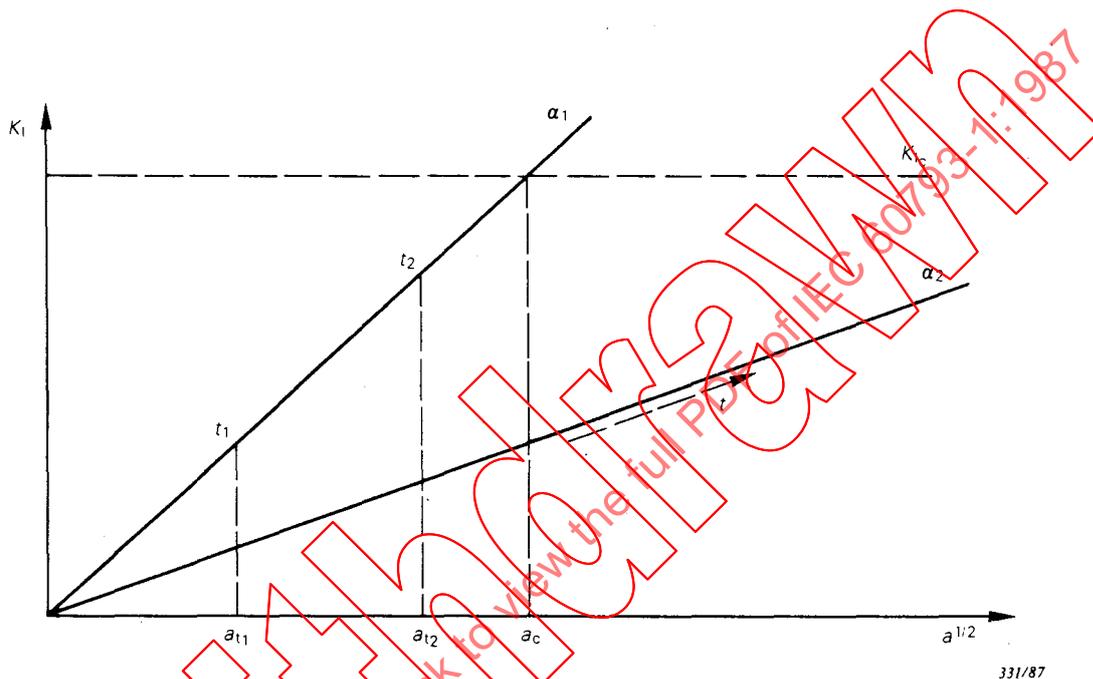


FIG. 5. — Graph of flaw growth of optical glass fibre under stress.

## 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 equal or lower than the proof test level.

### 22.2 Conditions for testing

The test shall be carried out at 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 6, page 46. 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  $T_1$  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 6 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 6, page 47. 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 6 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 7, page 46; 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 8, page 48. 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 maximum 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 9, page 48).

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

### 22.6.2 *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.

## 22.5 Constant longitudinal strain proof test

### 22.5.1 Apparatus

The constant strain proof test apparatus shall be generally in accordance with Figure 7, page 47; 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 minimise 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 8, page 49. 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 9, page 49).

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 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 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.

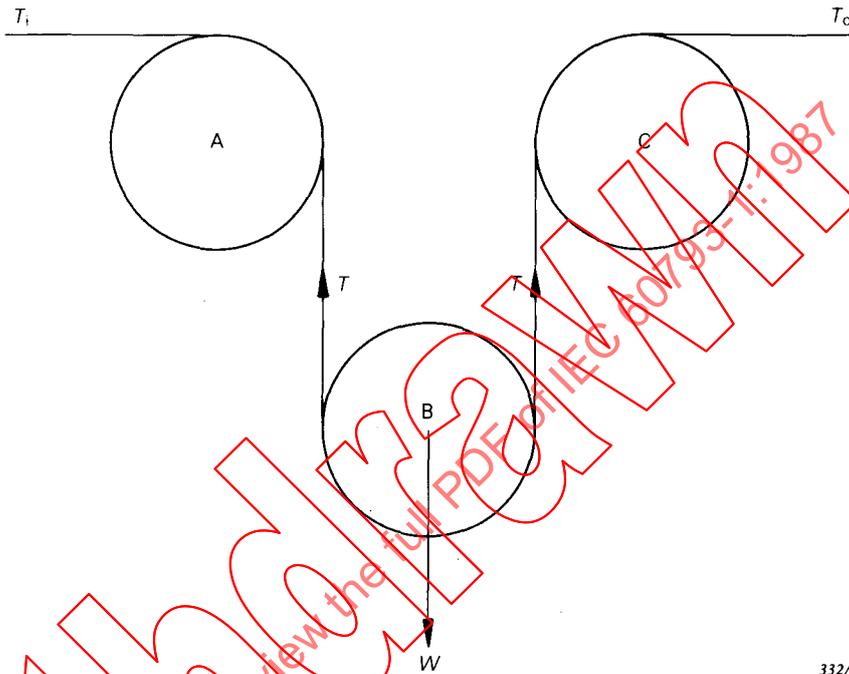


FIG. 6. — Appareillage d'essai de sélection sous contrainte constante.

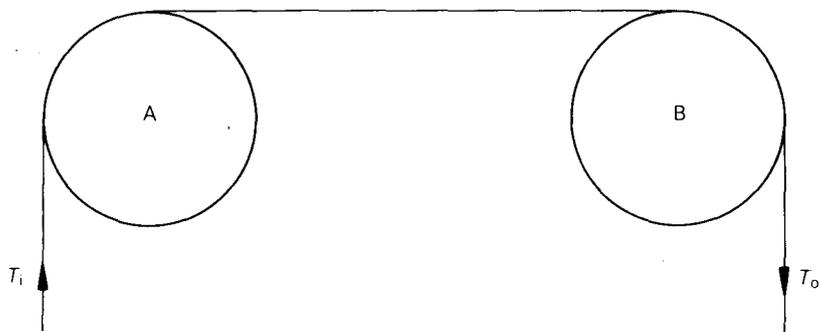


FIG. 7. — Appareillage d'essai de sélection sous effort longitudinal constant.

### 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.

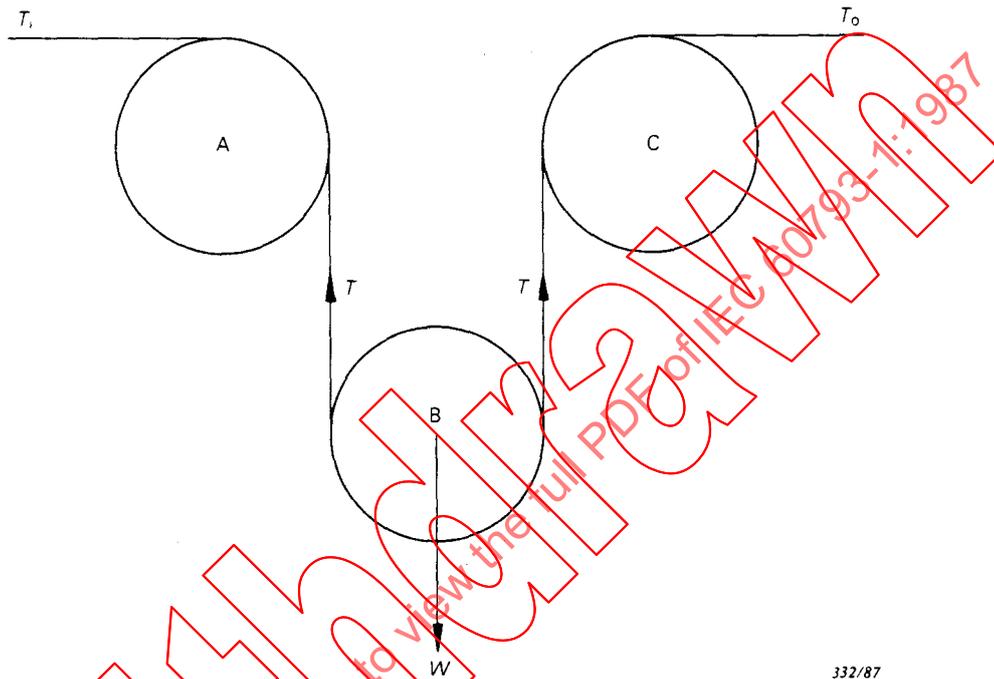


FIG. 6. — Constant stress proof test apparatus.

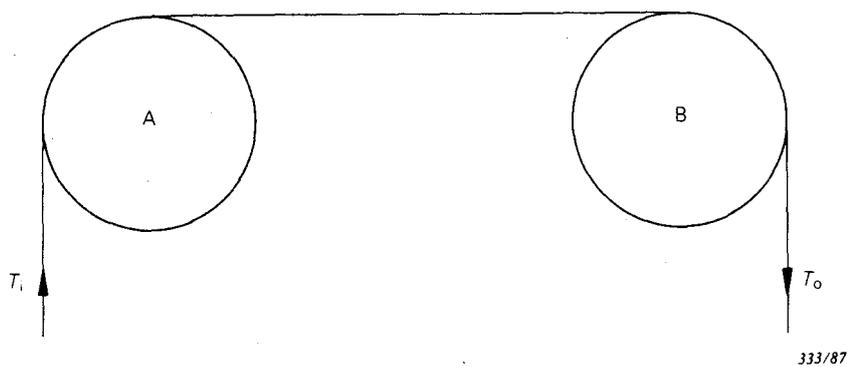


FIG. 7. — Constant strain proof test apparatus.

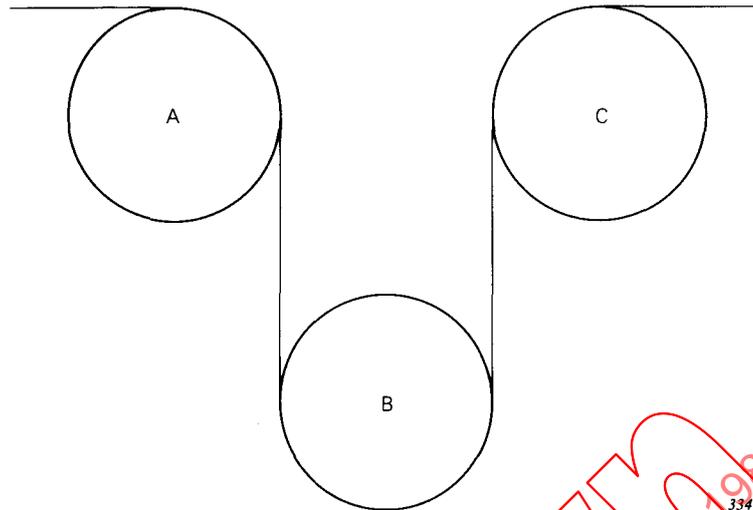


FIG. 8. — Appareillage d'essai sous effort de courbure constant.

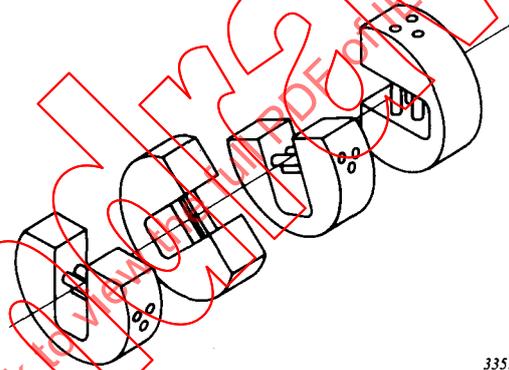


FIG. 9. — Suite de roulements.

## 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.

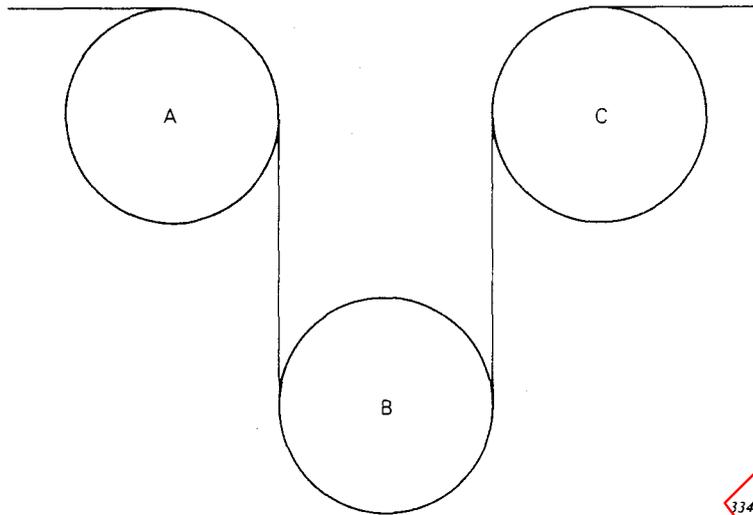


FIG. 8. — Constant bending strain test apparatus.

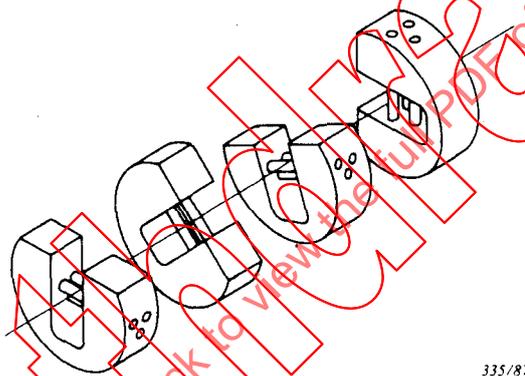


FIG. 9. — Multiple rollers.

## 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 is 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 (optionnel, 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), la valeur ne devra pas être prise en compte dans la distribution statistique de contrôle de qualité, mais être 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 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 means of 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 the 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 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 upon the total length of fibre tested as well as the lengths of the test samples.

*Note.* — In 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 XXX-C4 CEI 793-1-C1C	Energie lumineuse transmise ou rayonnée (à l'étude) Technique de rétrodiffusion	Continuité optique
CEI XXX-C5	Retard d'impulsion et déphasage en fonction de la longueur d'onde (à l'étude)	Dispersion chromatique
CEI 793-1-C6	Répartition de la lumière en champ lointain	Ouverture numérique Angle d'admission de la lumière
CEI XXX-C7	Longueur d'onde de coupure (à l'étude)	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 CHARACTERISTICS28. **Object**

The measuring methods apply to the practical measurements 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 XXX-C4 IEC 793-1-C1C	Transmitted or radiated light power (under consideration) Backscattering technique	Optical continuity
IEC XXX-C5	Pulse delay and phase shift versus wavelength (under consideration)	Chromatic dispersion
IEC 793-1-C6	Far field light distribution	Numerical aperture Light acceptance angle
IEC XXX-C7	Cut-off wavelength (under consideration)	Cut-off wavelength
IEC XXX-C8	Modal dispersion (For future consideration)	Modal dispersion

## 29. Affaiblissement

Les essais d'affaiblissement sont prévus pour fournir un moyen par lequel un certain affaiblissement linéique 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  $\lambda$  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:

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

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.

*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.

### 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) Méthode 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.

## 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 a concatenated length. 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  $\lambda$  between two cross-sections 1 and 2 separated by distance  $L$  of a fibre is defined as:

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

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 condition, it is possible to define the attenuation per unit length, or the attenuation coefficient:

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

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.

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

### 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 measurements of the backscattered powers traversing two cross-sections of the fibre.

## 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 en principe normalement 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 10, page 58, 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 puisse 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 10.

### 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 coupure de la fibre:

- a) la largeur à mi-crête de l'intensité du spot lumineux, mesurée en champ proche, est égale à  $26\ \mu\text{m}$ ,
- b) 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.

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

## 32. Method IEC 793-1-C1A — 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 10, page 59.

#### 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 assure 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 unique device is used for the implementation of the three functions of Figure 10.

### 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 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:

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

---

\* Launching conditions for other wavelengths are under discussion.

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.

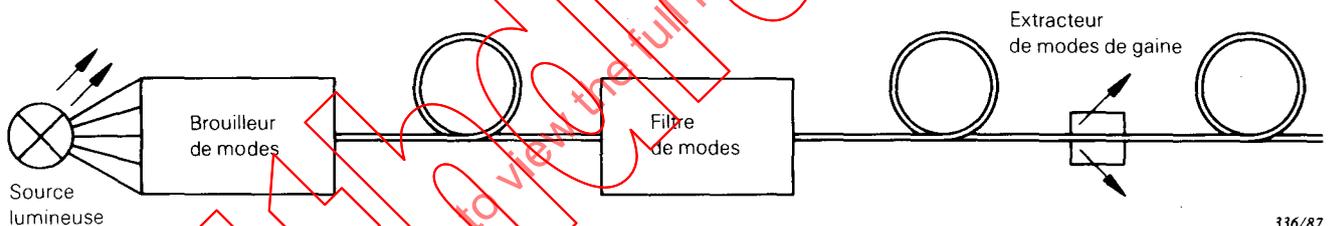


FIG. 10. – Conditions type d'injection.

### 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 11 et 12, page 62, 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.

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.

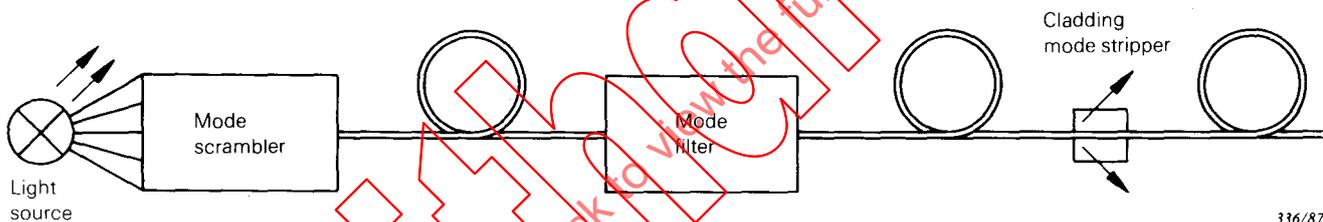
The mode scrambler shall comprise a suitable fibre arrangement (for example a step-graded-step sequence or a bending technique).

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. 10. — Generic launching arrangement.

### 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 11 and 12, page 63.

#### 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) *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).
- 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 méthode d'essai alternative.

### 33.2 *Conditions d'injection*

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

d) Signal processing

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 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).
- 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 under Sub-clause 32.1.

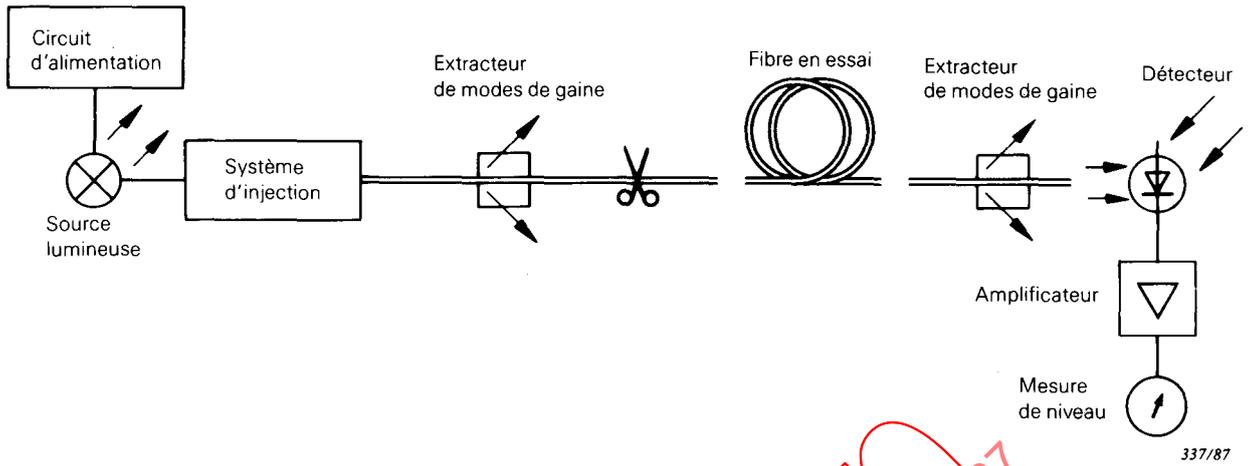


FIG. 11. — Appareillage de mesure de l'affaiblissement à une longueur d'onde spécifiée.

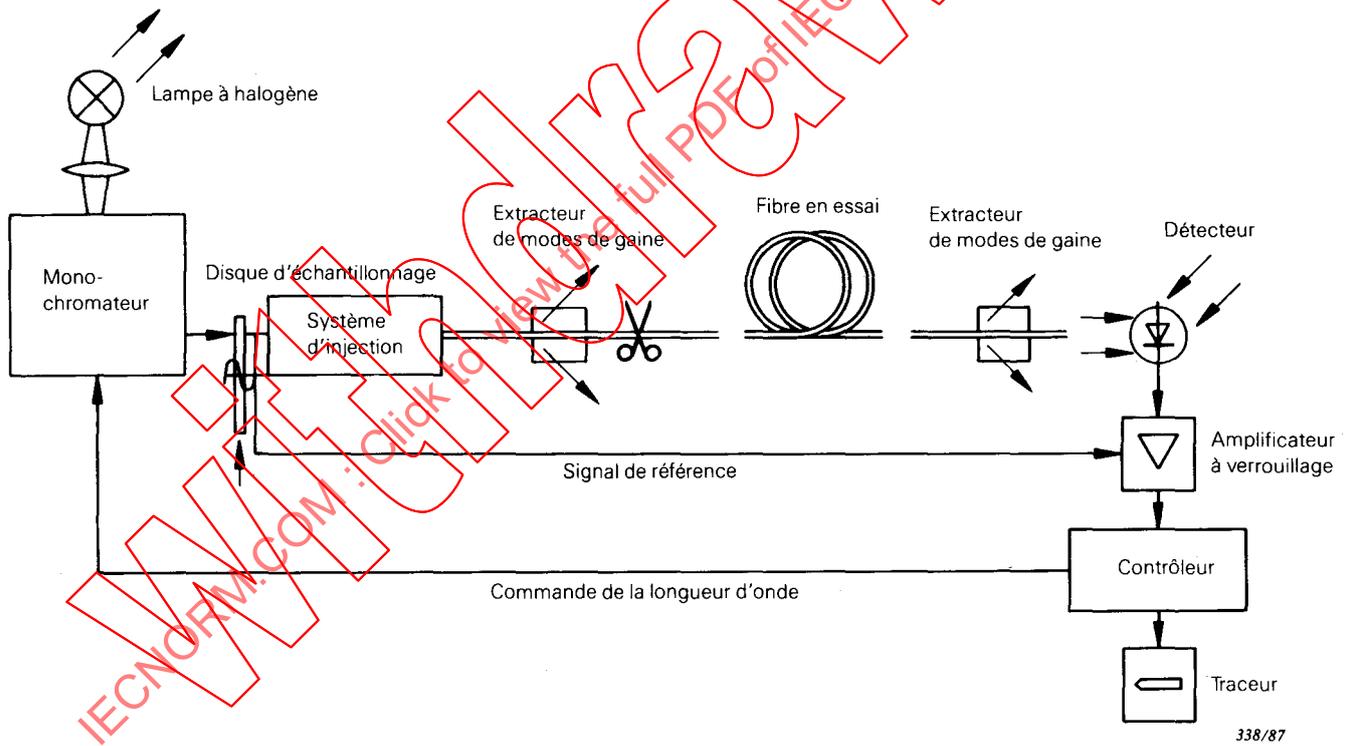


FIG. 12. — Appareillage de mesure de l'affaiblissement spectral.

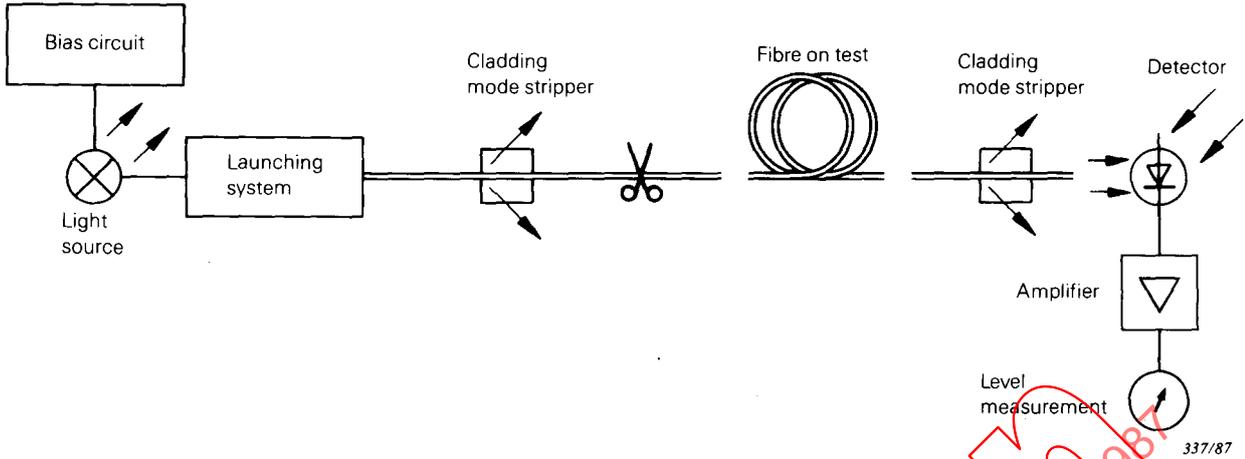


FIG. 11. — Arrangement of test equipment to make loss measurement at one specified wavelength.

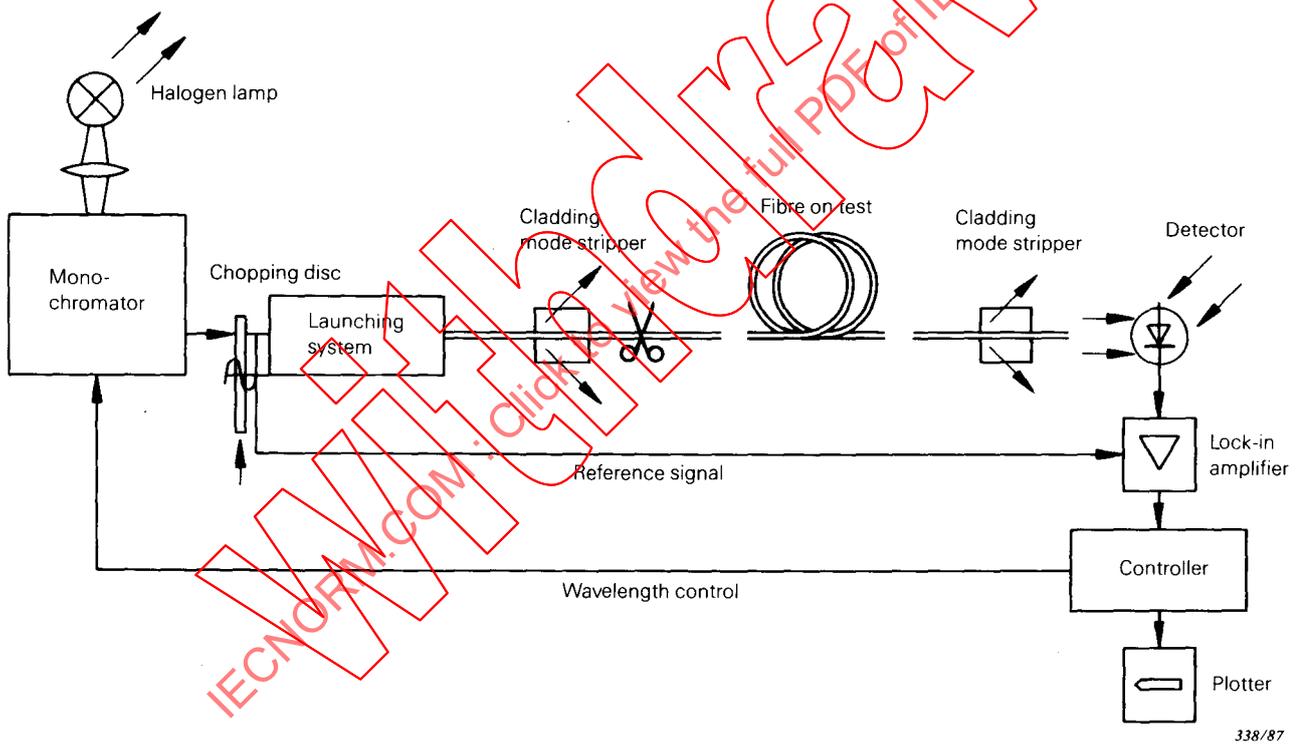


FIG. 12. — Arrangement of test equipment used to obtain the loss spectrum.

### 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 13 (étalonnage) et 14 (mesure), page 66.
- 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 ( $A_i$ ) 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:

$$A = A_i - A_i$$

### 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 linéique (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 13 (calibration) and 14 (measurement), page 67.

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 a 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.

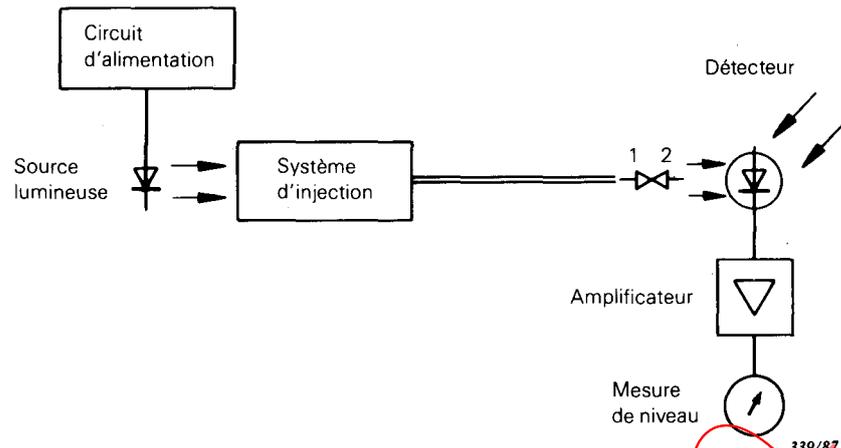


FIG. 13. — Dispositif d'étalonnage de la mesure des pertes d'insertion.

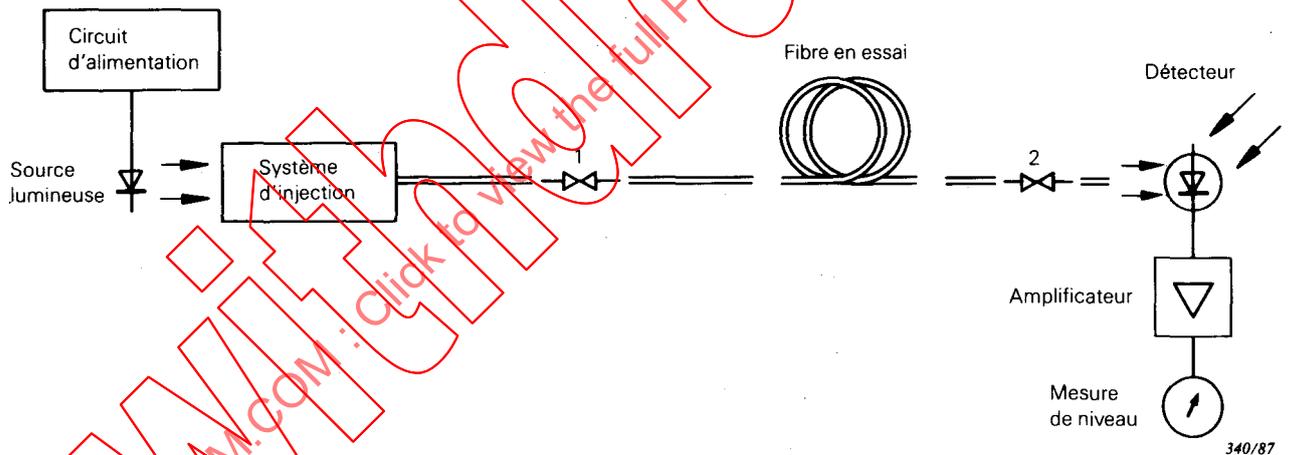


FIG. 14. — Mesure des pertes d'insertion.

### 34. Méthode CEI 793-1-C1C — 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 méthode alternative. Cette technique peut être appliquée pour contrôler la continuité optique, les défauts physiques, les épissures et l'énergie lumineuse rétrodiffusée des fibres optiques ou des longueurs de fibre.

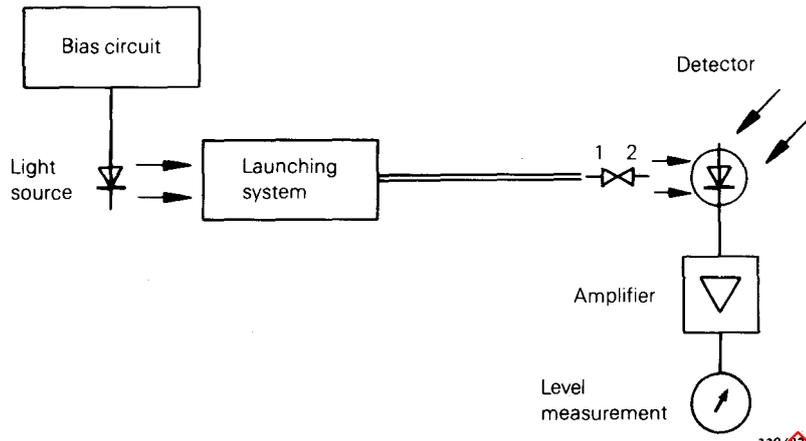


FIG. 13. — Calibration of insertion loss measuring set.

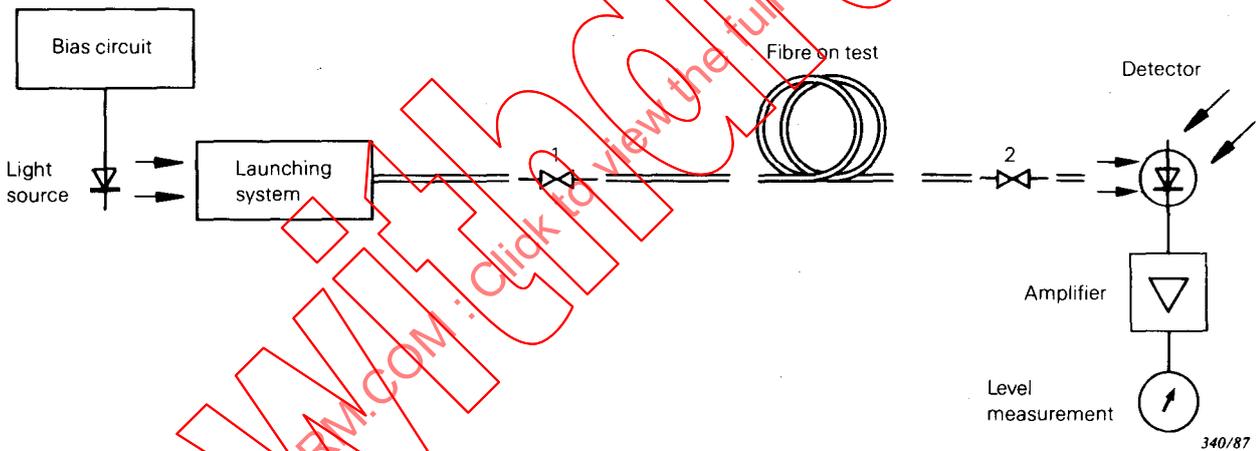


FIG. 14. — Measurement of insertion loss.

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 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.

### 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 15, page 70.

#### 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 réfléchi 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 16, page 72, représente une courbe typique.

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:

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

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.

### 34.2 *Launching conditions*

For the attenuation measurement, the technique described under Sub-clause 32.1 can be applied. For the other controls, 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 *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 15, page 71.

#### 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*

a) The fibre under test is aligned to the coupling device.

b) Backscattered power is analysed by a signal processor and recorded in logarithmic scale. Figure 16, page 73, shows such a typical curve.

c) 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:

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

where  $P_A$  and  $P_B$  are the corresponding power levels given in 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 (lorsque 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 linéique (dB/km).

Note. – L'analyse complète de la courbe enregistrée (figure 16, page 72), montre qu'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).

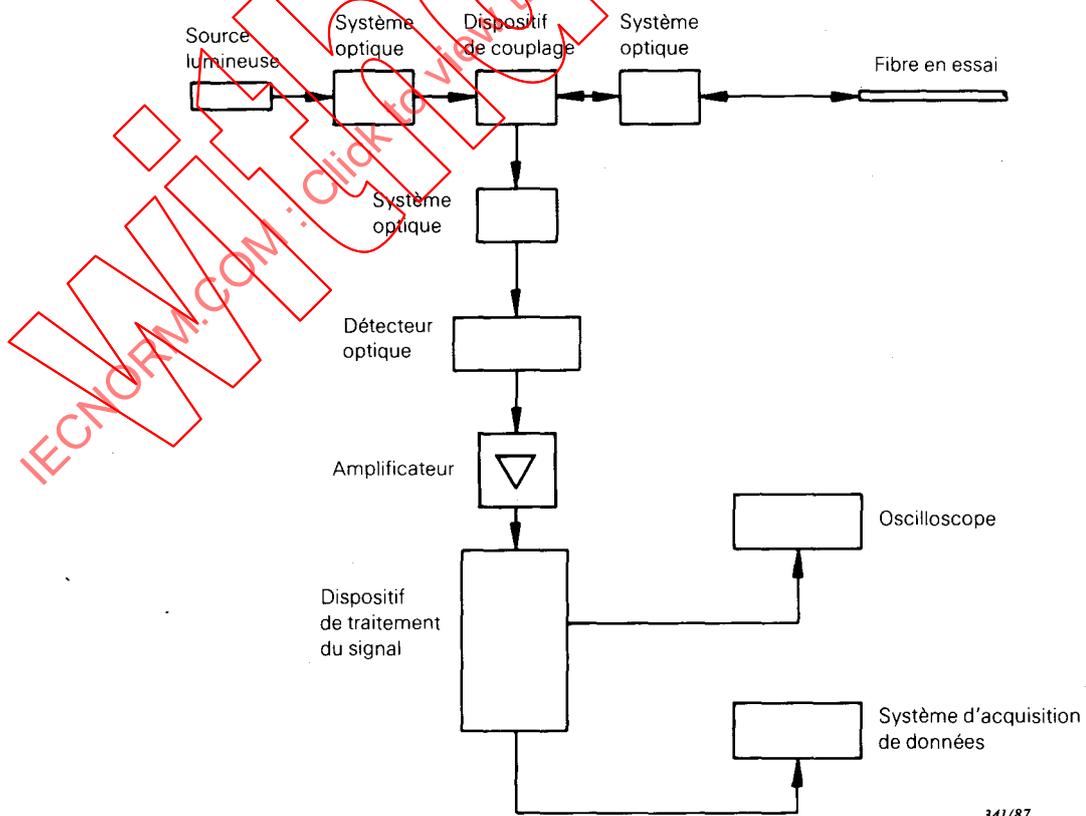


FIG. 15. – Appareillage de rétrodiffusion.

- d) If required, bi-directional measurements can be made, together with numerical computation to improve the quality of the result and to possibly 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 16, page 73) shows that, independently from 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 *b*),
- discontinuities due to local defects, splices or couplings *c*),
- reflections due to dielectric defects *d*),
- reflection at the end of the fibre *e*).

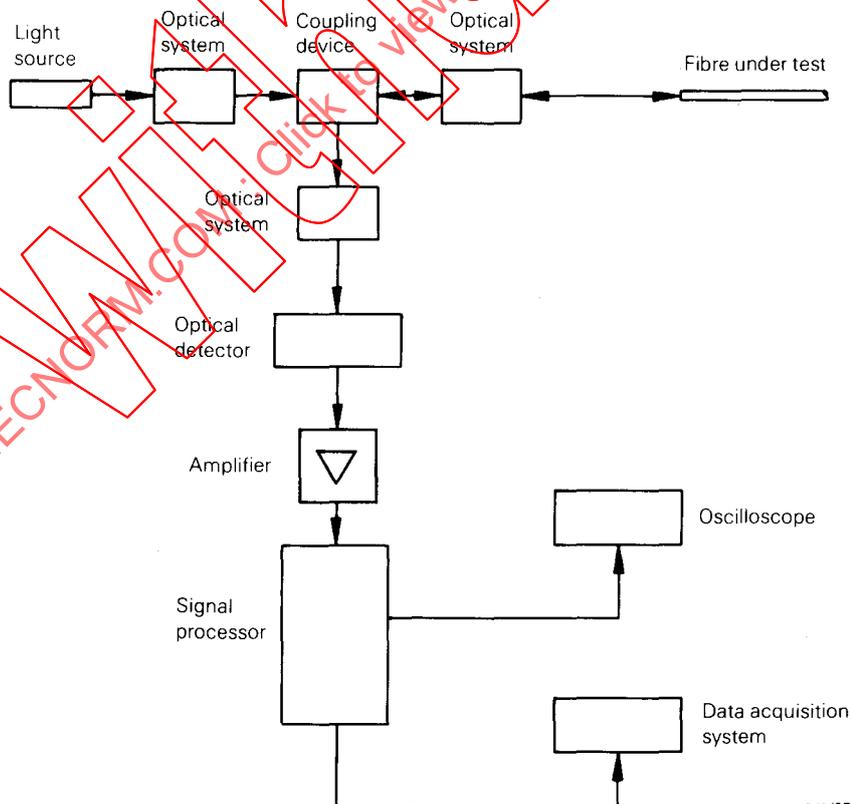


FIG. 15. — Backscattering apparatus.

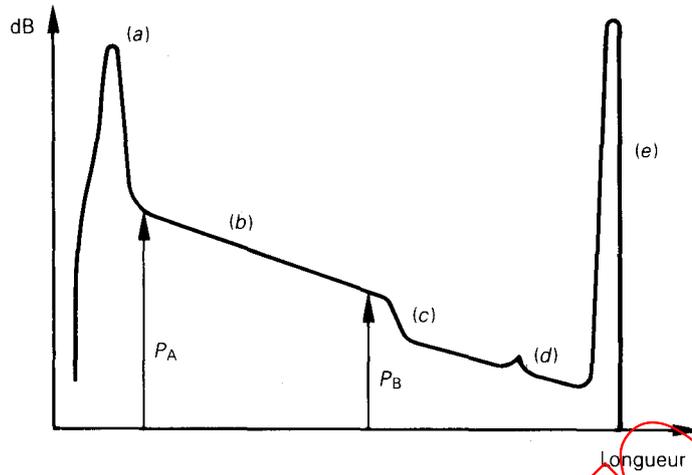


FIG. 16. — Exemple de courbe de puissance rétrodiffusée.

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:

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

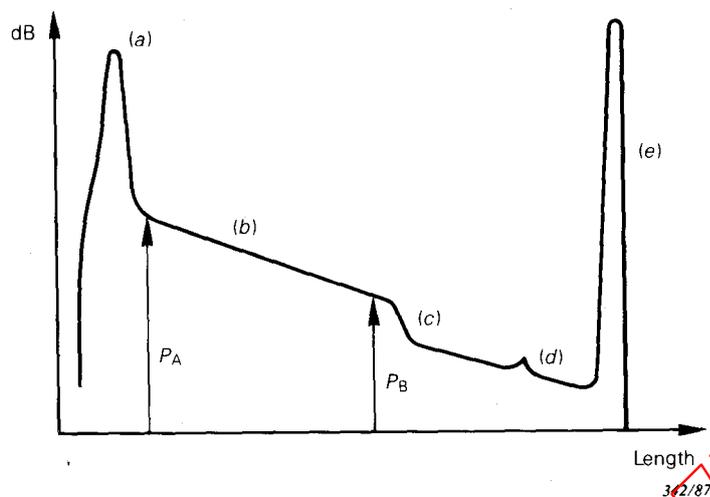


FIG. 16. — Example of curve of backscattered power.

### 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

$P_2(\omega)$  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 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.

### 38. Méthode CEI 793-1-C2A — Réponse impulsionnelle

#### 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 A1, 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 17, page 78.